

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 геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением  
окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурин»  
**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 К.Турысова  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

УДК 550.3

На правах рукописи

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

Название диссертации – Повышение эффективности скважинной добычи  
урана с применением окислителя в условиях  
месторождения «Северный Карамурын»

Направление подготовки - 7М07218 «Геология и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых»

Научный руководитель

Доктор PhD, ассоц.профессор  
кафедры ГСПиР МПИ

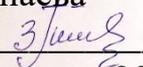
 Бекботаева А.А.  
«27» марта 2021 г.

Производственный руководитель  
доктор химических наук, профессор  
ТОО «Институт Высоких  
Технологий»

 Матаев М.М.  
«27» марта 2021 г.

Рецензент

Доктор PhD, СНС ИГН имени  
К.И. Сатпаева

 Умарбекова З.Т.  
«25» марта 2021 г.

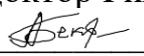
Нормоконтролер

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

«27» марта 2021 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

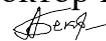
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор

 А.А. Бекботаева  
«27» марта 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
7М07218 – Геология и разведка месторождений твердых  
полезных ископаемых

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор



А.А. Бекботаева

« 27 » марта 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

Тема: Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын»

Утверждён советом института № 330-М от «11» ноября 2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации: «30» марта 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации – текстовые и графические материалы производственной и исследовательской практики

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) построение математическую модель
- б) выбрать оптимальную схему вскрытия и отработка урановых залежей сравнение отработанных блоков
- в) 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. Отчеты геологоразведочных работ и детальной разведки месторождений «Северный и Южный» Карамурун в период 1970-90 г.г.

2 Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. / Геотехнология урана на рудниках Казахстана. Алматы, 2001.

3 Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнологических свойств руд и

геотехнологических условий гидрогенного типа, проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов: учеб.пособие, ТПУ, 2014.

### ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	20.10.2020г	
Общие сведения о районе работ	05.11.2020г	
Геологическая характеристика месторождения	07.12.2020г	
Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности месторождения	25.12.2020г	
Геотехнология скважиной добычи урана на месторождений «Северный Карамурун»	12.01.2021г	
Повышение эффективности скважиной добычи урана	15.02.2021г	
Экономическая часть	18.03.2021г	
Заключение	25.03.2021г	

## Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпис ь
Введение	Бекботаева А.А Доктор PhD, ассоц.профессор кафедры ГСПиР МПИ	20.10.2020г	
Общие сведения о районе работ		05.11.2020г	
Геологическая характеристика месторождения		07.12.2020г	
Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности месторождения		25.12.2020г	
Геотехнология скважиной добычи урана на месторождений «Северный Карамурун»		12.01.2021г	
Повышение эффективности скважиной добычи урана		15.02.2021г	
Экономическая часть		18.03.2021г	
Заключение		25.03.2021г	
Нормоконтролер	С.К.Асубаева канд. геол.- минерал.наук, лектор	27.03.2021	

Научный руководитель  Бекботаева А.А

Задание принял к исполнению  Э.С.Мәлік

Дата «01» октября 2020 г.

## АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации изложен метод эффективности уранодобывающей скважины с применением окислителя совершенствования вскрытия и переработки рудных тел со сложными геологическими условиями с годовой производительностью 1200 тонн урана для извлечения урана из Северного Карамурунского месторождения, расположенного в 20 км от Шиелийского района Кызылординской области. Месторождение Карамурун, расположено в северо-восточном борту Сырдарьинской депрессии, вблизи Карамурунского выступа хр. Б. Каратау. По существу состоит из двух месторождений - Северный и Южный Карамурун, но часто представляется и единым объектом. В ходе работы проведен анализ работы технологического блока № 9, предложена новая технология.

Применение данных методов исследования позволяет рабочему руднику упростить затраты на переработку балансовых запасов урана, организовать и в полном объеме использовать природные ресурсы, повысить коэффициенты извлечения минерально-сырьевой базы предприятий, избежать потерь металлов и интегрировать урановое производство.

## АҢДАТПА

Магистрлік диссертацияда Қызылорда облысы Шиелі ауданынан 20 км қашықтықта орналасқан Солтүстік Қарамұрын кен орнынан уран өндіру үшін қуаты жылына 1200 тонна уран геологиялық жағдайы Күрделі кен денелерін ашу мен өңдеуді жақсарту үшін тотықтырғышты пайдалана отырып, уран өндіруші ұңғыма жұмысының тиімділігін арттыру тәсілі сипатталған. Қарамұрын кен орны Сырдария ойпатының солтүстік-шығыс бөлігінде, Қаратау өзенінің Қарамұрын шығысынан алыс емес жерде орналасқан. Негізінен, ол екі өрістен тұрады - Солтүстік және Оңтүстік Қарамұрын, бірақ көбінесе бір объект ретінде ұсынылады. Жұмыс барысында № 9 технологиялық блоктың жұмысына талдау жүргізіліп, жаңа технология ұсынылды.

Зерттеудің осы әдістерін пайдалану жұмыс кенішіне уранның баланстық қорларын қайта өңдеуге жұмсалатын шығындарды жеңілдетуге, табиғи ресурстарды ұйымдастыруға және толық көлемде пайдалануға, кәсіпорындардың минералдық-шикізат базасын алу коэффициенттерін арттыруға, металл шығынын болдырмауға және уран өндірісін біріктіруге мүмкіндік береді.

## ANNOTATION

The master's thesis describes a method for the efficiency of a uranium mining well using an oxidizer to improve the opening and processing of ore bodies with complex geological conditions with an annual capacity of 1,200 tons of uranium for the extraction of uranium from the Northern Karamurun deposit, located 20 km from the Shieli district of the Kyzylorda region. The Karamurun deposit is located in the north-eastern side of the Syrdarya depression, near the Karamurun ledge of the Karatau river. In essence, it consists of two fields - North and South Karamurun, but it is often represented as a single object. In the course of the work, the analysis of the work of the technological unit No. 9 was carried out, and a new technology was proposed.

The use of these research methods allows the working mine to simplify the costs of processing the balance reserves of uranium, organize and fully use natural resources, increase the extraction coefficients of the mineral resource base of enterprises, avoid metal losses and integrate uranium production.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Геологическая характеристика месторождения	11
1.1 Стратиграфия и литолого-геохимические особенности	12
1.2 Тектоника	22
1.3 Гидрогеологические условия	22
1.4 Морфология рудных тел	24
1.5 Минералогия урановых руд	29
2. Геотехнология скважиной добычи урана на месторождений «Северный Карамурун»	35
3. Повышение эффективности скважиной добычи урана	43
4. Экономическая часть	53
Заключение	54
Список использованной литературы	55
Перечень принятых сокращений, терминов	56
Приложение А	57

## ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является месторождение Северный Карамурун. Рассматриваемый район расположен вблизи северо-западного периклинального замыкания горстантиклинали Большого Каратау, на сочленении ее юго-западного крыла с крупной Сырдарьинской впадиной. В строении района принимают два структурных этажа.

Процесс добычи урана способом ПСВ имеет свои характерные особенности, преимущества и недостатки в сравнении с другими способами и как следствие, характерные проблемы [1].

Анализ динамики подземного выщелачивания урана показывает, что наиболее легко вскрываются и обрабатываются руды, приуроченные к полуокисленным вмещающим породам. В то же время руды, приуроченные к породам с высокой восстановительной емкостью, относятся к трудновскрываемым и динамика выщелачивания у них наихудшая. Основная причина низкой скорости извлечения урана из таких руд заключается в резко восстановительной обстановке в рудовмещающих породах, обуславливающей нахождение урана преимущественно в четырехвалентной форме. Один из путей повышения эффективности процессов сернокислотного ПСВ урана связан с использованием окислителей. В качестве окислителей могут быть использованы кислород, перманганаты, соли трехвалентного железа, персульфаты, перекись водорода, азотсодержащие окислители, хлор, хлорсодержащие окислители и др.

Диссертационная работа выполнялась на реальных производственных материалах рудника Карамурун.

**Целью настоящей работы** Анализ и выработка путей повышения эффективности скважинной добычи урана на месторождении «Северный Карамурын».

**Идея работы** заключается в подаче дополнительных окислителей через технический узел закисления для интенсификации процесса выщелачивания.

**Задачами исследования являются:**

- Увеличение показателей по добыче на геотехнологическом полигоне
- Уменьшения удельных норм на добычу урана
- Уменьшение времени обработки технологических блоков

**Предметом исследования** является сложное гидрогенное месторождение урана «Северный Карамурын».

**Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов** обеспечена сбором значительного количества статистических данных, описываются предлагаемые пути решения актуальных проблем ведения оптимального процесса добычи природного урана способом ПСВ.

**Личный вклад автора:** Непосредственно принимал участие в разработке методике подачи трихлорида железа через технологический узел

закисление.

**Практическая значимость работы:** обоснование методов использования дополнительного реагента (окислителя) в подземном скважинном выщелачивании.

**Публикации:** по диссертации опубликована 2 статьи.

## **1 Геологическое строение и рудоносность месторождения «Северный Карамурин»**

Месторождение Северный Карамурун расположено в центральной части Карамурунского рудного поля и по своим масштабам является самым крупным объектом. В то же время оно является довольно компактным образованием, и вписывается в прямоугольник 7,0 x 3,0 км, с координатами 44 градус 08\*00\* и 44 градус 04\*14\* с.ш. и 66 градус 47\*21 и 66 градус 50\*03 в.д.. В плане рудоносная полоса месторождения имеет N-образную форму, в общем повторяющую конфигурацию зоны полного окисления отложений кампана. Ширина рудоносной полосы меняется от 100-150 м до 450-650 м.

Поверхность месторождения ровная с абсолютными отметками, лежащими в пределах 155-157 м. С поверхности месторождение покрыто инженерно-подготовленными рисовыми полями. Их инженерная подготовка включает систему оросительных и дренажных каналов, бетонных мостов через них и гравийных дорог. Среди полей имеется несколько «целиков», непригодных для земледелия, сложенных песчаными грунтами.

В центральной части рудоносной полосы месторождения располагается опытно-промышленный участок подземного выщелачивания Ленинабадского горно-химического комбината. Он включает скважинное поле и комплекс производственных зданий. Сюда подведена высоковольтная линия электропередач. Участок обеспечен технической водой [3].

Мощность отложений верхнемелового возраста на месторождении составляет 225-260 м. К западу от месторождения она увеличивается до 340 м. В разрезе верхнего мела выделяются образования сеномана-нижнего турона, верхнего турона, коньяка, сантона и кампана. Отложения кампанского яруса на месторождении являются рудовмещающими. Как и на всем рудном поле они имеют двухчленное строение. На большей части месторождения четко выделяются два подгоризонта-верхний и нижний. Каждый из них представляет законченный ритм осадконакопления, начинающийся с относительно крупно-обломочного материала, часто с включением гравия. Вверх по разрезу зернистость пород уменьшается и оба кампанских подгоризонта завершаются пачкой алевролитов и глинистых песчаников, представляющих собой водоупорный слой. Этот слой в кровле нижнего подгоризонта, на большей части площади месторождения Северный Карамурун, делит кампанские отложения на две песчаные проницаемые пачки и назван промежуточным водоупором.

Над рудная часть разреза представлена водоупорной толщей отложений палеоцена, нижнего, среднего, верхнего эоцена и миоцена, имеющих суммарную мощность от 355 до 472 м. Нерасчлененные верхнеплиоцен-четвертичные отложения, завершающие разрез чехла, с угловым несогласием залегают на толще миоцена и верхнего эоцена и представлены обводненными песками, алевролитами и глинистыми песчаниками общей мощностью 120-155 м.

Пространственно месторождение Северный Карамурун тяготеет к флексурно-разрывным зонам, установленным в фундаменте по данным геофизических работ (Ибрагимов, Глушковская, 1975 г.) и подтверждёнными данными бурения структурных скважин 1013 и 1014. Они проявлены в виде линейно вытянутых зон разуплотнения фундамента и представляют собой долгоживущие разломы северо-западного направления. Эти разломы по отношению к верхнемеловой толще носят конседиментационный характер и определяют упомянутое выше резкое увеличение ее мощности к западу от месторождения. В глинисто-алевритистых породах чехла выделенные зоны сопровождаются повышенной трещиноватостью без признаков разрыва и смещения пластов. В керне скважин в алеврито-глинистых породах они фиксируются притертыми и заглинизированными трещинами и зеркалами скольжения.

В фундаменте по зонам разуплотнения развиваются линейно-вытянутые углубления, выполненные глинистым материалом с небольшим количеством обломочных образований. Глубина таких углублений, по данным скважины 1013, превышает 270 м. Ширина зон разуплотнения от 600 до 2000 м [3].

### **1.1 Стратиграфия, основные черты палеогеографии и литолого-геохимические особенности**

#### *Верхний мел $K_2$*

Отложения верхнего мела на площади Карамурунского рудного поля являются рудовмещающими. Они представлены комплексом континентальных пород предгорной и аллювиальной равнины. На площади Карамурунского рудного поля эти отложения изучались только по керну буровых скважин, так как повсеместно, за исключением очень ограниченных участков в предгорьях хребта Большой Каратау, они перекрыты мощной толщей более молодых пород.

Мощности верхнемеловых отложений на площади Карамурунского рудного поля изменяются в широких пределах. Максимальных значений они достигают в юго-западной и южной части рудного поля. На южном фланге месторождения Ирколь мощность составляет 350 м, при приближении поднятию Большой Каратау, мощность верхнемеловых отложений сокращается до 140-100 м, а к северо-востоку от месторождения Харасан - до 22-40 м.

Нерасчлененные сеноман-нижнетуронские образования ( $K_2cm-t_1$ ). Эти отложения в пределах Карамурунского рудного поля представлены преимущественно довольно однородной, как в разрезе, так и по площади, пачкой красноцветных алевролитов с маломощными (до 1-2 м) прослоями и линзами плохо сортированных красноцветных и лимонитизированных песков и песчаников. В основании сеноман-нижнетуронских отложений на отдельных участках наблюдаются прослои до 1-1,5 м, сложенные обломками пород фундамента, грубозернистыми песками, сцементированными

алевролитовым материалом. В отдельных случаях на породах фундамента залегают красные каолиновые глины мощностью первые метры.

Отложения сеномана-нижнего турона накапливались на обширной предгорной равнине по обрамлению относительно невысокого пологого палеоподнятия Каратау. По условиям осадконакопления они относятся к веерно-мелко земистой зоне. Залегание описываемых отложений в обрамлении растущего палеоподнятия и на неровной поверхности фундамента, определили большую изменчивость их мощности. При приближении к палеоподнятию мощность отложений сокращается вплоть до полного выклинивания. Наибольшие мощности наблюдаются по юго-западной и южной окраинам Карамурунского рудного поля, где они достигают 90-160 м (месторождение Ирколь) [4].

Верхнетуронские отложения ( $K_2t_2$ ). Эти отложения согласно с локальными размывами залегают на описанных выше. В пределах Карамурунского рудного поля накопление верхнетуронских отложений происходило в различных условиях. Так, в непосредственном обрамлении хребта Большой Каратау, по северному флангу рудного поля, отмечаются фации веерно-мелкоземистой зоны, представленные преимущественно красноцветными алевролитами, глинистые песчаники здесь имеют подчиненное значение. В восточной части площади, к северу от месторождения Харасан, красноцветные алевролиты слагают значительные площади.

Среди красноцветных алевролитов прослеживаются в виде полос северо-восточного направления песчаные и гравийные отложения. Эти образования уверенно можно считать отложениями водотоков, берущих свое начало в пределах палеоподнятия Каратау. Водотоки, по-видимому, носили сезонный характер, так как климат на протяжении всего верхнего мела в описываемом районе был аридный или субаридный. Полосы гравийных отложений протягиваются на расстоянии от первых километров до первых десятков километров при ширине 1-2 км. Наибольшим распространением эти отложения пользуются в западной части Карамурунского рудного поля. В большинстве случаев гравийные и песчаные образования имеют красноцветные и реже, бурые первичные окраски, свидетельствующие об образовании их в окислительных условиях субаридного климата, при явном дефиците органического вещества.

Западный, юго-западный и южные фланги Карамурунского рудного поля сложены комплексом равнинно-долинных осадков, среди которых ведущую роль занимают пески. Это преимущественно аллювиальные отложения. Пойменные, озерные и болотные фации имеют подчиненное значение. Окраска пород серая и зеленовато-серая. Упомянутые аллювиальные отложения, картируемые на площади Карамурунского рудного поля, являются частью долины крупной палеореки, истоки которой находятся далеко на севере. Поэтому в отличие от пород, сформированных на месте за счет местных областей сноса, аллювиальные отложения этого комплекса содержат несравненно большее количество органического вещества и имеют

серую окраску. Прослой глин, глинистых песчаноков и алевролитов в толще песка довольно редки, причем их количество увеличивается в кровле песков. Здесь они слагают относительно выдержанный водоупор мощностью до 10-15 м.

Широкое распространение в толще песков имеют катуны глин, алевролитов и глинистых песчаников. В отдельных скважинах наблюдаются прослой песков, обогащенные катунами на мощность до 10 м.

Мощности отложений верхнего турона по Карамурунскому рудному полю изменяются от 15 м по северо-восточному флангу рудного поля до 70 м на юге и юго-западе. Максимальные и наиболее выдержанные мощности верхнего турона отмечаются в районе месторождения Ирколь.

Коньякский ярус ( $K_2cn$ ). Отложения коньякского яруса без видимых угловых несогласий, но с локальными размывами, залегают на отложениях верхнего турона. Толща верхнего турона и коньяка является рудовмещающей на месторождении Ирколь и рудопроявлении Яныкуртан [4].

Разрез отложений коньякского яруса на большей части Карамурунского рудного поля имеет трехчленное строение, наиболее четко проявленное в западной его половине. Здесь достаточно уверенно выделяются три пачки мощностью 15-25 м каждая. Две нижние сложены преимущественно гравелитами, замещающимися к западу, к востоку и югу песками. Верхняя часть отложений коньякского яруса представлена средне-мелкозернистыми песками, глинистыми песчаниками и алевролитами. Причем самые верхи коньякских образований повсеместно сложены алевролитами.

Окраска пород нижней и средней части разреза серая, светло-серая, реже зеленовато-серая. Верхняя часть отложений окрашена пестро. Для песков и песчаников характерны желтые, бурые и розовые тона, алевролиты, как правило, красные.

По северу и востоку рудного поля, в областях преимущественного развития красноцветных алевролитов, деление отложений коньяка на упомянутые три части становится затруднительным. При сравнении общего плана осадконакопления отложений верхне-туронского и коньякского ярусов можно увидеть унаследованность развития последнего сравнительно с первым как в целом, так и по отдельным ритмам. Здесь, также как и в отложениях верхнего турона, мы видим веерно-мелкоземистую зону, зону грубозернистых отложений временных водотоков и аллювиальные отложения. Однако в отложениях коньяка резко меняются соотношения между литологическими типами пород.

Отложения коньякского яруса в западной половине Карамурунского рудного поля представлены в основном песками различной зернистости, с преобладанием крупно и грубо-зернистых, гравелитами и галечниками. Алевролиты, алевролитистые глины и песчаники в разрезе песчаной части коньякского яруса имеют подчиненное значение [5].

Грубо-зернистые отложения, в том числе и пески, имеют очень плохую сортировку и самую различную степень окатанности. Наряду с окатанной галькой и зернами, в породах значительную роль играют слабоокатанные и

угловатые образования. Причем последние, на отдельных участках, преобладают в разрезе.

В проницаемой части разреза коньякских отложений литологические разности обломочных пород (гравелиты, галечники, грубо- и крупнозернистые пески) самостоятельно встречаются редко и, как правило, находятся в смеси в различных сочетаниях.

Грубозернистые породы коньякского яруса (в основном гравийники) также, как и в отложениях верхнего турона, локализуются в виде полос северо-восточного и северо-северо-восточного простирания, но проявлены более широко. Протяженность их достигает 30-40 км, а ширина 7-8 км.

Восточный и частично северные районы Карамурунского рудного поля сложены красноцветными и пестроцветными породами веерно-мелкоземистой зоны. Наряду с алевролитами здесь заметная доля разреза на отдельных участках представлена глинистыми и алевролитистыми песчаниками и запесоченными алевролитами.

Мощности коньякского яруса на Карамурунском рудном поле колеблются в пределах 30-70 м. Основные закономерности их изменения сходны с описанными для отложений верхнего турона.

Сантонский ярус ( $K_2s$ ) отложения сантона согласно с локальными разрывами залегают на образованиях коньякского яруса. Они изучены менее других отложений, так как в пределах Карамурунского рудного поля представлены преимущественно красноцветными породами и промышленное оруденение в них отсутствует. Отложения сантона накапливались в сходных с коньякскими фациальных условиях. Однако литологический состав осадков и соотношение литологических разностей пород, как по площади, так и в разрезе, несколько меняется по сравнению с подстилающей осадочной толщей. В сантонское время происходит, по-видимому, общее воздымание палеоподнятия Большой Каратау и прилегающих к ней площадей Сырдарьинской депрессии при относительно невысокой степени дифференциации рельефа. Это вызвало смещение долины палеореки, по сравнению с нижележащими отложениями, к западу и юго-западу от описываемой площади. Поэтому аллювиальные образования в сантонском ярусе на Карамурунском поле практически отсутствуют и все оно попадает в подгорно-веерную зону. Здесь выделяются породы веерно-мелкоземистой зоны, представленной красноцветными алевролитами и глинистыми песчаниками. Прорезая их в виде полос, шириной от 1-2 до 5-15 км и длиной 25-80 км, прослеживаются отложения временных водотоков, стекавших с палеоподнятия Большой Каратау. Они представлены плохо сортированными песками, гравийными песками и реже гравелитами и галечниками. В сантоне отмечается значительно меньшая, по сравнению с коньякским ярусом, роль грубообломочного материала. Окраска песчаных пород в большинстве случаев красная. Встречаются значительные участки, сложенные лимонитизированными породами, имеющие желтую, бурую, коричневую окраски. В лимонитизированных породах часто встречаются реликтовые пятна красно-цветной окраски.

Сероцветные пески установлены только в западной и юго-западной частях Карамурунского рудного поля и обязаны своим происхождением близостью расположенной к западу аллювиальной зоны [6].

Незначительная роль сероцветных отложений и зон окисления (лимонитизации), развитых в границах Карамурунского рудного поля по отложениям сантона, резко ограничивают перспективы его рудоносности.

Мощность сантонского яруса от 50 до 100 м. Наибольшие мощности отмечаются в районе месторождения Ирколь, с постепенным уменьшением в восточном и северо-восточном направлениях.

Кампанский ярус ( $K_2cp$ ) эти отложения являются рудовмещающими на месторождениях Северный Карамурун, Южный Карамурун и Харасан. В разрезе кампанского яруса Карамурунского рудного поля четко выделяются два подгоризонта, являющихся самостоятельными ритмами осадконакопления. Оба они обнаруживают общность литолого-фациального и литолого-геохимического плана, как между собой, так и с другими ярусами верхнего мела. Здесь, также как и в ранее описанных отложениях по северо-восточной окраине Карамурунского рудного поля устанавливается развитие веерно-мелкоземистой зоны, представленной красноцветными алевролитами и глинистыми песчаниками. Среди накоплений веерно-мелкоземистой зоны наблюдается развитие относительно быстро выклинивающихся по простиранию обогащенных грубым материалом «струй» пролювиальных образований. В отличие от коньякских и, отчасти, сантонских отложений, пролювий компана в целом представлен менее грубым материалом. Чаще всего это грубозернистые пески с редкой галькой, размером до 1,5 см. Грубозернистые разности пород, как правило, тяготеют к подошве верхнего компана в виде прослоев мощностью до 1-5 м.

Палеогеографические условия, существовавшие на протяжении компана, в целом весьма сходны с таковыми для лежащие ниже осадков сантона. Здесь сохраняется северо-восточная ориентировка грубого материала пролювиальных «струй». По сравнению с сантонским ярусом в компане возрастает роль отложений аллювиальной долины, среди них ведущее место занимают мелкозернистые русловые пески. На юге и юго-западе площади значительные участки сложены серыми алевролитами пойменного происхождения. Приведенные выше факты свидетельствуют о некотором сокращении области палео поднятия.

Нижний подгоризонт кампанского яруса унаследует в общих чертах условия накопления от сантонского времени. В низах компана почти повсеместно на площади Карамурунского рудного поля, за исключением южной и западной его окраин, продолжают накапливаться первично окисленные породы, среди которых преобладают красноцветные алевролиты и глинистые песчаники. Выше по разрезу залегают пески с прослоями алевролитов и глинистых песчаников, окрашенную в зеленовато-серую, а также в светло-серую до белесой окраски. Эти породы образовывались при недостатке органики. Вверх по разрезу нижнего подгоризонта компана увеличивается количество прослоев алевролитов и глинистых песчаников,

которые в кровле образуют водоупор мощностью 5-15 м. В целом для отложения нижнего кампана характерна невысокое содержание обугленной растительной органики. Основное ее количество сосредоточено в прослоях серых песков и алевролитов, локализующихся в верхней половине отложений нижнего кампана. Сероцветные пески и алевролиты в этой части разреза чаще всего встречаются в виде линз мощностью 5-8 м. Мощность нижнего подгоризонта кампана изменяется в пределах от 15 м до 40 м. Причем наибольшие мощности отложений, как и по другим горизонтам верхнемеловой толщи, наблюдаются на западе и юге Карамурунского рудного поля. Наряду с этим, наиболее изученных участках, например, на месторождении Северный Карамурун, установлены локальные изменения мощности пачки нижнего кампана на участках эрозионных врезов, образовавшихся при накоплении верхнего подгоризонта кампана.

На Карамурунском рудном поле отложения верхнего подгоризонта кампана в большинстве случаев представлены песками с прослоями алевролитов и глинистых песчаников. Песчаные образования верхнего кампана имеют аллювиальное и пролювиальное происхождение. Песчано-гравийные породы пролювиального происхождения, в виде быстро выклинивающихся «струй», развиты в северо-западной части Карамурунского рудного поля, включая и месторождение Северный Карамурун. Ширина «струй» составляет 3-6 км. В головной части «струй» расщепляются на ряд более мелких, имеющих ширину до первых сотен метров. На площади месторождения Харасан и прилегающих к нему с северо-востока участках преобладают аллювиальные песчаные отложения, развитые в виде полос шириной 8-14 км, разделенных участками алевролитов. По условиям накопления северо-восточная часть этих полос, представленная красными алевролитами, принадлежит к веерно-мелкоземистой зоне. К юго-западу окраска алевролитов меняется на зеленую, зеленовато-серую, а затем на серую. Их формирование происходило в более восстановительной обстановке аллювиальной равнины.

В толще песков верхнего кампана часто встречаются прослой серых алевролитов и глинистых песчаников, на мощность от первых сантиметров до нескольких метров. По простиранию они прослеживаются не более чем на 100-200 м.

Местами в разрезе верхнего и всего кампана изредка встречаются карбонатные породы-карбонатные и доломитовые песчаники. Обычно это прослой имеющие мощность от первых десятков сантиметров до 0,5 м. По простиранию эти прослой прослеживаются обычно не более чем на 50 м, и очень редко, до 100-150 м.

Описываемые прослой карбонатных песчаников прослеживаются «пунктирно» в виде небольших линз на определенных уровнях и фиксируют локальные перерывы в осадконакоплении. Их образование связывается с палеоповерхностными процессами.

Верхняя часть отложений верхнего подгоризонта кампана представлена пачкой алевролитов и глинистых песчаников мощностью до 10-15 м. Окраска

этих пород весьма разнообразна. На участках развития отложений в подгорно-всерной зоне осадконакопления, включая и пролювиальные образования, эти породы имеют пеструю окраску. Здесь встречается значительное количество прослоев окрашенных в сиреневые, фиолетовые и красные цвета. При смещении в зону аллювиальных отложений, окраска пород меняется посепенно до зеленовато-серой и серой.

Мощность отложений верхнего подгоризонта кампана на Карамурунском рудном поле меняется в пределах 18-49 м. Наибольшие мощности приурочены к западным и южным частям рудного поля.

Минералогический состав верхнемеловой толщи, несмотря на некоторые отличия в условиях образования входящих в нее стратиграфических подразделений, в пределах Карамурунского рудного поля довольно однообразен.

Песчаные породы на 80-90% состоят из обломочного материала – кварца (60-70%), полевых шпатов (5-10%), обломков пород (7-12 % максимально до 25 %) слюд-мусковита, биотита, хлорита (0,5-1% ,до 2-4%). Глинистые материалы (от 2-5 % в песках до 15-20% в песчаниках) представлены смесью монтмориллонита, гидросюды и каолинита.

Содержание монтмориллонита и гидрослюды варьирует в широких пределах и зависит от условий образования пород. Каолинит как правило, присутствует в подчиненном количестве. Зерна обломочных минералов окатанные, слобокатанные, неокатанные и угловатые. Акцессорные минералы составляют до 1-2 % от общей массы песчаных пород и представлены в основном турмалином, ильменитом, лейкоксеном, рутилом, гранатом, ставролитом, цирконом, магнетитом. Аутигенная минерализация в песках бедная и составляет 1-5 % от общей массы пород. Из минералов железа наиболее распространен пирит, реже встречаются мельниковит, марказит, отмечается также сфалерит, галенит.

Цемент пород, в подавляющем большинстве случаев глинистый, реже карбонатно-глинистый и карбонатно. Тип цемента в песках пленочный, соприкосновения, поровый. Степень цементации зависит от количества и характера распределения карбонатного и глинистого материала, но в основном слабая и пески как правило, рыхлые и слабосцементированные.

Карбонатный цемент карбонатных песчаников, образующих прослои и карбонатные плиты (Образования местных стратиграфических несогласий и солонцевых почв), а также входящий в состав "гороховидных" выделений в песках, представлен кальцитом и доломитом. В песках с "гороховидной" цементацией преобладает кальцит, а в плотных карбонатных песчаниках - доломит.

Содержание CO<sub>2</sub> в породах рудовмещающих горизонтов невысокое, обычно составляет 0,00-0,65 %. В карбонатных песчаниках оно увеличивается до 14-16 %.

Глинистые песчаники и алевролиты по составу обломочных зерен и цемента аналогичны с песчаным породам, отличаются они от песков более высоким содержанием глинистого материала (до 30-40%).

Глины, как правило, массивные, запесочены и тонко и мелкозернистым песком (до 10-20 %) с примесью слюд, растительного детрита и реже пирита. Приставлены они смесью гидрослюды (предобладает), каолинита и монтмориллонита. Состав обломочного материала глин аналогичен песчаным породам.

Обуглероженный растительный детрит не имеет широкого распространения и неравномерно распределен в песчаном разрезе рудовмещающих отложений. Отдельные участки песков практически не содержат обугленного растительного детрита, в других же растительные остатки образуют скопления или редкие включения, подчеркивающие слоистость. Содержание  $C_{орг}$  в песчаных отложениях обычно не превышает 0,05-0,24 %. В редких случаях наблюдаются скопления крупных обломков обуглероженной древесины в виде прослоев мощностью до 10-20 см. В алевролитах и глинистых песчаниках обугленные растительные остатки, как правило, тонкораспылены и содержание  $C_{орг}$  в них достигает 0,57 %-1,34 %.

Содержание валового железа в сероцветных рудовмещающих песках невысокое - 0,6%-1,02%, в песчаниках - до 1,21 % - 1,9%. В отдельных пробах песков, обогащенных растительным детритом, дисульфидами и гидроокислами железа, содержание валового железа достигает 1,5 - 2,5 %. В алевролитах и глинах оно в целом выше и составляет в среднем 2,07 % - 3,83 %.

Содержание двухвалентного железа в сероцветных песчаных породах составляет 0,21 % - 0,84 %, увеличиваясь в сероцветных алевролитах и глинах до 0,83 % -2,36 % (рис. 2,3).

Содержание сульфидного железа в неизмененных песках и песчаниках низкое и колеблется от 0,00% до 0,15 %. В сероцветных алевролитах и глинах его содержание возрастает до 0,04 % - 0,31%.

Обращает на себя внимание низкое содержание в породах серы 0,00 % - 0,38 %, что обусловлено малым содержанием в породах дисульфидов железа.

В целом породы продуктивных горизонтов по распространенности в них дисульфидов железа является слабо восстановленными и относятся к хлорит - гидрослюдистому типу.

Окислительно - восстановительная емкость белесых песков верхнего кампана составляет 15 mV - 45 mV и повышается в серых и темно-серых до 65 mV. В зеленовато-серых песках и песчаниках нижнего кампана она заметно ниже и не превышает 15 mV - 25 mV . Кроме того, показателем низких восстановительных свойств отложений нижнего подгоризонта кампана можно считать розовую окраску пород с сохранившимися гидроокислами железа на зернах полевых шпатов, обломках кварца, кремней, сланцев и мелких катунах глин. Этот признак отличает отложения нижнего подгоризонта кампана и, отчасти, коньяка - верхнего турона, от верхней части кампанских образований значительно меньшей степенью диагенетической восстановленности.

Содержание урана за пределами рудных объектов в неизмененных породах кампана, независимо от литологического состава, составляет  $(3-5) \cdot 10^{-4}$  %, а в породах коньяк-верхнего турона  $(7-10) \cdot 10^{-4}$  %. Селен и молибден в

неизменных породах или отсутствует, или встречается в количествах  $(2-3) \cdot 10^{-4} \%$ .

*Палеогеновые отложения* на площади Карамурунского рудного поля имеют широкое распространения, за исключением предгорий хребта Большой Каратау, где они срезаны предверх-неплиоценовой эрозией.

На описываемой площади в разрезе палеогеновых отложений выделяются осадки палеоценового и эоценового отделов.

Палеоценовый отдел ( $P_1$ ) осадочные отложения палеоценового возраста разделяются на три части, отличающиеся друг от друга по литологическому составу и условиям своего образования.

Нижняя часть представлена красноцветными алевролитами и глинистыми песчаниками с плохой сортировкой и довольно часто глубоко проявленной каолинизацией обломочного материала. Эти осадки характеризуют, по-видимому, широкое проявление корообразовательных процессов в условиях влажного климата на плоской приморской равнине. Мощность нижнего горизонта 15-20 м.

Средняя часть представлена голубовато-серыми доломитистыми глинами с гравийным материалом различной окатанности. В этих породах отмечается значительное

количество включений сульфидов железа. В зоне перехода от нижележащих отложений наблюдается обогащение пород на мощность 1 - 1,5 м карбонатно-глинистыми стяжениями. Причем переход от нижней части отдела к средней в большинстве случаев постепенный. Эти отложения накапливались в условиях начавшегося затопления приморской равнины. Мощность средней части отдела 10 - 15 м.

Верхняя часть разреза палеоценового отдела сложена белыми гипсами, в отдельных случаях с прослоями доломитов и доломитистых глин, в которых иногда отмечаются раковины пелеципод, указывающие на палеоценовый возраст этих пачек. Гипсоносная толща верхней части разреза образовалась в лагунных условиях. Мощность верхней части палеоцена составляет 15 - 20 м. Общая мощность отложений палеоцена до 55 м.

Эоценовый отдел ( $P_2$ ) на поверхности гипсов с размывом, без видимого углового несогласия, залегают отложения эоценового возраста, расчлененные на нижний, средний и верхний эоцен (Сулейманов И.С 1968).

Осадки эоцена в целом образовались в условиях морского бассейна на значительном удалении от береговой линии. Это выдержанная в литологическом отношении толща.

Отложения нижнего эоцена представлены темно-серыми до черных горизонтально-слоистыми алевритистыми глинами с чешуей рыб и сульфидами железа. В низах разреза залегают прослой глауконитового песчаника с обломками зубов акул, желваками пирита и галькой фосфоритов. Мощность нижнего эоцена 30 - 40 м.

На этих отложениях согласно залегают образования средне-эоценового возраста, сложенные мергелями и мергелистыми глинами. Окраска характерная для осадков среднего эоцена - табачно-коричневая, коричневатая-

серая. В породах отмечается большое количество рыбных остатков, мелких стяжений фосфоритов, сульфидов железа, раковин фораминифер, характерных для среднего эоцена. Мощность среднего эоцена 20 - 25 м.

На образованиях среднего эоцена согласно залегают верхнеэоценовые. Это монотонная по литологическому составу толща зеленовато-серых и серых слабо алевритистых глин максимальной мощностью до 250 м.

*Неогеновые отложения (N)* на Карамурунском рудном поле представлены миоценовыми и верхнеплиоценовыми образованиями. Верхнеплиоценовые и четвертичные отложения накапливались в сходных условиях веерно-мелкозёмистой и аллювиальной зон и разделение их в разрезе возможно только на основе микрофаунистических определений. Так как в процессе поисково-разведочных работ такие определения были единичными (Сулейманов И.С.), авторами выделяется единая пачка нерасчлененных верхнеплиоцен-четвертичных отложений.

*Миоценовый отдел (N<sub>1</sub>)* осадочные образования миоценового возраста на Карамурунском рудном поле залегают на отложениях верхнего эоцена с размывом без видимых угловых несогласий. Миоценовый отдел представлен однообразной пачкой красноцветных алевролитов. В алевролитах нижней части пачки на отдельных участках отмечается большое количество гравийного материала.

Миоценовые породы фиксируются только на наиболее погруженных участках, главным образом по южному флангу рудного поля. На остальной площади осадки миоценового отдела уничтожены предверхнеплиоценовой эрозией. Максимальная установленная мощность миоцена 120 м.

*Нерасчлененные верхнеплиоцен-четвертичные отложения (N<sub>3/2</sub>-Q).* Отложения этого возраста присутствуют в пределах Карамурунского рудного поля повсеместно, с глубоким размывом и ярко вырожденным угловым несогласием залегают на различных по возрасту образованиях - от миоценовых до палеозойских. Представлены они палевыми алевролитами и алевритистыми глинами с прослоями грязно-желтых, бурых, грязно-серых песков и глинистых песчаников, формировавшихся в условиях веерно-мелкозёмистой и равнинно-долинной фациальных зон.

Внутри толщи отмечается значительное количество локальных размывов, фиксирующихся гравийниками, грубозернистыми песками и катунами палевых глин.

Венчают разрез осадочных мезокайнозойских образований чехла современные осадки, представленные суглинками, супесями, такырными образованиями, барханскими песками. Мощность современных наносов 2 - 10 м.

Общая мощность верхнеплиоцен - четвертичных отложений достигает 120 - 200 м. Максимальные мощности этой толщи связаны с русловыми врезами древней Сыр-Дарьи [6].

## 1.2. Тектоника

В региональном плане район Карамурунского рудного поля расположен в краевой части Тянь-Шаньской орогенной области на замыкании крупной Каратауской палеозойской складчатой зоны северо-западного (320-3250) простирания. Современный структурный план описываемой территории является результатом проявления предверхнеплиоценового и четвертичного этапов тектонических движений. Основной структурой региона является горстантиклинорий хребта Большой Каратау, юго-западная часть которого взброшена по главному Каратаускому разлому более чем на 1 км. и осложняясь серией относительно малоамплитудных разломов (до 100 м), полого погружается в Сырдарьинскую депрессию. Главный Каратауский разлом, ориентированный в северо-западном (320-3250) направлении, прослеживается на сотни километров и имеет крутое (65-850) падение на юго-запад. Разлом глубинного заложения, долгоживущий, подвергался неоднократным подновлениями, продолжающимися и в настоящее время. Юго-западное крыло Каратауского поднятия в пределах площади работ, осложнено серией структур второго и третьего порядка, большинство из которых имеет северо-восточное направление. Наиболее крупными из них являются Карамурунский вал, Жанакорганский выступ и разделяющий их Карамурунский прогиб. Карамурунский вал ориентирован вкрест простирания Большого Каратау и имеет погребенное продолжение от палеозойских поднятий (горы Карамурун и Чаулинчи) на юго-запад на протяжении более 30 км. В свободной части вала палеогеновые отложения полностью эродированы и под верхнеплиоцен-четвертичные осадки выведены породы верхнего мела. Северо-западный и юго-восточный склоны Карамурунского вала ограничены системами поперечных северо-восточных разломов. Наиболее крупными из них, в пределах юго-восточного склона, являются серия Алгабаских разломов, Иркольский и Чалинчинский разломы с амплитудой вертикального смещения по фундаменту до 300 м. По верхним горизонтам чехла амплитуда смещения заметно уменьшается за счет развития в них в зоне этого разлома флексурного перегиба [7].

## 1.3 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия Карамурунского рудного поля представляются на основе гидрогеологических исследований ГРП - 23 Краснохолмского ПГО, данных детальной разведки подземных вод в районе поселка Чиили (Чешев и др. 1968 г.) и государственной геологической съемки (Ережепов и др. 1966 г.)

Гидрогеологическая позиция Карамурунского рудного поля определяется положением его в краевой северо-восточной части крупного Сырдарьинского (Кызылкумского по Ахмедсафину) артезианского бассейна.

В обводнении принимают участие: плиоцен-четвертичный горизонт грунтовых вод, сенонский водоносный комплекс напорных вод, палеозойский

горизонт трещинных и трещинно-карстовых грунтовых и напорных вод. (Ахмедсафин 1973г.).

Плиоцен-четвертичный горизонт грунтовых вод приурочен к песчаным отложениям реки Сырдарья, а также к делювиально-пролювиальным, слабо отсортированным гравийно-песчаным отложениям подгорно-веерной части хребта Большой Каратау и имеет почти повсеместное распространение районе, отсутствуя лишь на выходах палеозойского фундамента.

Разнообразие ландшафта района обусловило наличие двух плановых границ у плиоцен-четвертичного горизонта; на западе и юго-западе протекает река Сырдарья, воды которой дренируются водоносным горизонтом, а на северо-востоке района питание горизонта осуществляется за счет грунтовых вод палеозоя из горного массива Большой Каратау. В питание горизонта участвует также сенонский водоносный комплекс, выходящий под плиоцен-четвертичные отложения в осевой части Карамурунского вала, где и происходит частичная разгрузка напорных вод. В летнее время дополнительное питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации воды из поливных каналов и рисовых полей.

Мощность водоносного горизонта изменяется от первых метров в предгорной части района до 100 м вблизи реки Сырдарья. Глубина залегания уровня грунтовых вод носит сезонный характер и колеблется от 0 м до 26 м в зависимости от гипсометрической отметки водопункта. Форма же зеркала грунтового потока плоская со слабым гидравлическим уклоном - около 0,0009 от реки Сырдарья на северо-восток, где проходит центральная дренажная система площади - Теликульский дренажный канал. Абсолютные отметки гидроизогипс водоносного горизонта колеблется от 155 м до 125 м.

На юго-западной левобережной части площади грунтовый поток движется от реки Сырдарья в западном и юго-западном направлении, разгружаясь в бессточных котловинах и дренажных каналах.

Нижним водопором плиоцен-четвертичного водоносного горизонта является толща глинисто-алевритистых отложений неогена и палеогена, мощность которых увеличивается на юге площади до 600 м.

Водообильность и проницаемость водовмещающих пород характеризуется значительной пестротой и зависят от их генетической принадлежности. Наибольшей обводненностью обладают аллювиальные отложения реки Сырдарья, минимальной - подгорно-веерные отложения. Удельные дебиты скважин колеблются от 0,2 л/сек до 2,2 л/сек, коэффициент фильтрации от 1 м/сут до 14 м/сут.

Химический состав подземных вод, в зависимости от условий питания и интенсивности водообмена, характеризуется той же пестротой. Общей закономерностью является наличие пресных или слабосоленых вод в верхней части водоносного горизонта - до глубин 15-20 м (0,5-3,0 г/с), с глубиной минерализация увеличивается до 8 г/л. Пресные воды развиты также в линзах вдоль магистральных поливных каналов. По химическому составу это сульфатно-хлоридно-магниевые-натриево-кальциевые воды. Содержание урана в воде колеблется от  $1,7 \cdot 10^{-5}$  г/л до  $7,8 \cdot 10^{-5}$  г/л.

Подземные воды горизонта используются для временного водоснабжения пастбищ и других сельскохозяйственных нужд.

Сенонский водосный комплекс напорных вод является основным в артезианском бассейне. Водовмещающими являются песчаные отложения верхнего мела, которые регионально-выдержанными водоупорами разделены на ряд самостоятельных водоносных горизонтов. Однако, на ряде участков, а именно в зонах в крупных разрывных нарушениях, в местах выходов комплекса под проницаемые плиоцен-четвертичные отложения, а также в местах выклинивания водоупорных пород, водоносные горизонты комплекса гидравлически связаны между собой. В этой связи и в соответствии с условиями питания и транзита подземных вод региона, водоносные горизонты комплекса имеют практически общую пьезометрическую поверхность [7].

#### **1.4 Морфология рудных тел месторождения «Северный Карамурун»**

Гидрогенные месторождения урана отнесены к трем типам: сформированным грунтовыми (I тип), пластовыми (II тип) и жильными (III тип) водами.

По характеру восстановителей урана выделяются два подтипа месторождений: А - в породах с сингенетичными восстановителями, Б - в породах с эпигенетичными восстановителями (таблица 1). К сингенетичным относятся достаточно разнообразные органические вещества угольного ряда, ко вторым - сложный ряд углеводородов, генетически связанных с нефтью (битумы), а также газы ( $H_2S$ ,  $H_2$ ). Для месторождений, образующихся при участии сингенетичных восстановителей (углистого органического вещества) необходимым условием формирования является определенный формационный и литолого-фациальный состав рудовмещающих толщ. В группу благоприятных для рудообразования входят все сероцветные (в том числе и угленосные) формации, образованные в областях гумидного климата, в субплатформенный и суборогенный периоды развития регионов. Благоприятна также смена во времени сероцветных рудовмещающих формаций - красноцветными, характерными для эпох аридного литогенеза. Руды таких месторождений полифациальны, т. е. существует широкий набор потенциально рудоносных фаций, общим для которых является присутствие углистого органического вещества (min количество  $C_{орг}$ , обеспечивающее создание восстановительного барьера для урана, - 0,06 %).

В понятие благоприятных литолого-фациальных условий входит также определенное строение рудоносных толщ, обеспечивающее фильтрацию кислородных вод. Этим условиям в наибольшей степени отвечают аллювиальные отложения, в которых чередуются хорошо проницаемые русловые пески и водоупорные алеврито-глинистые пойменные отложения.

Урановые месторождения второго подтипа, руды которых образуются при участии эпигенетичных восстановителей (битумы, газы) могут формироваться в осадочных толщах любого состава, вплоть до красноцветных

формаций. Главным фактором рудообразования для них являются структурные условия, обеспечивающие присутствие восстановителей в рудоносных горизонтах [8].

Это могут быть скопления нефтяных углеводородов в структурных ловушках, но не в условиях их сохранности, а попадающие в зону интенсивного водообмена. Это могут быть потоки восстановительных растворов или газов, поднимающиеся из других горизонтов осадочного чехла или фундамента. Взаимодействие ураноносных кислородных вод и восстановителей происходит в проницаемых горизонтах, при оптимальном соотношении гидродинамики двух агентов. Интенсивное проявление восстановительных агентов в некоторых случаях приводит к захоронению ранее образованных руд; прекращение их поступления в проницаемые горизонты приводит к разрушению урановых руд окислительными процессами.

Таблица 1 Обстановки инфильтрационного уранового рудообразования

Рудоносные растворы		Восстановители урана			
		Сингенетичные		Эпигенетичные	
		Компактные	Рассеянные	Компактные	Рассеянные
Подземные воды окислительной (для урана) обстановки	Грунтовые	В торфяных залежах, в кровлях угольных пластов.	В сероцветных отложениях на контактах с красноцветными		
	Пластовые	В кровлях (подшвах) угольных пластов на контактах с водоносными горизонтами	В сероцветных терригенных отложениях	В карбонатных и терригенных нефтеносных породах	В различных водоносных породах (при поступлении газо-восстановителей)

По характеру распределения восстановителей в рудовмещающих породах можно выделять разновидности урановых залежей. Они могут пространственно совмещаться в пределах одних и тех же геологических структур, образуя единое месторождение, но могут иметь и самостоятельное значение [8].

На месторождениях, образованных пластовыми водами, формы рудных тел, с одной стороны, тесно связаны с литолого-геохимическими особенностями рудовмещающих отложений и характером проницаемости пород, с другой стороны, отражают стадии формирования (и разрушения) оруденения.

Особенно хорошо видна связь морфологии оруденения с литолого-геохимическими особенностями рудовмещающих пород на месторождениях в

породах с сингенетичными восстановителями. В угленосных толщах с весьма неравномерным распределением органического вещества в разрезе, где чередуются слои углей и углистых алевролитов с пластами песчаников, практически не содержащих или содержащих небольшую примесь углефицированных остатков, преобладают пластово-линзовидные рудные тела. При этом урановое оруденение тяготеет к пластам углей и углистых алевролитов, обогащая их краевые части на контактах с пластовоокисленными песчаниками. Благодаря наличию трещинной проницаемости в углях оруденение в них распространяется на большую мощность, чем в алевролитах, где оно обычно развивается не более чем на первые десятки сантиметров от контакта. В пластах песчаников, если они не обладают достаточной восстановительной способностью, выклинивание зоны пластовой лимонитизации может не сопровождаться урановым оруденением. В тех же случаях, когда в песчаниках формируется оруденение, образуются ролловые рудные тела, но они чаще всего имеют неправильную форму: короткие, сложно построенные, распадающиеся на линзы мешковидные части и длинные крыльевые, тяготеющие к перекрывающим и подстилающим пластам [8].

В первичносероцветных песчано-глинистых толщах, где оруденение локализуется в горизонтах песчаников, обогащенных углефицированными растительными остатками, формы рудных тел весьма разнообразны (рис.1).

Здесь встречаются прямые и обратные роллы (рис 5.1. I, II, III, IV, V, VI, VII), пластово-линзовидные, гнездовидные, плащеобразные рудные залежи. Рудные тела, близкие к идеальному роллу, встречаются довольно редко и отвечают условиям хорошо стратифицированной толщи, где мощность песков составляет первые метры, а растительные остатки равномерно рассеяны в породе (рис. 1 а).

Более характерны роллы с короткими мешковидными частями, причем распределение урана в них обычно весьма неравномерное, стратифицированное, что связано главным образом с неравномерным распределением органических остатков в породах. Сложное чередование песчаных и глинистых прослоев приводит к образованию роллов сложной формы с раздувами, пережимами, выступами (рис 5.1. I, IV).

Зависимость формы рудных залежей от литологических особенностей рудовмещающих пород позволяет наметить связь между фациальными типами отложений и морфологией оруденения. Так, в прибрежно-морских хорошо стратифицированных отложениях с выдержанными по простиранию песчаными горизонтами обычно создаются оптимальные условия для формирования рудных роллов правильной формы. В континентальных песчаных толщах аллювиально-пролювиального генезиса, мощность которых измеряется десятками метров и где неизбежно сочетаются пласты и линзы различной проницаемости, образуются рудные роллы сложной формы, а так же линзовидные и гнездообразные залежи в местах скопления органических остатков.

На месторождениях второго подтипа, где рудообразование протекает в

результате взаимодействия пластовых вод с эпигенетичными восстановителями, могут встречаться все формы рудных залежей. Однако здесь наблюдается совершенно иные закономерности распределения уранового оруденения в толще рудовмещающих отложений, чем на месторождениях, локализующихся в породах с сингенетичными восстановителями. В противоположность углисту органическому веществу эпигенетичные восстановители, жидкие и газообразные, концентрируются в проницаемых литологических разностях пород, слагающих водоносные горизонты, в связи с чем и рудообразование наиболее интенсивно протекает в этих же частях разреза. На рис. 5.1. в схематическом виде изображены и сопоставлены между собой формы урановых залежей, формирующихся в сходных по литологическому строению толщах, но содержащих в одном случае сингенетичные, а в другом – эпигенетичные восстановители [8].

Эпигенетичные восстановители, как правило, обеспечивают образование правильной формы роллов с протяженными мешками, всегда тяготеющим к наиболее проницаемым слоям разреза, и короткими крыльями. При переслаивании песчаных и алевролитово-глинистых прослоев последние резко обеднены металлом, в то время как в песчаных он интенсивно накапливается.

Характерно, что наиболее высокие концентрации урана тяготеют к контактам песка с глинистыми разностями пород. При переслаивании песчаников различной крупности рудоносность не меняется, однако по наиболее проницаемому слою оруденение максимально продвигается вниз по падению пород.

Распределение урана внутри залежей достаточно закономерно: максимальные концентрации его сосредоточены у контактов с пластово-окисленными породами и постепенно уменьшаются по направлению от них. Подобные закономерности строения рудных тел можно видеть и в нефтеносных карбонатных породах. Наиболее проницаемыми в разрезе карбонатного горизонта являются известняки оолитовой структуры; подстилаются и перекрываются они более плотными известково-доломитовыми породами. В этих условиях в оолитовых известняках формируются рудные роллы, сильно вытянутые по напластованию пород; в слоях известково-доломитового состава оруденение образует короткие маломощные крылья. Для вогнутой части ролла характерен резкий переход от пород с высокими содержаниями урана к безрудным. В противоположном направлении происходит постепенное уменьшение концентраций и плавный переход к кларковым содержаниям. Контуры урановой минерализации повторяют форму скоплений окисленного органического вещества нефтяного ряда в карбонатных породах. Таким образом, общие закономерности строения рудных тел в породах с эпигенетичными восстановителями прослеживаются в породах различного состава, детали же строения определяются литологическими особенностями рудовмещающих отложений.

Для месторождений второго подтипа пластово-линзовидные формы рудных тел не характерны, однако они могут возникать на определенных

стадиях эпигенетических преобразований в результате разрушения ранее возникших ролловых рудных тел. При развитии пластового окисления по рудоносным пиритизированным породам, лишенным органического вещества, образуются пластово-линзовидные и гнездообразные рудные залежи, окруженные со всех сторон лимонитизированными породами.

Месторождение «Северный Карамурун» в геологическом отношении локализовано в проницаемых породах в связи зонами пластового окисления в областях молодых орогенов, месторождение гидрогенного типа. Рудные залежи в разрезе имеют форму роллов – удлинённых серповидных пластов или линз, а в плане, как правило лент, окаймляющих фронт распространения пластово-окисленных пород. Размеры их по простиранию достигают первых километров, в отдельных случаях несколько километров, ширине - несколько десятков- сотен метров, мощности первых метров. Рудные тела на участке работ локализованы в нижней части кампанского горизонта, в нижней части ниже маастрихтского горизонта, в верхней части верхне маастрихтского горизонта. Всего 3 рудных тела. В плане рудные тела представляют собой сильно извилистые ленты, изгибающиеся (в среднем под углом  $\sim 45^\circ$ ) в СЗ-ЮВ направлении, в разрезе имеют форму ролла. Их контуры определены по данным гамма-каротажа – по заданным кондициям бортового содержания урана – 0,01% и минимальному бортовому метропроценту – 0,0600 [9].

Урановые месторождения, связанные с процессами пластового окисления, представляют собой масштабные объекты и широко проявлены в мире. Рудные провинции, где развиты эти месторождения, представляют собой активизированные окраины молодых платформ или орогенные области, в которых горстантиклинальные поднятия, сложенные древними ураноносными кристаллическими комплексами, чередуются с грабен-синклинальными впадинами, заполненными осадочными отложениями. Определяющей их чертой является наличие артезианских бассейнов с областями питания в пределах поднятий и направлением движения кислородсодержащих подземных вод в глубь впадин.

Воды этих бассейнов обычно обогащаются ураном, выщелачиваемым из кристаллических и осадочных комплексов, и при движении по проницаемым горизонтам осадочных толщ. Они постепенно расходуют растворенный кислород на окисление содержащейся в осадках органики и минералов двухвалентного железа. На некотором расстоянии от области питания они теряют окислительный потенциал, что обуславливает смену геохимических условий с окислительных на восстановительные. В результате, на фронте движения потока вод формируется зона пластового окисления, обычно четко фиксируемая по изменению первичной сероцветной окраски пород на желтую или красноцветную. Изменение окислительно-восстановительной обстановки вызывает сброс на барьере растворенных компонентов, в том числе и урана.

Фронты пластового окисления обычно имеют значительную протяженность, сложную извилистую форму и структуру, определяемую неодинаковой проницаемостью фильтруемых пород. Количество рудоносных

горизонтов в разрезе зависит от числа обводненных проницаемых слоев. При наличии нескольких таких слоев в одном районе может сформироваться несколько фронтов, занимающих в плане различное положение, приближенное к общему направлению движения вод.

Залежи урановых руд в плане обычно имеют форму лент или четковидных скоплений вытянутых тел неправильной формы, повторяющих очертания фронта пластового окисления. В разрезе залежи нередко приобретают характерную серпообразную форму с относительно мощной «мешковой» частью в центральном слое проницаемого пласта и вытянутыми «крыльями», прижатыми к верхнему и нижнему водоупорам. Для залежей такой формы был предложен термин «ролл» (от английского roll - катить), подчеркивающий подвижность таких образований за счет непрерывного растворения урана потоком подземных вод «в тылу» залежей и переотложения его на фронте [9].

### **1.5 Минералогический состав руд и рудовмещающих пород месторождения «Северный Карамурун»**

Рудовмещающими на месторождении являются континентальные отложения верхнего кампана, представленные мелко-среднезернистыми песками, мелкозернистыми глинистыми песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинами и связанными с ними переходами.

Редко встречаются маломощные (0,2-0,4 м) прослои карбонатных песчаников. Пески окрашены в светло-серый, реже серый цвет. Песчаники также характеризуются зеленовато - серой, реже серой (глинистые песчаники) и светло-серой до белой (карбонатные песчанки) окраской. Для глин и алевролитов характерна зеленовато-серая, серая и темно-серая окраска. Зеленый и более темный на сером фоне оттенок песчаных пород обусловлен наличием неравномерно распределенного глинистого материала и тонкораспыленной растительной органики в глинах.

Пески и песчаники массивные, иногда горизонтально и косослоистые с примесью зерен гравия, обрывков, комочков и окатышей глин и алевролитов.

По минералогическому составу пески и песчаники аналогичны друг другу. Среди обломочного материала преобладают угловатые, полуокатанные и реже слабо удлиненные зерна кварца (до 70 %). Им подчинены зерна кремнистых и глинисто-кремнистых пород. Кремнистые породы занимают ведущее место среди зерен гравийной размерности. Постоянно присутствует полевые шпаты, включения мелкой и перетертой растительной органики черного цвета, чешуйки мусковита, флогопита и хлорита. Акцессорные циркон, ставролит, турмалин, ильменит, гранат, лейкоксен и другие минералы.

Аутигенные минералы рудовмещающие отложения бедны. В пески и песчаники наиболее распространен пирит. Спорадические встречаются кальцит, доломит, сфалерит и другие минералы.

Цементированы породы, в основном, глинистым и реже карбонатно-глинистым и карбонатным материалом. Глинистый материал неравномерно

распределяется в породах, и представлен гидрослюдой с примесью каолинита и монтмориллонита. Карбонаты сложены как тонкозернистыми кристаллически-зернистыми агрегатами кальцита, так и идиоморфными ромбовидными кристаллами доломита. Цемент поровый до соприкосновения или базально-поровый, неравномерно распределенный, кристаллически-зернистый (характерен для карбонатного материала).

По составу вмещающих руды месторождения представляют собой песчаный (пески и глинистые минералы) и алеврито-глинистый материал. Отличие руд от вмещающих пород состоит, главным образом, в присутствии в первых урановой минерализации от сотых долей процента до 2-3%. Наиболее богатые руды с содержанием урана более 0,1% визуально отличаются от вмещающих пород по более темной окраске, обусловленной концентрацией в них минерализации.

Пески и песчаники массивные, иногда наблюдается слоистость, разномерные - от мелко-среднезернистые до крупнозернистых, с линзуицими прослоями и линзами гравия (размер зерен от 1-2 до 5 мм) и алевритов, и глин.

Окраска руд белесо-серая, серая, темно-серая, зеленовато-серая, равномерная, однородная.

Обломочный материал, составляющий до 80-90% от общего состава пород, представлен полуокатанными угловатыми зернами [10].

Минералогический состав руд тот же, что и рудовмещающих пород. В их составе преобладает кварц (до 65-75%), в подчиненном количестве присутствуют полевые шпаты (57%), обломки кремнистых пород (5-10%), чешуйки мусковита, биотита, флогопита, хлорита, включения растительной органики. Распределение углефицированных растительных остатков в разрезе продуктивного горизонта неравномерное. Отдельные участки его практически не содержат растительных остатков, в других они образуют скопления или редкие включения. Из акцессорных минералов установлены турмалин, ильменит, лейкоксен, гранат, ставролит, циркон, апатит, рутил и другие. Аутигенные минералы представлены пиритом, мельниковитом, кальцитом, доломитом, сидеритом, в отдельных случаях были обнаружены галенит и сфалерит.

Цемент песков и песчаников глинистый и редко карбонатно-глинистый. Структура цемента от выполнения пор и соприкосновении, редко до базальной, неравномерно распределенной. Глинистый материал состоит из мелких (сотые и тысячные доли мм) чешуйчатых и опутано-волокнистых агрегатов, постоянно содержит тонко распыленную органику. По данным термического анализа в составе глинистого вещества установлено наличие гидрослюды, мусковита, иллита, каолинита, монтмориллонита и небольшого количества хлорита и диффузного кварца. Соотношение отдельных минералов в составе цемента в различных прослоях песков имеет переменный характер. Обычно в них преобладает гидрослюда (от 53 до 99%): монтмориллонит и каолинит находятся в подчиненных количествах (5-15%).

Карбонаты проявляются в отдельных пачках песка в виде мелких

округлых стяжений и реже прослоев, в которых карбонат цементирует обломочные зерна. Установлен кальцит в виде мелких тонкозернистых скоплений с примесью идиоморфных кристаллов доломита размером 0,01-0,06 мм. Содержание карбонатов в породах составляет в основном 0,5-1%, повышаясь в редких прослоях карбонатных песчаников до 10-15%.

По содержанию урана руды месторождения рядовые. Помимо урановой минерализации в рудах фиксируется селеновое оруденение с содержанием селена от сотых долей процента до 1-2%.

В урановых рудах сохраняется все первоначальные, синхронные с накоплением осадков, текстурно-структурные особенности пород в появляются новые, диагенетические, связанные с характером распределения наложенной на них рудной минерализации [10].

Рудовмещающие породы имеют, как правило, неслоистую, массивную текстуру. Поэтому оруденелые их разности характеризуются вкрапленными и пятнисто-вкрапленно-гнездовыми текстурами, обусловленными строением порового пространства.

Урановая минерализация более или менее равномерно распределяется в рудах и представлена она коффинитом, настураном и урановой чернью. Часть урана присутствует в растительных остатках, возможно, в глинистом веществе и в форме некристаллизованного геля. Уран в растительных остатках и глинистом веществе отмечается в сорбционном состоянии, а в растительных остатках еще и в форме ураноорганических соединений.

Урановая минерализация в рудах дисперсна (размер выделений тысячные и первые сотые доли мм), обогащает тонкие классы песков в 5-10 раз, по сравнению с исходным содержанием в массе. В составе урановой минерализации, по данным химического определения четырех и шестивалентного урана преобладает четырехвалентный уран, или он присутствует в равных количествах с шестивалентным.

Среди терригенных минералов руд и пород выделяются пороодообразующие и акцессорные, а среди аутигенных - диагенетические и эпигенетические минералы.

Список минералов руд и пород приведен в таблице 5.

В количественном отношении в составе пород и руд, как в пределах месторождения, так и на участке ПВ, резко преобладают кварц, полевые шпаты, обломки кремнистых пород, мусковит, глинистые минералы, в несколько меньшем количестве содержатся биотит, хлорит, растительный детрит. Акцессорные минералы в породах и рудах встречаются постоянно, представлены турмалином, ильменитом, лейкоксом, гранатом, цирконом, апатитом и другими и составляют в сумме до 1,0-2,0% от общего состава пород и руд.

Аутигенная минерализация в породах и рудах представлена пиритом, мельниковитом, кальцитом, доломитом, галенитом сфалеритом и другими минералами.

Основными рудными минералами на месторождении являются урановая чернь, настуран, коффинит, самородный селен, ураносодержащими-

обугленная растительная органика.

Ниже приводится краткая характеристика отдельных минералов урана, селена, железа, ванадия и растительной органики

Таблица 1.2 - Урановые минералы

<i>Терригенные минералы</i>	<i>Содержание в %</i>	<i>Аутигенные минералы</i>	<i>Содержание в %</i>
<b>Породообразующие</b>		<b>Диagenетические</b>	
Кварц	65-75	Пирит	0,7-1,0
Полевые шпаты	5-7	Мельниковит	
Обломки пород	10-15	Марказит	
Гидрослюда	от 2-5 до 15-20	Галенит	до 0,5
Монтмориллонит		Сфалерит	
Каолинит		Кальцит	от 0,5-1 до 10-20
Мусковит	до 1-2	Доломит	0,0п
Биотит		Барит	
Хлорит		Янтарь	0,0п-0,п
Флогопит			
Углефицированные растительные остатки	1-3		
<b>Акцессорные</b>		<b>Эпигенетические</b>	
Турмалин	от 0,2-0,5 до 1-2	<b>Рудная зона</b>	
Ильменит		Коффинит	до 0,1 -0,2
Лейкоксен		Настуран	
Ставролит		Урановая чернь	
Гранат		Гель четырех валентного урана	ед.з.
Гр.эпидота		Франсвеллит	ед.з.
Циркон		самородный-селен	0,0п-0,п
Апатит		Селениды свинца	ед.з.
Рутил		селениды никеля и	ед.з.
Браннерит		Ферроселит	ед.з.
Дистен		Пирит	до 0,1-0,5
Корунд		Марказит	
Магнетит		Хеггит	ед.з.

Урановая чернь является одним из основных рудных минералов месторождения. Находится она в исключительно тонкораспыленном состоянии.

Она пропитывает рыхлые участки пород, в виде пленок и примазок обволакивает зерна породообразующих минералов, образует сростки с пиритом, ассоциирует с обугленной органикой [11].

Встречается в виде аморфных мелкоагрегатных неполирующихся масс черного цвета в тесном сростании с настураном, пиритом, мельниковитом и в

отдельных случаях с самородным селеном.

Настуран широко распространен в рудах месторождения. Установлен в виде скрытокристаллических черных масс, почковидных образований и извилистых выделений, заполняющих промежутки между обломочными зернами и цементирующими их. Отмечается избирательная приуроченность настурана к скоплениям пирита, которые он обрастает и корродирует. Наблюдается также частичное замещение настураном отдельных обломков горных пород. Помимо пирита в ассоциации с настураном устанавливается коффинит, урановая чернь, самородный селен и хеггит.

Коффинит диагностирован неоднократно в черных рудных скоплениях и в обогащенных металлом углефицированных растительных остатках. Встречаются в виде черных скоплений вокруг обломочных зерен. В тесном сростании с ним находится хеггит, пирит, настуран, самородный селен.

Самородный селен встречается в глинистых и песчаных рудах и представлен мельчайшими тонкоигольчатыми кристаллами и их сростками, сплошными массами и сфалеритами, состоящими из спутанно-волокнистых и радиально-лучистых игольчатых кристаллов и сноповидных сростков. Наиболее часто он устанавливается на границе сероцветных и лимонитизированных пород. При этом он развивается как на серых, так и охристо-желтых лимонитизированных породах.

В сероцветных урансодержащих песках самородный селен часто встречается вместе с дисульфидами железа и окислами урана, которые развивается в цементе, образуя довольно плотные желваки размером до 7мм. В ассоциации с самородным селеном были установлены пирит, настуран, коффинит, урановая чернь и хеггит. Макроскопический минерал имеет свинцово-серый до черного цвета. Блеск металлический [11].

Хеггит установлен З.А. Некрасовой и обнаружен под микроскопом в одном из рудных скоплений в песках. Минерал выделяется в цементе песков в виде очень мелких (0,002-0,005 мм) тонкопризматических кристаллов и их сростков. В тесном сростании с ним установлены коффинит, настуран, урановая чернь, пирит, самородный селен.

Обугленная растительная органика отмечается как в глинистых, так и в песчаных породах и рудах месторождения в виде тонкой пропитки глинистой части алевролитов и глин, мелких и крупных вытянутых, изогнутых и комковатых обломков углефицированной древесины, остатков стеблей и листьев. Цвет их черный, бурый. Блеск поверхности матовый, на сколах смолистый.

По органическим остаткам и вокруг них в рудах развиваются пирит, настуран, коффинит и урановая чернь.

По степени углефикации органические остатки относятся к бурым углям.

Пирит является постоянным аутигенным минералом и образует довольно равномерную тонкую (0,01-0,1мм) вкрапленность в породах и рудах месторождений. Встречается в виде шарообразных сростков, обособленных ксеноморфных выделений (0,1 - 0,3 мм), агрегатных сростков кристаллов и

одинокими идиоморфными кристаллами (размером 0,01 мм) и их комбинациями, корочек на зернах кварца и катунах глин, мелкоагрегатных гроздевидных стяжений и псевдоморфоз по растительным остаткам. Иногда он цементирует и замещает зерна породообразующих минералов. В пределах рудных тел пирит ассоциирует с урановой чернью, настураном, коффинитом, самородным селеном и в редких случаях с минералами из группы окислов ванадия.

Из сопутствующих минералов в рудах отмечается хеггит.

Основными рудными минералами на месторождении являются коффинит, настуран, урановая чернь, самородный гамма-селен. Редко встречаются нераскристаллизованный гель четырехвалентного урана, ванадат урана (франсвиллит), селениды свинца, никеля, кобальта и хеггит.

Коффинит является основным минералом урановых руд, составляя 70-80%. Встречается в виде микрокристаллических и колломорфных выделений в цементе пород. Под электронном микроскопом имеет вид столбчатых, веретенообразных и желудеобразных кристаллов на поверхности зерен кварца и других породообразующих минералов. Настуран устанавливается в виде скрытокристаллических масс черного цвета, почковидных образований и глобулей размером в доли микрона до 1 -5 микрон [12].

## 2. Геотехнология скважиной добычи урана на месторождении «Северный Карамурун»

Схема циркуляции растворов предусматривает откачку продуктивных растворов из откачных скважин обрабатываемого блока, отстаивание растворов от механических примесей с выводом последних из процесса, сорбционное извлечение из растворов, осветление маточников и подкисление их концентрированной серной кислотой, подачу подкисленного выщелачивающего раствора (ВР) через закачные скважины в рудное тело блока.

Геотехнологическая схема добычи урана включает следующие взаимосвязанные технологические процессы:

- сернокислотное выщелачивание урана из рудных тел на месте их залегания с получением продуктивных урансодержащих растворов;
- сорбционное извлечение урана из продуктивных растворов с получением насыщенного уранового ионита и обедненных по урану возвратных растворов (маточников сорбции), возвращаемых в цикл подземного выщелачивания после доукрепления серной кислотой (либо на Участке переработки продуктивных растворов, либо непосредственно на эксплуатационном блоке, участке);
- регенерация насыщенного ионита с получением товарного уранового концентрата и регенерированного в исходной солевой, возвращаемого на сорбцию урана из продуктивных растворов.

Отработку блока осуществляют при выполнении следующих требований:

- соблюдение баланса откачки-закачки растворов по блоку, рядами и ячейкам скважин; суммарные расходы ПР и ВР должны быть одинаковыми;
- закачивание в скважины только осветленных, то есть очищенных от механических примесей растворов; предельно допустимая концентрация механических примесей в ВР составляет 50 мг/л;
- подача на подкисление ВР серной кислоты, очищенной от механических примесей;
- при ремонтно-восстановительных работах в скважинных откачиваемые растворы направляются в специальную емкость для отделения механических примесей, после чего осветленные растворы подаются в общий коллектор ПР.

Отработка эксплуатационного блока подразделяется на три периода:

- 1) подготовка блока к добыче;
- 2) отработка;
- 3) отключение (погашение) блока или участка с выводом из цикла

ПСВ.

Период подготовки блока к добыче урана включает в себя бурение эксплуатационно-разведочных, технологических и наблюдательных скважин, обвязку и оснащение их поверхностными коммуникациями, оборудование

контрольно-измерительной аппаратурой, а также стадию закисления рудовмещающего горизонта. [13].

Бурение эксплуатационно-разведочных, технологических, наблюдательных и других скважин осуществляется согласно утвержденному Плану Развития Горных Работ (ПРГР), в котором определяется схема расположения скважин, а также их конструктивные особенности. ПРГР разрабатывается на каждый год по добычному и перерабатывающему цеху «Карамурун» (месторождение «Северный Карамурун» и «Южный Карамурун») специалистами ТОО «РУ-6» и защищается в АО «НАК КазАтомПром».

При выполнении буровых работ необходимо учитывать и выполнять следующие основные положения:

- эксплуатационная разведка должна производиться в объемах, обеспечивающих (совместно с разведочным бурением) правильное расположение запроектированных технологических скважин в плане и разрезе, а также обеспечивать дополнительное изучение вещественного состава пород и руд рудовмещающего горизонта;

- в случае, когда после бурение (или в процессе бурения) технологических скважин выявляются дополнительные данные, вызывающие необходимость изменения схемы расположения скважин в плане и разрезе, а также внесения в проектные конструкции скважин соответствующих изменений – специалистами ТОО «РУ-6» должен составляться дополнительный проект, который согласовывается с АО «НАК КазАтомПром».

Обязка скважин поверхностными коммуникациями включает:

- обвязку всех закачных и откачных скважин необходимыми трубопроводами;

- герметизацию устьев закачных скважин во избежание их перелива в режиме свободного налива;

- сооружение технологического узла закисления (ТУЗ);

- подвод к ТУЗ кислотопровода с системой дозировки серной кислоты;

- монтаж нагнетательных трубопроводов, магистралей к узлу сорбции, воздухопроводов от компрессорной станции;

- монтаж пескоуловителей – отстойников на основных откачных и рабочих растворах;

- монтаж раствороподъемных (насосных или аэролифтных) установок на откачных скважинах;

- установку расходомеров для определения дебита откачных и приемистости закачных скважин, а также расходомеров для определения суммарного дебита и приемистости по эксплуатационному блоку;

- сооружение линий электропередачи (ЛЭП), автодорог, переходов, ограждений и других внутренних коммуникаций.

Конструктивное решение основных узлов и оборудования эксплуатационных блоков и участков осуществляется согласно годовому ПРГР. Обвязкой эксплуатационных блоков на договорных основах занимается ТОО «РемМонтажСервис» филиал «РМС-Шиели». Обвязка эксплуатационных блоков и технологических скважин осуществляется согласно Типовых схем «Оголовника закачной скважины», «Оголовника откачной насосной скважины», «Технологический узел закисления», «Технологический узел приема/распределения продуктивных растворов», «Технологический узел приема/распределения выщелачивающих растворов», разработанных в ТОО «РУ-6».

После завершения всех подготовленных работ на новом эксплуатационном блоке ТОО «РемМонтажСервис» филиал «РМС-Шиели» составляет акт о его готовности к вводу в эксплуатацию и, после утверждения акта руководством ТОО «РУ-6», начинается закисление блока согласно графика ввода блока в эксплуатацию по годовому ПРГР.

Закисление блока – процесс, необходимый для создания в рудовмещающем горизонте геохимической и гидродинамической обстановки, обеспечивающей процесс перевода урана в раствор, что в общем случае (в рудах и породах с малой карбонатностью – менее 1,5% по  $\text{CO}_2$  и достаточно равномерной их проницаемостью в плане и разрезе) происходит при значениях рН около 2...3. Поскольку вытеснение пластовых вод в эксплуатационном блоке, как правило, носит не «поршневой», а рассредоточенный характер, рудовмещающий горизонт закисляется неравномерно. При этом наиболее быстро закисляются пропластки рудовмещающего горизонта с большими коэффициентами фильтрации и меньшей карбонатностью [13].

В указанных условиях окончание стадии закисления определяется условно, поскольку она совмещается во времени со стадией отработки блока (полное закисление эксплуатационного блока со снижением величины рН до 2...3 нередко достигается при 30...50% отработки запасов блока). Поэтому, за окончание периода закисления эксплуатационного блока условно принимается момент времени, соответствующий появлению в большинстве (70% и более) откачных скважин продуктивных растворов и запуск блока в добычу.

В зависимости от морфологических, геотехнологических и гидрогеологических условий залегания рудных залежей выделено четыре основных модификации режима закисления и подачи закачных растворов в эксплуатационный блок:

- руды и вмещающие их породы с малым содержанием карбонатов (до 1,5% по  $\text{CO}_2$ ) закисляются растворами с концентрацией кислоты 15...20 г/л;
- руды и вмещающие их породы с повышенной карбонатностью (1,5...2,0% по  $\text{CO}_2$ ) закисляются растворами с концентрацией кислоты 10...15 г/л;

- на начальном этапе закисления (5...10 суток), с целью сокращения кольматационных явлений, применяются растворы серной кислоты с концентрацией на уровне 5...7 г/л;

- в отдельных случаях (при закислении вновь подготовленного к отработке эксплуатационного блока за счет проникновения в него растворов из соседних обрабатываемых блоков и появления в большинстве его откачных скважин продуктивных растворов) отработка блока может быть начата без стадии закисления.

В отдельных случаях допускается закисление блока отдельными частями с использованием эффекта растекания растворов.

Подача закачных растворов в эксплуатационные блоки на стадии закисления, в зависимости от системы отработки, осуществляется различными способами – прямым, опережающим, пульсирующим, с реверсированием, пассивным.

Прямой способ закисления, подача кислых растворов в закачные скважины производится одновременно с непрерывной откачкой пластовых вод из откачных скважин. При этом способе необходимо соблюдать общий баланс растворов. Количество подаваемых растворов в рудовмещающий горизонт каждого блока, и участка в целом, должно соответствовать количеству откачиваемых пластовых вод, что реализуется через контроль за приемистостью закачных и дебитом откачных скважин и обеспечением стабильности этих параметров.

Завершением процесса закисления при такой подаче растворов считается появление в большинстве откачных скважин продуктивных растворов и запуск блока в добычу.

Опережающий способ закисления, подача закачных растворов производится в предварительно пробуренные откачные скважины до бурения закачных путем свободного налива или под соответствующим давлением.

Продолжительность опережающего режима закисления определяется временным периодом, необходимым для прохождения фронтом закисления половины расстояния между откачными и закачными скважинами (по данным наблюдательных скважин или согласно расчету).

После введения в работу закачных скважин одновременно с подачей кислых растворов в закачные скважины, в откачные необходимо закачивать в течение 3...7 суток маточники сорбции, чтобы отжать от откачных скважин фронт растворов с высокой кислотностью. Такой подход позволяет избавиться от большой остаточной кислотности в продуктивных растворах, после запуска режима откачки.

Описанный способ позволяет ускорить подготовку блока за счет совмещения во времени стадий закисления и разбуривания закачных скважин. При этом исключается необходимость выполнения откачки непродуктивных растворов и снижается степень кольматационных процессов в откачных скважинах.

Пульсирующий способ закисления, применяется при однорядной системе отработки узких (до 50 метров в плане) залежей или отдельных, небольших по площади, изолированных рудных тел. В таких случаях расстояние от центра закачки до границы рудного тела составляет около 20...25 метров и закисление блока производится через универсальные скважины, работающие в переменном режиме «закачка-откачка». Закисление блока считается законченным, когда в наблюдательных скважинах, пробуренных вдоль контура обрабатываемой залежи, появляются растворы со значениями рН не менее 4.

Закисление с реверсированием потока, реверсирование потока закачных растворов на стадии закисления должно производиться преимущественно в эксплуатационных блоках, разбуренных продольной прямоугольной системой скважин. Закисление блока при реверсировании потока растворов считается завершенным, если в наблюдательных скважинах, пробуренных между рядами откачных и закачных скважин, кислотность закачных растворов достигла значений рН – 2,5...3,0.

Пассивный (пульсационно-статический) способ закисления, закачные растворы подаются во все скважины блока наливом, либо под давлением и в объеме, определенным предварительным расчетом. Затем блок отстаивается около месяца, после чего все скважины включаются в режим откачки. Для полной отработки блока необходимо 3...4 подобных цикла. Во время отстаивания блока, для обогащения его кислородом, эффективна подача в горизонт воздуха.

Период отработки эксплуатационного блока подразделяется на две стадии – активное выщелачивание и доработка блока.

Стадия активного выщелачивания представляет собой процесс массового перехода урана в раствор и перенос его продуцирующими растворами к разгрузочным (откачным) скважинам. На этой стадии концентрация кислоты в закачных растворах устанавливается в зависимости от карбонатности руд и вмещающих их пород.

При содержании карбонатов до 1,5% по  $\text{CO}_2$  извлечение металла из недр до 70...80% производится сернокислыми растворами с содержанием кислоты 7...15 г/л. Показатель рН откачных растворов необходимо поддерживать на уровне 2,0, увеличивая кислотность закачных растворов в случае повышения рН откачных и наоборот.

При содержании карбонатов выше 1,5% по  $\text{CO}_2$ , наиболее эффективно урана выщелачивается при рН более 5,5 с использованием слабокислотных режимов выщелачивания – порядка 5...10 г/л за счет так называемого «бикарбонатного эффекта».

С целью обеспечения оптимальности процесса ПСВ в период активного выщелачивания целесообразно поддерживать величину ОВП в области значений – 400...500 мВ. Увеличение ОВП выше 500 мВ не приводит к положительному эффекту.

Выщелачивание урана выполняется обратными растворами, доукрепленными после процесса сорбции, а также доукрепленными непродуктивными растворами, откачиваемыми из закисляющихся блоков. Как и в процессе закисления блоков, в период активного выщелачивания должно обеспечиваться гидродинамическое равновесие (баланс растворов). В этом случае, система скважин блоков и участков работает в стационарном режиме фильтрации, что позволяет максимально локализовать зону циркуляции растворов в плане и разрезе рудной залежи и, как следствие, достичь минимального разубоживания ПР [13].

При отрицательном балансе растворов (откачка превышает закачку) ПР разубоживаются за счет привлечения пластовых вод из безрудной (законтурной) части рудовмещающего горизонта. При положительном балансе (закачка превышает откачку) происходит утечка закачных растворов за пределы рудных залежей, что приводит к потерям металла и повышенным расходам выщелачивающего реагента.

Как отрицательный, так и положительный дебаланс растворов в эксплуатационных блоках создает условия для перетекания закачных и продуктивных растворов из блока в блок. Это приводит к удлинению траекторий движения ПР и к увеличению сроков отработки блоков. Контроль процесса ПСВ в такой ситуации существенно усложняется и, практически, исключает возможность поблочного учета добычи металла.

Особенно важным обстоятельством при отработке эксплуатационных блоков является соблюдение заданного режима работы откачных и закачных скважин. Необходимо обеспечивать равномерную по площади блока подачу закачных и откачку продуктивных растворов, что может быть достигнуто следующими основными мероприятиями:

- расчетом оптимального соотношения и расположения откачных и закачных скважин по площади эксплуатационного блока, в соответствии с их дебитами и приемистостью;
- строгим соблюдением заданных параметров дебита и приемистости скважин (корректная регулировка) и своевременным выполнением РВР;
- восстановлением (ремонт) технологических скважин, либо бурением новых скважин взамен вышедших из строя;
- бурением дополнительных технологических скважин на участках эксплуатационного блока, где дебиты и приемистость скважин снижаются до минимальных величин в результате интенсивной кольматации фильтров и прифильтровых зон.

Выполнение перечисленных работ является одним из основных и обязательных требований к функционированию Геолого-Геотехнологического Управления (ГГУ).

Неравномерная по площади проработка эксплуатационного блока технологическими растворами вызывает следующие негативные последствия:

- неравномерное выщелачивание урана в блоке и образование целиков, выявление которых как на площади блока, так и, особенно, участка, требует неоправданно больших затрат на контрольное бурение;
- увеличение сроков отработки блока в целом из-за более длительной отработки его отдельных частей;
- повышение удельного расхода серной кислоты и показателя Ж:Т, снижение концентрации металла в ПР и, как следствие, повышение расхода электроэнергии, сжатого воздуха и других материальных и финансовых затрат на единицу выпускаемой продукции.

Гидродинамическое равновесие по отдельным скважинам, рядам, ячейкам скважин, эксплуатационным блокам, участкам поддерживается по данным расходомеров, установленных в точках измерения в соответствии с ППР.

Доработка эксплуатационного блока, доработка эксплуатационного блока или участка – это период времени, относящийся к завершающей стадии работ по добыче урана, характеризующийся, как правило, резким снижением содержания урана в ПР после отработки 70...80% запасов в недрах.

На этой стадии концентрация серной кислоты в рабочих растворах должна постоянно снижаться для руд с любой карбонатностью вплоть до маточников. Маточными растворами завершается отработка блока путем вытеснения из рудовмещающих водоносных горизонтов продуцирующих растворов с повышенной кислотностью.

В этот период не рекомендуется поднимать производительность блока по откачке с целью предотвращения затягивания в его контур растворов из соседних блоков.

Отработку блок или участка следует считать завершённой при устойчивом снижении концентрации урана ниже минимально-промышленного.

Основным документом по эксплуатационному блоку является «Паспорт эксплуатационного блока», в котором фиксируются все данные о блоке, начиная от периода подготовки его к эксплуатации до полной отработки и погашения.

Основным документом по эксплуатационному участку является «План отработки участка» и разрезы к нему в масштабах 1:1000...1:2000, на которых фиксируются все пробуренные и перебуренные на участке скважины, поверхностные коммуникации, места установки контрольно-измерительной аппаратуры, степень отработанности отдельных эксплуатационных блоков и пр.

План отработки участка и разрезы к нему являются основными документами ГГУ, которые систематически пополняются по мере расширения работ на участке.

Период вывода из эксплуатации и цикла ПСВ блока, эксплуатационный участок, после погашения его запасов подлежит ликвидации. Основными

показателями завершения отработки запасов блока, участка являются необратимое снижение содержания полезного компонента в добываемых растворах ниже рассчитанной величины минимально-промышленного значения, а также – количество урана, извлеченного из недр.

После завершения отработки на участке, при необходимости, производится выборочное контрольное бурение и реализуется комплекс гидрогеологических и геофизических исследований, имеющих цель:

- подтверждение полноты отработки блока, участка;
- выделение площадей с сохранившимися в недрах ПР.

Объемы этих работ определяются специальным разделом ПРГР.

Решение о ликвидации участка принимается постоянной комиссией, назначенной Генеральным директором ТОО «РУ-6», под председательством главного инженера и включающей представителей ГГУ, а также отдела ТБ и ОС. Ликвидация блока, участка производится на основании акта, отражающего решение комиссии о ликвидации. К акту прилагаются: план блока, участка с указанием контура балансовых геологических и эксплуатационных запасов, расположением технологических и эксплуатационных запасов, расположением технологических (действующих и выведенных из работы), наблюдательных и контрольных скважин, материалы контрольного бурения (если такое проводилось), гидрогеологических и геофизических работ, а также программа мероприятий по ликвидации блока, участка и рекультивации отработанных площадей.

Предусмотренные программой мероприятия, в соответствии со сроками их выполнения и физическими объемами, включаются в годовой проект основной деятельности предприятия и утверждаются недропользователем [13].

### 3. Повышение эффективности скважиной добычи урана

Для выбора объектов испытаний принимаем основные параметры: содержание урана в ПР на момент анализа и прогнозное время отработки. Соответственно для сравнения данных параметров приведены параметры отработки блоков месторождения «Северный Карамурун» [15].

Таблица 3.1 - Параметры отработки блоков месторождения «Северный Карамурун»

№ тех. блока	Вскрытые запасы	Время работы	Средняя концентрация металла в ПР	Извлечено Me из недр			Прогнозное время работы блока
			за отчетный месяц	за отчетный период	с нарастанием	Коэф. извлечения	
	тонн	мес	мг/дм <sup>3</sup>	кг	Т	%	мес
2	3	4	5	6	7	8	9
Блок № 2-9-1	103.502	72	29.12	661	72.334	69.9	39
Блок № 2-9-2	170.532	77	21.69	783	107.574	63.1	70
Блок № 2-9-3	148.484	74	20.13	801	82.978	55.9	74
Блок № 2-9-4	249.266	74	20.21	1 334	134.352	53.9	79
Блок № 2-4-2	136.978	42	27.75	1 146	57.533	42.0	66
Блок № 2-4-3	110.045	38	28.82	758	50.836	46.2	73
Блок № 6-1-1	97.213	28	32.01	1 277	34.513	35.5	47
Блок № 6-1-2	100.001	25	31.51	942	28.892	28.9	73

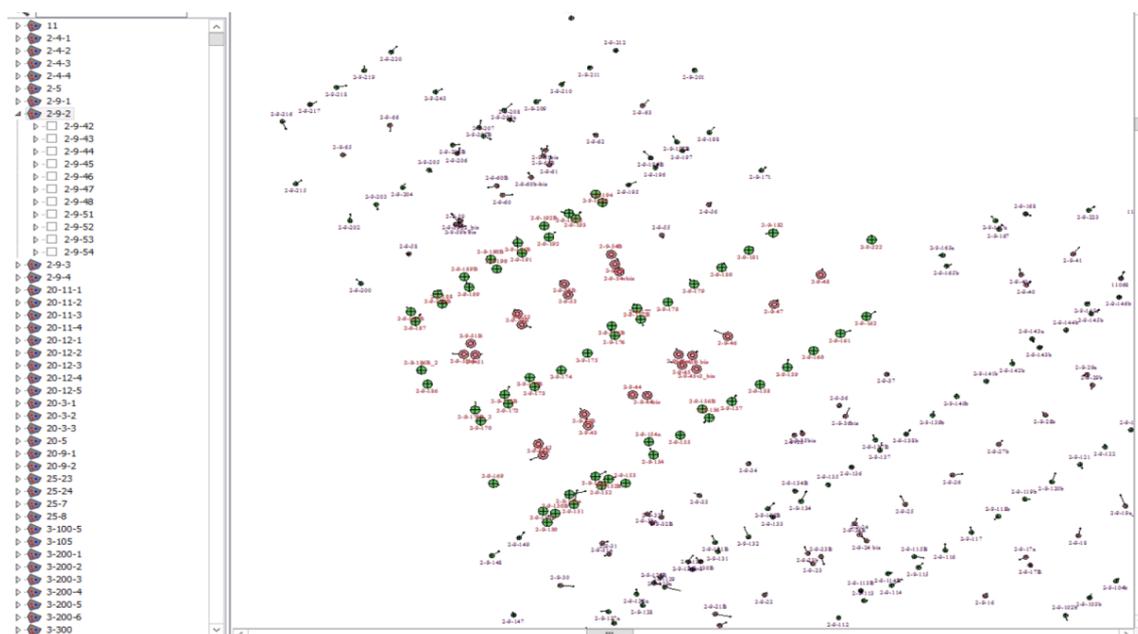


Рисунок 1- Технологическая схема расположения скважин блока 2-9

Для проведения экспериментов были выбраны технологические ячейки блока 2-9-2 (табл.№1). На технологической схеме (рис.9) скважины блока расположены в средней части геологического блока 2-9-2 (группы технологических блоков 2-9). Проведение экспериментов позволит также отследить влияние подачи реагентов на ячейки соседних блоков.

Блок 2-9-2 был закислен в опережающем режиме со средней кислотностью в закисляющих растворах 20 г/л в 2012 году. В режиме добычи блок эксплуатируется уже 77 месяца (по состоянию на 26.04.2019 г), отработан на 63,1 %. Среднее фактическое содержание урана в ПР по блоку за отчетный период составляет 34,4 мг/л.

Характеристика продуктивных и выщелачивающих растворов. Состав ПР в марте 2019г:

Fe III 170 мг/л,

Fe II 80 мг/л,

pH 1,8 ед,

ОВП 371 ед,

Кислотность ВР при выщелачивании 7,3 г/л.

Прогнозная отработка блока (по состоянию на 26.04.2019 г и до достижения 93% выработки с учетом сохранения темпов добычи) составляет 70 месяцев.

Блок 2-9-2 условно состоит из 11 ячеек рядной схемы вскрытия. В ячейки могут входить не менее одной (но не ограничиваясь) откачной скважины и группы соседствующих закачных скважин. При этом одна и та же закачная скважина может быть в соседствующих ячейках, а откачная может принадлежать только одной ячейке. Для выбора ячейки был применен принцип смежности (ячейка не должна прилегать к контуру блока), скважины ячейки должны быть работоспособны (не иметь дефектов обсадных колонн, фильтра скважин по данным ГИС должны быть открыты), иметь относительно низкий процент отработки.

Таблица 3.2- Отбор ячеек по степени отработки

Ячейка	Отк. Скважины	Остаток запасов в недрах ячейки, тонн	Отработка ячейки, %
2-9-43	2-9-43	18.06	66.7
	2-9-43В		
2-9-42	2-9-42	20.26	64.6
	2-9-42В		
2-9-56	2-9-56	12.92	67.8
2-9-19	2-9-19а	29.13	85.4
2-9-27	2-9-27b	10.23	72.0
2-9-9	2-9-9b	10.77	49.0
	2-9-9В		

На основании расположения и технического состояния скважин была

выбрана ячейка 2-9-43 со следующими параметрами:

Таблица 3.4. Характеристика геотехнологической ячейки 2-9-43.

№ п/п	№ ячейки	ГРМ, тыс.т.	Вскрытые запасы, т	Извлечено Me из недр, т	%	Ж/Т	Количество скважин		Средняя концентрация Me в ПР, мг/л	рН	Удельный расход кислоты на кгU, кг
							отк	Зак			
	2-9-43	158,727	27,067	18,06	66,7	2,06	2	11	40,0	2,66	13,86

Таблица 3.5. Данные геотехнологических исследований скважин (ГИС).

№ п/п	Дата выполнения	№ Сква.	Тип скважины	Уровень жидкости	Забой	Фильтр от.	Фильтр до.	Сост. Колонны
1	15.06.2018	2-9-43v	откачная	11,7	503,6			целая
2	09.04.2019	2-9-43	откачная	11,5	497,7	483,6	490,8	целая
3	10.04.2019	2-9-154	закачная	9,7	489,4	-	-	целая
4	10.04.2019	2-9-154a	закачная	14,5	501,3	481,3	488,5	целая
5	10.04.2019	2-9-153	закачная	12,7	504,8	494,9	503,9	Целая
6	04.04.2019	2-9-174	закачная	12,7	499,8	480,2	487,3	Целая

Продолжение Таблица 3.5

7	04.04.2019	2-9-173	закачная	11	488,3	480,9	488,1	Целая
8	10.04.2019	2-9-173v	закачная	9,7	496,8	-	-	Целая
9	17.03.2019	2-9-172	Закачная	13,6	499,5	479,1	486,7	Целая
10	04.04.2019	2-9-172v	Закачная	11,4	490	-	-	Целая
11	10.04.2019	2-9-152	Закачная	12,2	504,2	480	489	Целая
12	10.04.2019	2-9-152a	Закачная	11,7	489,7	476,2	481,6	Целая
13	10.04.2019	2-9-152v	Закачная	14,8	522	502,8	510,2	Целая



Таблица 3.6 - Характеристика используемого оборудования (в случае испытаний экспериментального образца, указать его наименование, тип, номер позиции, номер чертежа)

Емкостное оборудование	Объем 12м <sup>3</sup>	Для приготовления специального раствора химических реагентов окисляющегося действия.
Насосное Оборудование	Модель CRN	Для подачи растворов химического реагента в геотехнологические скважины.
Запорная арматура	Dy25	Для регулировки концентраций и подачи растворов химического реагента в Геотехнологические скважины.
Расходомер	Dy25	Для учета растворов химического реагента.
Система трубопроводов	ПНД 50	Для обвязки трубопроводов между емкостью и скважинами.
Рабочая площадка	Плиты железобетонные	Для монтажа емкостного и насосного оборудования.

Таблица 3.7- Характеристика химических реагентов, материалов и полуфабрикатов

Наименование показателя	ТУ 2152-003-68879995-2014	
	1 сорт (летняя марка)	2 сорт (зимняя марка)
Внешний вид, цвет	Жидкость буровато — коричневого Цвета	
Массовая доля хлорного железа, % не менее	40	30
Массовая доля хлористого железа, % не более	2	2

Продолжение Таблица 3.7.

Массовая доля нерастворимых в воде веществ, % не более	2	2
Массовая доля соляной кислоты, % не более	1,5	2
Плотность раствора при 20 С, г / см <sup>3</sup> , не менее	1,41	1,29

Требования безопасности:

- Железо (3) хлорид (раствор) пожаро- и взрывобезопасен.
- Железо (3) хлорид относится к веществам малоопасным 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007. При попадании на кожные покровы, хлорное железо вызывает раздражение и зуд. При попадании в глаза, вызывает раздражение слизистой оболочки. Работники, занятые в производстве растворов хлорного железа, должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011, средствами для защиты глаз по ГОСТ 12.4.253, перчатками резиновыми по ГОСТ 20010 и другими защитными приспособлениями в соответствии с отраслевыми нормами, утвержденными в установленном порядке.



Рисунок 3- Монтаж и установка оборудования в технологическом блоке 2-9



Рисунок 4 - Обзор из опытного участка

В течение 2019 г. в рамках выполнения договора №82 от 01.03.2019 г. В «Северный Карамурун» были проведены опытно-промышленные испытания ПСВ урана с использованием соли трехвалентного железа (соли  $\text{FeCl}_3$ ) в качестве окислителя. Опытный участок (блок 2-9-2) состоял из 11 ячеек рядной схемы вскрытия. В ячейки могут входить не менее одной откачной скважины и группы соседствующих закачных скважин.

Среди ячеек технологического блока 2-9-2 была выбрана ячейка 2-9-43, которая состоит из 2 откачных скважин средней производительностью  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  и 11 закачных скважин приемистостью  $2-6 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а также близлежащие откачные скважины (№2-9-44, №2-9-47, №2-9-51В, №2-9-52, №2-9-32В) на закачные скважины опытного участка (Рисунок 2).

Для проведения опытно-промышленных испытаний по интенсификации ПСВ урана проведены лабораторные исследования по определению расхода окислителя - трихлорида железа за счет увеличения ОВП. Сделаны расчеты и определен оптимальный расход соли трихлорида железа ( $\text{FeCl}_3$ ) на среднее количество остатка урана в ГРМ (в ячейке 2-9-43).

На рисунке 5 представлены изменения ОВП, pH и содержания  $\text{Fe}^{2+}$  от количества  $\text{Fe}^{3+}$  (соли трихлорида железа) в растворе. Из рисунка можно увидеть, что с увеличением концентрации трихлорида железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) в растворе идет с повышением ОВП. Изменение ОВП за счет подачи трихлорида железа в недра, сопровождается с окислением четырехвалентного урана до шестивалентного и переходом его в раствор.

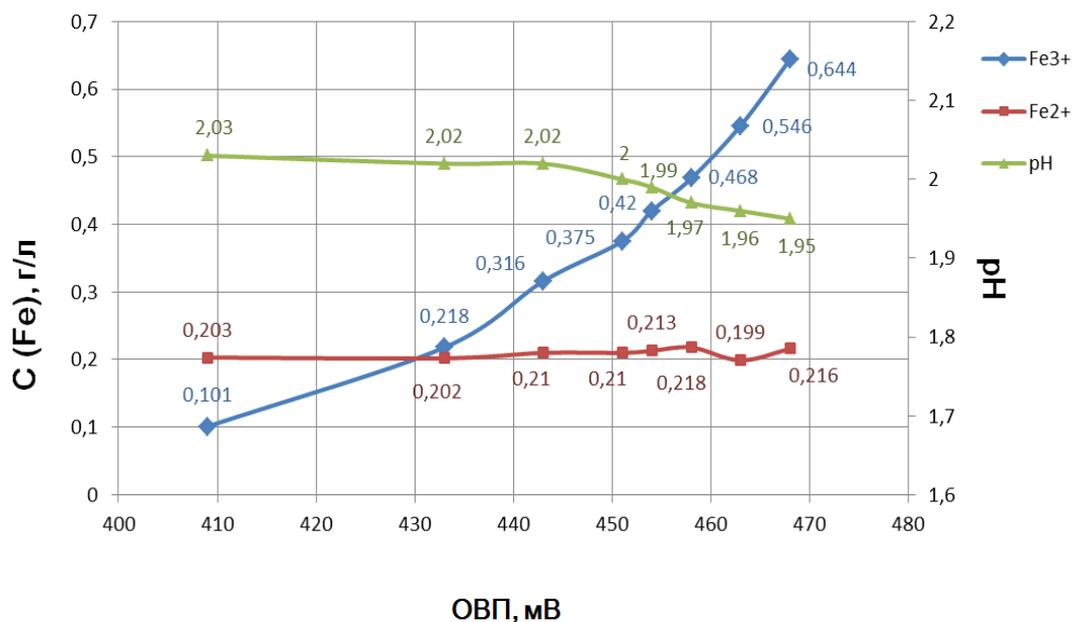


Рисунок 5- Изменение ОВП, pH и содержания Fe<sup>2+</sup> от количества Fe<sup>3+</sup> (соли трихлорида железа) в растворе

Для мониторинга результатов опытно-промышленных испытаний разработан Журнал, в который вносятся аналитические данные по технологическим растворам. В таблицах 7-8 представлены результаты химических анализов ПР из 7 откачных скважин за период с 24.06.19 по 28.11.19.

Ниже представлены графики изменения степени извлечения, концентрации урана в ПР для 6-и откачных скважин опытного участка (блок 2-9-2) за период с сентября 2012 г. по октябрь 2019 г.

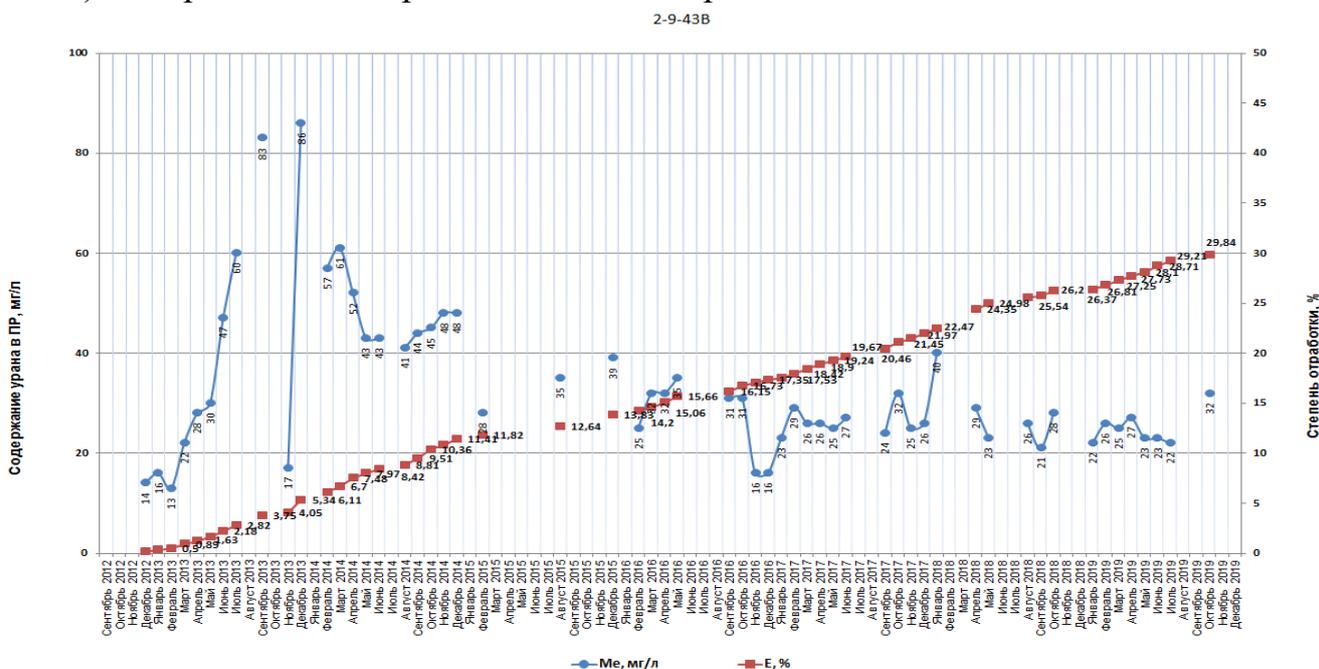


Рисунок 6 - Зависимости содержание урана в ПР и извлечения (%) от времени для геотехнологической скважины 2-9-43В

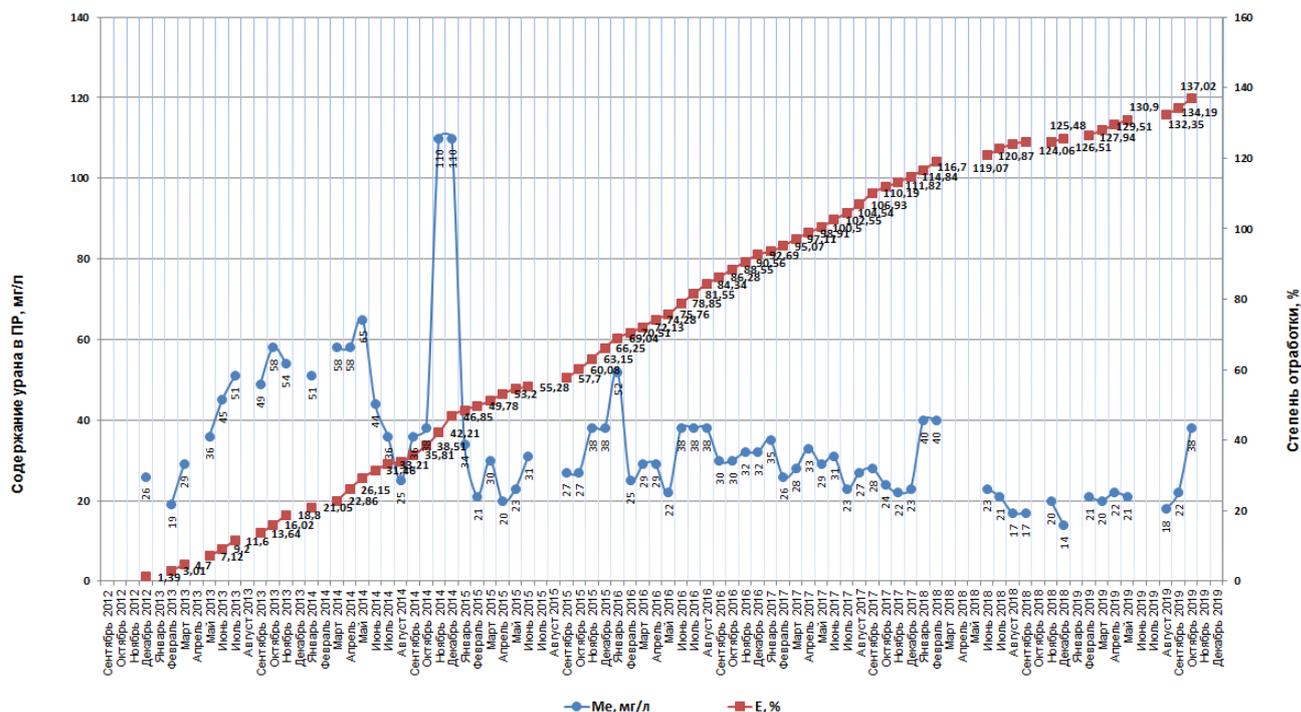


Рисунок 7- Зависимости содержание урана в ПР и извлечения (%) от времени для геотехнологической скважины 2-9-44

Описание полученных результатов после проведения ОПИ. Представлены результаты по проведению ОПИ на опытном участке, а именно результаты химических анализов (рН, ОВП,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , содержание  $\text{Me}$  (U),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (свободная кислота)) полученных проб ПР из геотехнологических откачных скважин: №2-9-43, №2-9-43В, №2-9-44, №2-9-47, №2-9-51В, №2-9-52, №2-9-32В. Опытное промышленное испытание проведены с применением трихлорида железа с 24.06.19 по 28.11.19. Для описания полученных результатов рассмотрены результаты откачных скважин опытного участка (блока 2-9-2) после ОПИ:

#### Скважины 2-9-43 и 2-9-43 В

В таблице 7 представлены результаты химических анализов ПР растворов (рН, ОВП,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , содержание  $\text{Me}$  (U),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (свободная кислота)).

По данным анализов (табл. 7) на скважине 2-9-43 и соседней скважине 2-9-43В были замечены изменения по содержанию урана через 2 недели после подачи окислителя – трихлорида железа. С 05.10.19г по 14.10.19г в скважинах 2-9-43 и 2-9-43В наблюдались постепенные повышения содержания урана от 15 до 23 мг/л и от 25 до 32 мг/л соответственно. Можно сделать предположение о попадании трихлорида железа скважинам 2-9-43 и 2-9-43В, что является причиной скачкообразного роста содержания урана в ПР.

#### Скважина 2-9-44

В таблице 7 представлены результаты химических анализов ПР растворов (рН, ОВП,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , содержание  $\text{Me}$  (U),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (свободная кислота)).

В период проведения испытаний в скважине 2-9-44 наблюдается интенсивное падение рН раствора и, как следствие, резкое повышение содержания урана от 22 до 38 мг/л в растворе (14.10.2019 г.). Высокое содержание металла связано с более высоким показателем окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), что, в свою очередь, обусловлено окислительно-восстановительными свойствами трихлорида железа.

#### **Скважина 2-9-47**

В таблице 8 представлены результаты химических анализов ПР растворов (рН, ОВП,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , содержание Me (U),  $H_2SO_4$  (свободная кислота)).

В скважине 2-9-47 наблюдалось (на 05.10.2019 г.) резкое повышение содержания урана до 34 мг/л. Также можно сделать предположение о попадании трихлорида железа в скважину, что является причиной скачкообразного роста содержания урана в ПР.

#### **Скважины 2-9-51В и 2-9-52**

В таблице 8 представлены результаты химических анализов ПР растворов (рН, ОВП,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , содержание Me (U),  $H_2SO_4$  (свободная кислота)).

В скважинах 2-9-51В и 2-9-52 не наблюдались значительных изменений в единицах рН и ОВП, а также в содержаниях  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  и Me.

#### **Скважина 2-9-32В**

В таблице 8 представлены результаты химических анализов ПР растворов (рН, ОВП,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , содержание Me (U),  $H_2SO_4$  (свободная кислота)).

Как следует из таблицы 8, с 16.09.2019 г. по 07.11.2019 г. изменение ОВП (повышение от 397 до 416) показало действие после применения окислителя-трихлорида железа на содержание урана и железа ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ): концентрация урана увеличена до 22 мг/л,  $Fe^{2+}$  - 0,028,  $Fe^{3+}$  - 0,224 г/л. Это свидетельствует о том, что о воздействии окислителя на ОВП за счет подачи трихлорида железа в недра, которая в начале процесса окисления повышается ОВП окисляя четырехвалентный уран, затем окисленный шестивалентный уран переходить в раствор. Такое же изменение можно наблюдать с 15.11.2019 г. по 21.11.2019 г., которое концентрация урана повышена от 17 до 41 мг/л.

В результате из таблиц 7-8 и рисунков 14-18 можно заметить непостоянного и/или скачкообразного повышения содержания урана и железа ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ), которые дает сделать предположения о попадании трихлорида железа в недра опытного участка.

## 4 Экономическая часть

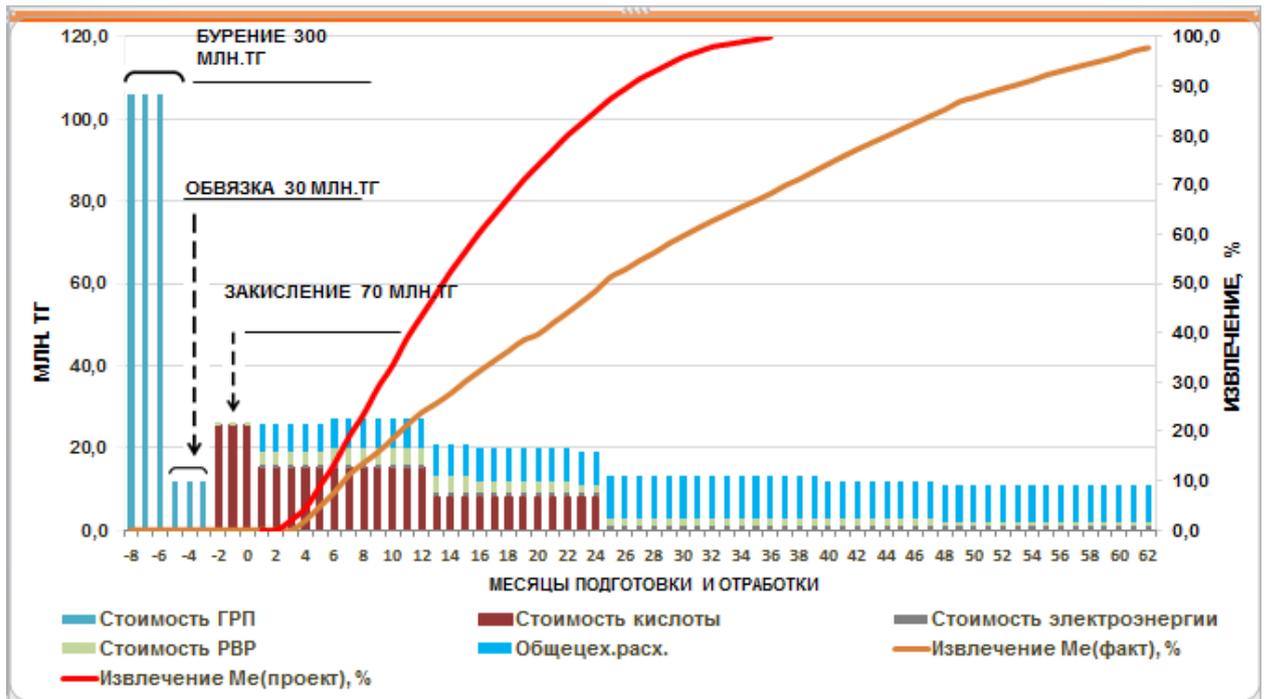


Рисунок 8 - Прямые расходы связанные с добычей урана

Основными учётными единицами запасов при ПСВ урана являются эксплуатационный блок и эксплуатационный участок (залежь), и состоит из откачных и закачных скважин. В среднем на один блок уходит:

- На бурение скважин сети технологических скважин -300 млн тг
- На обвязку технологического блока – 30 млн тг
- На закисление (расход на серную кислоту) -70 млн тг

Ежемесячные расходы в среднем, на цеховые расходы, на электроэнергию, на РВР - 10млн тг, на протяжении всего периода отработки 62 месяца.

Один блок работает в среднем 62 месяца (5 лет).

При применении хлорида железа качестве окислителя мы отрабатываем блок в рамках проектного срока

Окислитель хлорид железа применяемый при выщелачивании урана стоит 200 тг за 1кг на тонну ГРМ уходит 0,1 кг окислителя в среднем 45000 кг

$$45000 \text{ кг} \times 200 = 9000000 \text{ тг}$$

$$62 - 36 = 26 \text{ месяц}$$

По новой технологии мы сокращаем производство в среднем на 26 месяцев (2 г)

Общая экономия составит затраты цеха в месяц составят 10 млн тенге

$$10000000 \times 26 = 260000000 \text{ тг}$$

Мы с экономим 260 млн тг с учетом ежемесячных затрат цеха по данной технологии за 26 месяцев

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа геологических характеристик технологических блоков месторождения «Северный Карамурын» подобран химический реагент для процесса интенсификации и максимального извлечения урана. В качестве химического реагента-окислителя четырехвалентного урана была подобрана соли трихлорида железа ( $\text{FeCl}_3$ ).

Доставлены окислитель (соли трихлорида железа) в объеме 45000 кг и дозировочный насос CRN на месторождение «Северный Карамурун».

Для проведения экспериментальных работ были выбраны 7 откачных и 11 закачных скважин, блока 2-9-2 с низкими параметрами отработки, обусловленными недостаточным содержанием урана в ПР. На основании геотехнологических параметров скважин была разработана программа проведения опытных работ (Приложение Б), где приведены параметры подачи химического реагента в продуктивный горизонт через закачные скважины.

Проведены ОПИ (поданы 45000 тг трихлорида железа в недра опытного участка) и мониторинг геотехнологических параметров работы скважин до и после проведения ОПИ.

Во время испытательных работ по результатам химического анализа ПР выявлены:

- в скважинах 2-9-43 и 2-9-43 В наблюдались постепенные повышения содержания урана от 15 до 23 мг/л и от 25 до 32 мг/л соответственно;

- в скважине 2-9-44 наблюдались интенсивное падение рН раствора и, как следствие, резкое повышение содержания урана от 22 до 38 мг/л в растворе (14.10.2019 г.);

- в скважине 2-9-47 наблюдалось (на 05.10.2019 г.) резкое повышение содержания урана до 34 мг/л;

- в скважинах 2-9-51В и 2-9-52 не наблюдались значительных изменений в единицах рН и ОВП, а также в содержаниях  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Me}$ ;

- в скважине 2-9-32В наблюдались изменение ОВП (повышение от 397 до 416) и увеличение концентрации урана от 17 до 41 мг/л.

Такие изменений, характерные непостоянным и/или скачкообразным повышением содержания урана, железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) и ОВП были выявлены при проведении ОПИ с применением трихлорида железа. Эти данные свидетельствуют о том, что о попадании трихлорида железа в недра опытного участка и о воздействии окислителя на ОВП, которая в начале процесса окисления повышается ОВП окисляя четырехвалентный уран, затем окисленный шестивалентный уран переходить в раствор.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаверов Н.П., «Эволюция уранового минералообразования». - М., 1978 г.
2. Савченко Г.А. и др., «Типовая инструкция по геотехнологии добычи урана на месторождениях, обрабатываемых методом СПВ» 2002 г., Разраб. РУМЦ «Геотехнология».
3. Предварительный патент РК №19465 «Способ получения раствора для выщелачивания металлов из руд» (15.05.2008).
4. D. Langmuir, "Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits" // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 42, pp. 547 to 569.
5. Айлер Р.К., «Химия кремнезема», т.1-2. - М., 1982 г.
6. Манская С.М., «Геохимия органического вещества». - М., 1964 г.
7. Юдович Я.Э., «Грамм дороже тонны. Редкие элементы в углях». - М., 1989 г.
8. Корнилович Б.Ю. и др., «Влияние ЭДТА и НТА на сорбцию U(IV) глинистыми компонентами почв //ж. «Радиохимия», т.48 (2006 г.), №6, С.525-528.
9. Зубкова Т.А. и др., «Катализаторы в почве» // ж. «Химия и жизнь», 2008 г., №6, С. 26-29.
10. Шилов В.П. и др., «Окисление урана (IV) кислородом в слабокислых и близких к нейтральным растворах» // ж. «Радиохимия», т.49, 2007 г., №5/07, С.412-416.
11. Каневский Е.А., «Физико-химические основы выщелачивания урана из руд», диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. - М., 1964 г.
12. Лурье Ю.Ю., «Справочник по аналитической химии». - М., 1989 г.
13. Орлов Д.С., «Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации». - М.,1990 г.
14. Бейсембаев Б.Б., «Теория и практика кучного выщелачивания меди». - Алматы, 1998 г.
15. Информационный отчет (2 этап) по теме: «Выбор объектов испытаний согласно критериям оценки ожидаемых результатов НИР». Договор возмездного оказания услуг №22 от 09.04.2019 г. Шиели, 2019 г.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВР – выщелачивающий раствор

ГТС – геотехнологические скважины

ГРМ – Горнорудная масса

ПСВ – подземное скважинное выщелачивание

ПР – продуктивный раствор

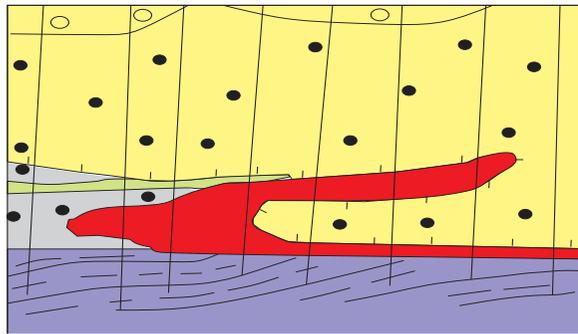
РВР – ремонтно-восстановительные работы.

ОВП – окислительно-восстановительный потенциал

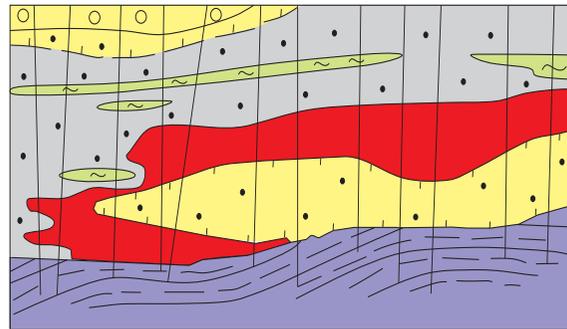
НИР – Научно-исследовательская работа

Ж/Т – Сокращение понятия «отношение количества (объема) жидкой фазы к количеству (объему) твердой фазы»

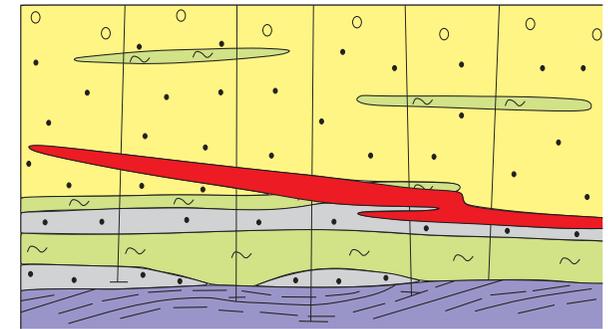
Приложение А



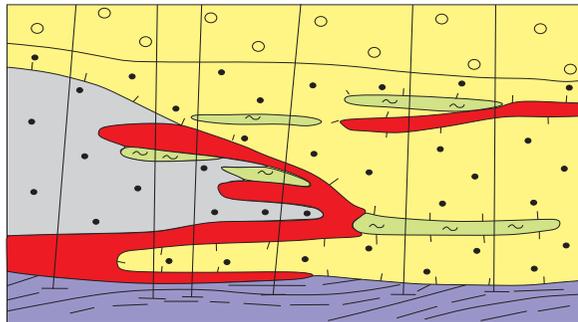
I



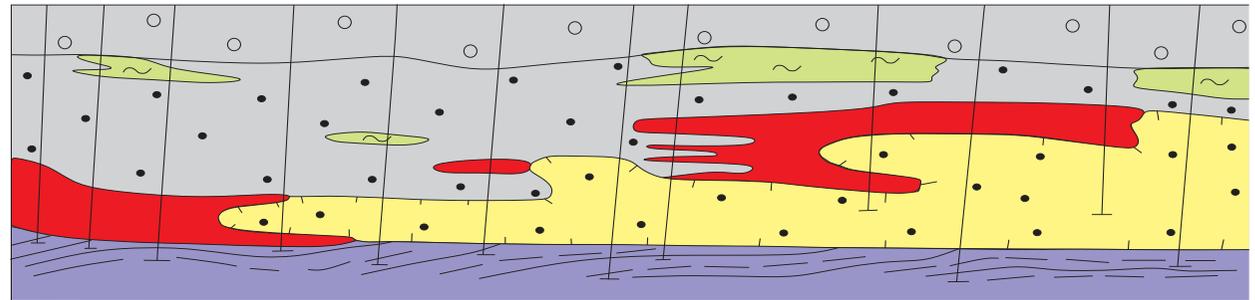
II



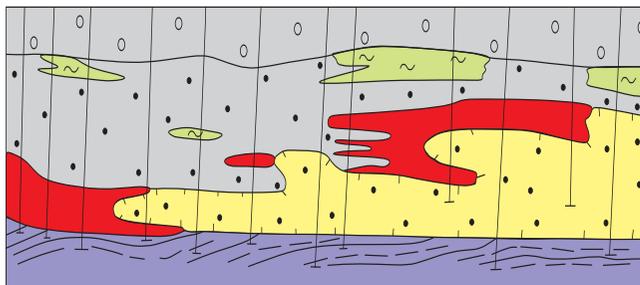
III



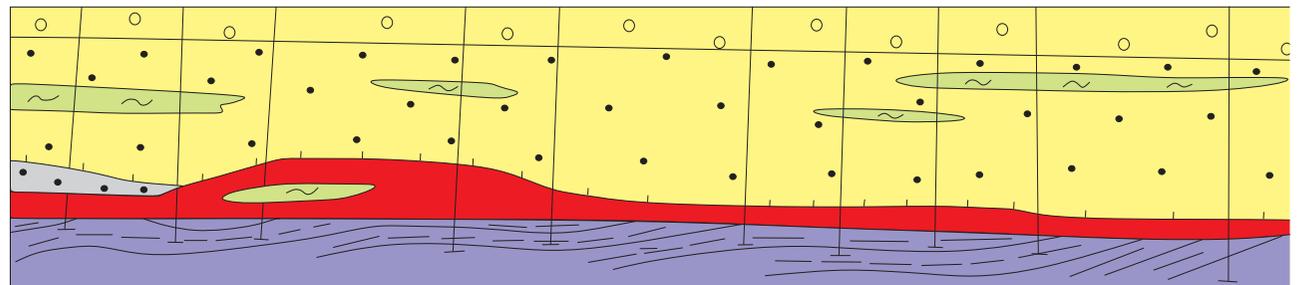
IV



V



VI



VII

Рисунок А.1- Основные морфологические типы рудных залежей месторождения Северный Карамурун

Продолжение. А.1-. Основные морфологические типы рудных залежей месторождения «Северный Карамурун»



Основные морфологические типы рудных залежей месторождения Карамурун:

1 - гравийно-песчаные отложения; 2 - пески; 3 - глины; 4 - верхнепалеозойские алевриты; 5 - окисленные отложения; 6 - серые, зеленовато-серые отложения; 7 - граница ЗПО; 8 - рудные тела; 9 - буровые скважины.

Морфологические типы залежей:

I - простой ролл с развитыми элементами (мешковой частью и обоими крыльями); II- простой ролл с удлинённой мешковой частью; IV - сложные тела типа «обращенных роллов» и «останцовые» рудные линзы; VI - сложные (сдвоенные и строенные по вертикали) ролл.; VII - рудные линзы, приуроченные к неокисленным отложениями в основании маастрихтского горизонта (в тылу роллов).

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На магистерскую диссертацию

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

Специальность “Геология и разведка твердых полезных ископаемых  
7М07218”

**Тема:** «Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын»

Целью диссертации является анализ и выработка путей повышения эффективности скважинной добычи урана на месторождении «Северный Карамурын». Задачами исследования являются: увеличение показателей по добыче на геотехнологическом полигоне; уменьшение удельных норм на добычу урана; уменьшение времени отработки технологических блоков.

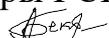
Диссертация состоит из Введения, четырех глав и заключения. Первая глава посвящена геологической характеристике месторождения, стратиграфии и литолого-геохимических особенностям, тектоники, гидрогеологическим условиям и др. Вторая глава охватывает вопрос геотехнологии скважиной добычи урана на месторождении «Северный Карамурын». Третья глава посвящена вопросу повышения эффективности скважиной добычи урана.

В данной магистерской диссертации магистрант Мәлік Әділет Сақыпназарұлы предложил усовершенствовать методы окислительной обработки залежей Карамурунского месторождения Северного Карамурунского участка с сложными геологическими условиями. В ходе работы магистранту была поставлена задача по совершенствованию методов исследования и добычи резких падений рудных тел в сложных геологических условиях Северо-Карамурунских месторождений.

Диссертационная работа магистрантом выполнялась на реальных производственных материалах рудника Карамурун. Личным вкладом автора является непосредственное участие в работе на руднике.

По содержанию, объему и структуре магистерская диссертация соответствует государственному образовательному стандарту. Магистерская диссертация выполнена самостоятельно на фактических производственных материалах, имеет большое практическое значение для внедрения его на производстве. Магистрант достойно выполнил все исследовательские работы, его диссертационная работа полностью соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям и предлагается научным руководителем к защите.

Научный руководитель  
Доктор PhD, ассоц.профессор  
кафедры ГСПиР МПИ



Бекботаева А.А.

«25» марта 2021 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

Магистерская диссертация

(наименование вида работ)

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

*(Ф. И. О. обучающегося)*

Геология и разведка твердых полезных ископаемых 7M07218

(наименование и шифр специальности)

**Тема:** «Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын»

Диссертационная работа Мәлік Әділет Сақыпназарұлы выполнена на актуальную тему и содержит уникальные результаты одновременно в двух областях. Решение практически важных задач по геологическому вскрытию, повышению степени добычи и фактическому использованию результатов исходных данных с помощью современных комплексных программ. Ближайшим результатом является возможность оперативной подготовки, эффективной обработки баз данных всей имеющейся геологической, геотехнологической, геофизической информации о месторождении. Актуальность темы диссертационной работы в теоретическом и практическом плане напрямую связана с необходимостью разработки эффективных методов решения важнейших для современной науки производственных задач.

В диссертационной работе магистранта сформулированы актуальность, объект, цель, подходы к исследованию, основная часть рабочего процесса, методика и выводы.

Благодаря произведенной работе повышается результативность процессов получения дополнительной достоверной информации для управления эффективной обработкой блока, снижения трудозатрат, повышения качества проектирования и снижения материальных затрат. Это позволяет компании сократить расходы и снизить себестоимость продукции.

Диссертация показывает, что студент хорошо владеет нормативными и методическими материалами, способен анализировать статистические данные и использовать полученную информацию в практических целях. Работа написана грамотным языком с использованием конкретных данных, специальной литературы, написана правильно, тема раскрыта полностью, есть рекомендации для практического применения. Наряду с положительными аспектами, изложенными в диссертации, следует отметить некоторые недостатки. Не полностью раскрывается подзаголовок об объемах продуктивных и выщелачивающих растворов. Однако обнаруженный недостаток не оказывает существенного влияния на качество исследований по данному вопросу.

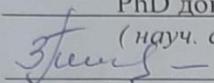
В целом, работа магистра соответствует требованиям и заслуживает оценки «отлично».

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева  
Магистерская диссертация Мәлік Әділет Сақыпназарұлы отвечает всем требованиям, выполнена на высоком профессиональном уровне с использованием новых комплексных программ и направлена на решение практически важных задач по реальному использованию результатов исходных данных. Я оцениваю работу на 93% (отлично). Автор диссертации заслуживает получения академической степени «магистр техники и технологии».

**РЕЦЕНЗЕНТ**

PhD доктор \_\_\_\_\_

(науч. степень, звание)



Умарбекова З.Т.

подпись

Ф.И.О.

«26» март 2021 ж.



ҚазҰПУ 704/22-Ү. Рецензия

## 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:** Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

**Название:** Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын».doc

**Координатор:** Алма Бекботаева

**Коэффициент подобия 1:** 6.6

**Коэффициент подобия 2:** 3.8

**Замена букв:** 2

**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:

Программой Антиплагиат не выявлено элемента плагиата. Допускаю к защите

25.03.2021

Дата  
руководителя



Подпись Научного

**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:** Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

**Название:** Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын».doc

**Координатор:** Алма Бекботаева

**Коэффициент подобия 1:** 6.6

**Коэффициент подобия 2:** 3.8

**Замена букв:** 2

**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:

Заимствование добросовестные, ссылки имеются.  
.....  
.....  
.....  
.....

25.03.2021



Дата  
кафедрой /

Подпись заведующего

начальника структурного подразделения

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

Диссертация допущена к защите

25.03.2021



Дата  
кафедрой /

Подпись заведующего

начальника структурного подразделения

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

обучающегося по образовательной программе профильной магистратуры «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	Способ интенсификации сернокислотного ПСВ урана с применением окислителей	Статья	Электронный научный журнал «Научно –практические исследования» №10-7 (33), 2020 г Секция: Химическая технология. Производство и процессы.	4 стр.	Научный рук. Б.Т. Алтайбаев – доктор PhD
2	Особенности литологического состава рудовмещающих пород и уранового оруденения на месторождении Карамурун	Статья	«ПРАКТИКА ГЕОЛОГОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ» Материалы V Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 105-летию Южного федерального университета Секция: Особенности методики геолоразведочных работ по материалам производственных практик.	6 стр.	Научный рук. Бекботаева А.А. доктор PhD, Ассоциированный профессор

«27» марта 2021 года

Автор  
Заверяю:

Директор ИГНГД

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ

Мәлік Ә.С.

Рысбеков К.Б.

Бекботаева А.А.

## ОТЗЫВ

### Производственного руководителя

Магистерская диссертация

(наименование вида работ)

Мәлік Әділет Сақыпназарұлы

*(Ф. И. О. обучающегося)*

Геология и разведка твердых полезных ископаемых 7М07218

(наименование и шифр специальности)

**Тема:** «Повышение эффективности скважинной добычи урана с применением окислителя в условиях месторождения «Северный Карамурын»

В последнее время, из-за интенсивной отработки запасов урана, стали вовлекать в отработку участки месторождений с неблагоприятными горно-геологическими условиями.

На участке «Северный Карамурун» месторождения «Карамурун» при подземном скважинном выщелачивании из-за низкой концентрации трехвалентного железа, содержание урана в продуктивном растворе несколько снизилось, что привело к увеличению срока отработки запасов урана технологических блоков и повышению себестоимости ПСВ.

Как известно, одним из путей повышения концентрации трехвалентного железа является применение окислителя. Существуют различные технологические решения по применению окислителей, которые отличаются дороговизной, требуют значительных трудовых затрат или ограниченные области их применения.

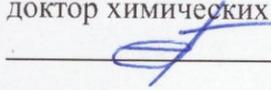
В данной магистерской диссертации магистрант Мәлік Әділет Сақыпназарұлы.. Предложил усовершенствовать методы окислительной обработки залежей Карамурунского месторождения, Северного Карамурунского участка с сложными геологическими условиями. В ходе работы магистранту была поставлена задача по совершенствованию методов исследования и добычи резких падений рудных тел в сложных геологических условиях Северо-Карамурунских месторождений.

В ходе выполнения магистерской диссертации Мәлік Әділет Сақыпназарұлы продемонстрировал достаточные знания о геологических, геотехнологических и геофизических материалах, производстве в целом. Он также показал, что может не только самостоятельно решать задачи руководителя, но и самостоятельно ставить задачи для выполнения магистерской работы.

В результате совершенствования вскрытия и переработки в сложных геологических условиях разработаны методические рекомендации. По экспериментальной работе по добыче руды в технологическом блоке №9 для более полной обработки ячеек с низкой степенью извлечения металла предложено применение дополнительного окислителя в исследуемых блоках.

Считаю, что магистерская диссертация Мәлік Әділет Сақыпназарұлы соответствует требованиям к выпускным квалификационным работам по дайному направлению» 7М07206 – Геология и разведка урановых месторождений " и заслуживает оценки 93% (отлично). Автор диссертации заслуживает получения академической степени» магистр техники и технологии".

Производственный руководитель:  
доктор химических наук, профессор

 Матаев М.М

« »\_ марта\_ 2021 г.