

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

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Абенов Уланбек Шахмаевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Название диссертации	«Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения АО СП Заречное»
Направление подготовки	6М070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Научный руководитель

Ведущий геолог

ТОО «Два Кей»,

канд.г.-м.н.

Сел В.Ю. Селезнева

«10» 12 2019 г.

Рецензент

Ведущий геофизик

ТОО «НИЦ «Геокен»,

Сам Н.З. Саманбетов

«10» 12 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук, лектор

Асу С.К. Асубаева

«09» 12 2019 г.



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ

К. ТУРЫСОВ

доктор PhD, ассоц. профессор

МУНАЙ АХМЕТ ТАУКЕН

ИНСТИТУТЫ А.А. Бекботаева

«10» 12 2019 г.

Алматы 2019

ОТЗЫВ

Научного руководителя на диссертационную работу
Тулеуова Нурбола Кендебаевича на тему:
**«Геолого-технологические особенности руд участка Западный
Мынкудук и их влияние на добычу»**

Актуальность темы автора диссертационной работы бесспорна. Месторождение Мынкудук, является типичным представителем урановых месторождений гидрогенного типа, слагающих Шу-Сарысуйскую и Сырдарьинскую урановорудные провинции Южного Казахстана. Отличительными особенностями месторождения являются геолого-гидрогеологические: приуроченность месторождения к наименее дислоцированной части пологого северо-восточного крыла Сарысуйской впадины (Сузакского прогиба), не испытавшей неотектонической активизации; региональный масштаб оруденения, не связанный с современными контурами Шу-Сарысуйской депрессии и окружающих ее поднятий, осложненность рудного поля системой локальных пологих поднятий (типа брахиантиклинали и «структурных носов»); его приуроченность к зонам пластового окисления (от регионального до внутрислоевого типа); формирование рудных залежей в трех обводненных кварц-полевошпатовых мелко- и среднезернистых песчаных горизонтах и чередующихся с ними гравелитистыми песками с обломками кварца, кремнистых пород, полевого шпата и монтмориллонита; низкие содержания урана (от 0.02 до 0.30 %), но при этом уникальные запасы легкорастворимых форм урана, что позволяет осваивать месторождение самым эффективным и экологически чистым способом подземного выщелачивания через систему скважин.

Автор диссертации, Тулеуов Нурбол Кендебаевич, не напрасно выбрал Западный участок месторождения Мынкудук, разделенного на три участка (Западный, Центральный и Южный) в силу их геологических особенностей и масштабов уранового оруденения. В его освоении Западного Мынкудук участвуют принимают участие как Казахстанская Национальная компания «Казатомпром», так и заинтересованные зарубежные инвесторы.

Цель диссертационной работы: Практика освоения месторождения показала, что несмотря на полученные в ходе детальной разведки данные, уже с самого начала освоения участка Западный Мынкудук, при проведении опытной, опытно-промышленной, а далее промышленной стадии добычи урана способом ПСВ, были установлены свои отличительные для Западного участка Мынкудук геологические особенности, которые влияют на технологию добычи урана. Автор диссертационной работы назвал их геотехнологическими, требующими более детального изучения геологических факторов месторождения, главными из которых являются: правильная оценка фактических параметров оруденения в разрезе и на плане; их зависимость от структурного положения, морфологических,

литогеохимических особенностей; выявление участков так называемых «висячих руд» с полным отсутствием нижнего водоупора; изучение вещественного состава рудных тел (роллов) и вмещающих их пород в пределах контуров подсчитанных запасов геологических и технологических блоков. Заблаговременное получение перечисленной информации позволит обеспечить выбор правильной схемы вскрытия запланированного к добыче участка рудного тела (с подбором эффективного радиуса рабочих ячеек), пробурить технологические скважин на продуктивный горизонт с учетом геологического разреза и его гидрогеологических свойств, выполнить контроль за их сооружением. Лишь при таком подходе можно добиться успеха в грамотном управлении процессом добычи урана по технологии подземного выщелачивания через систему скважин.

Безусловным является факт самостоятельной подготовки Тулеуовым Нурболом Кендебаевичем диссертационной работы, проработки для этого всех имеющихся литературных источников и материалов прошлых лет по месторождению Мынкудук. Кроме того, автором были собраны и проанализированы результаты опытных, опытно-технологических работ, а также данные по текущей добыче, что нашло свое отражение в главе геолого-технологические свойства руд.

Главным недостатком работы является не представительность графического материала (геологическая карта, разрез) и отсутствие такового по участкам опытно-промышленной и технологической добычи предприятия по примеру горно-подготовительных работ на действующем предприятии.

В целом, диссертация написана грамотно, с четким описанием каждого раздела, освещающего все необходимые геологические аспекты, однако не подчеркивающим личный вклад автора в данной работе. Автор достойно выполнил все научные и практические исследования, его диссертационная работа полностью соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям и предлагается научным руководителем к защите.

**Научный руководитель,
кандидат геолого-минералогических наук,
инженер-геолог ТОО «Два Кей»**

« 09 » 12 2019 г.



В.Ю. Селезнева

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию магистранта
(наименование вида работы)

Тулеев Нурбол Кендебевич
(Ф.И.О. обучающегося)

6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений/Геохимия
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Геолого- технологические особенности руд участка Западный Мынкудук и их влияние на добычу урана»

Выполнено:

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

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Целью магистерской диссертаций Тулеева Нурбола является выявление геологических факторов влияющих на эффективность ремонтно-восстановительных работ в условиях участка Западный Мынкудук в месторождения Мынкудук. В диссертаций рассмотрены причины снижения производительности откачных и закачных скважин, даны рекомендаций по прогнозированию РВР на вновь вводимых технологических блоках. Методом решения задачи было: сбор, обобщение и анализ технических условий сооружения скважин, геохимических параметров руд и рудовмещающих пород, состав продуктивных растворов, влияющих на эффективность РВР и производительность технологических скважин. Содержание работы полностью соответствует заданию. Существенных недостатков в работе не наблюдается

Оценка работы

Все отмеченное выше моменты характеризуют магистранту Тулееву Нурболу к присуждению ему степени магистра. Выполненная магистерская диссертация полностью отвечают всем требованиям, предъявляемым к работам подобного ранга. При его ответственному отношению к работе и не формальному подходу к любому порученному ему заданию, он со временем может стать хорошим геологом и заслуживает оценки – «90» баллов

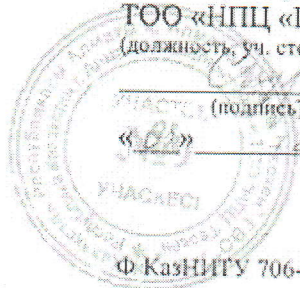
Рецензент

Заместитель начальник отдела
Геолого-геофизических и тематических исследований
ТОО «НПЦ «Геокен». г. Алматы
(должность, уч. степень, звание)

Саманбетов Н.З

Место (подпись)

«02» _____ 2019г.



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: Тулеуов Нурбол Кендебаевич

Название: диссер .doc

Координатор: Алма Бекботаева

Коэффициент подобия 1:3,5

Коэффициент подобия 2:1,1

Тревога:5

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:

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

Дата

09.12.2019

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допустить к защите

09.12.2019

Бабабогаев А.

Дата

Подпись заведующего кафедрой / ГСТР

начальника структурного подразделения

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: Тулеуов Нурбол Кендебаевич

Название: диссер .doc

Координатор: Алма Бекботаева

Коэффициент подобия 1: 3,5

Коэффициент подобия 2: 1,1

Тревога: 5

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 защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу 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:

.....

10.12.2019г.

Дата

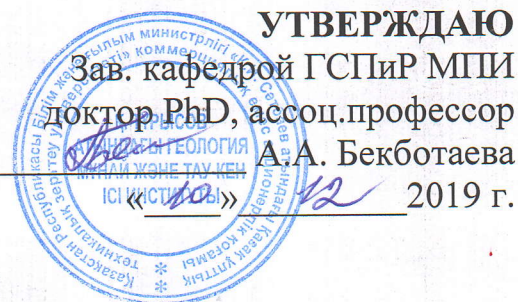


Подпись Научного руководителя

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

6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений/Геохимия



УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц. профессор
А.А. Бекботаева
2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Тулеуову Нурбол Кендебаевичу*

Тема магистерской диссертации «*Геолого-технологические особенности руд участка Западный Мынкудук и их влияние на добычу*»

Утверждена приказом по университету № 1700-м от "14" февраля 2019г

Срок сдачи законченной работы «30» 11 2019 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание

- а) *Геологическое строения участка Западный Мынкудук*
- б) *Геолого-технологические особенности руд*

Перечень графического материала:

1. *Геологическая карта месторождения Мынкудук*
2. *Геологический разрез месторождения Мынкудук*

Рекомендуемая основная литература:

1. Рабочий проект «Первый этап промышленной обработки участка Западный месторождения урана Мынкудук» 2011г.
2. Рогов Е.И. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.
3. Язиков В.Г. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с.
4. Инструкция по внутреннему, внешнему и арбитражному геологическому контролю качества анализов разведочных проб твердых и негорючих полезных ископаемых, выполняемых в лабораториях. Мингео СССР, НСАМ при ВИМСе. М., 1982.

5. «Рабочий проект на промышленную добычу урана на участке Западный месторождения Мынкудук на 2010-2016г.», разработчик ТОО «Два Кей», г. Алматы, 2009 г.

6. Контракт на проведение разведки и добычи урана на участке Западный месторождения Мынкудук, расположенном в ЮКО РК, рег. № 1797 от 8 июля 2005 года, согласован Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК.

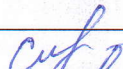
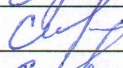
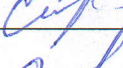
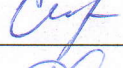

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Аналитический обзор		
Экспериментальная часть		
Заключение		

Подписи

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

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	В.Ю. Селезнева, канд.г.-м.н., ведущий геолог ТОО «Два Кей»	09.12.19c	
Аналитический обзор		09.12.19c	
Экспериментальная часть		09.12.19c	
Заключение		09.12.19c	
Нормо контролер	С.К.Асубаева, канд. геол.-минерал.наук, лектор	09.12.19c	

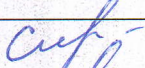
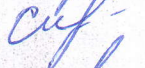
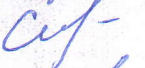
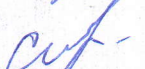


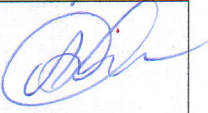
Научный руководитель  В.Ю. Селезнева

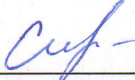
Задание принял к исполнению  Н.К. Тулеуов


Дата « 10 » 12 2019г.

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	Научный руководитель Ведущий геолог компании ТОО «Два Кей» В.Ю. Селезнева	1.11.2019	
Общие сведения района		5.11.2019	
Геологическая характеристика района		10.11.2019	
Геологические особенности месторождения		15.11.2019	
Геолого-технологические особенности руд		18.11.2019	
Заключение		26.11.2019	
Нормоконтролер	канд. геол.- минерал. наук, лектор С.К. Асубаева	09.12.2019	

Научный руководитель  /В.Ю.Селезнева/
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант  /Н.К. Тулеуов /
(подпись)

Дата « 10 » 12 2019 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

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Тулеев Нурбол Кендебаевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

«Геолого-технологические
особенности руд участка
Западный Мынкудук и их
влияние на добычу урана»
6М070600 «Геология и разведка

Направление подготовки
урановых месторождений/геохимия»

Научный руководитель

Ведущий геолог

ТОО «Два Кей»,

канд.г.-м.н.

_____ В.Ю. Селезнева

«__» _____ 2019 г.

Рецензент

Ведущий геофизик

ТОО «НПЦ «Геокен»,

_____ Н.З.Саманбетов

«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук,

лектор

_____ С.К.Асубаева

«__» _____ 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц.профессор

_____ А.А.

Бекботаева

«__» _____ 2019 г.

Алматы 2019

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

6M070600 – Геология и разведка урановых
месторождений/Геохимия

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц.профессор

А.А. Бекботаева

«_____» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Тулеуову Нурбол Кендебаевичу*

Тема магистерской диссертации *«Геолого-технологические особенности
руд участка Западный Мынкудук и их влияние на добычу урана»*

Утверждена приказом по университету № 1700-м от "14" февраля 2019г

Срок сдачи законченной работы « 30 » 11 2019 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов
или краткое содержание

а) Геологическое строения участка Западный Мынкудук

б) Геолого-технологические особенности руд

Перечень графического материала:

1. *Геологическая карта месторождения Мынкудук*

2. *Геологический разрез месторождения Мынкудук*

Рекомендуемая основная литература:

1. Рабочий проект «Первый этап промышленной отработки
участка Западный месторождения урана Мынкудук» 2011г.

2. Рогов Е.И. Справочник по геотехнологии урана. М.:
Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.

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

4. Инструкция по внутреннему, внешнему и арбитражному
геологическому контролю качества анализов разведочных проб твердых и
негорючих полезных ископаемых, выполняемых в лабораториях. Мингео
СССР, НСАМ при ВИМСе. М., 1982.

5. «Рабочий проект на промышленную добычу урана на участке Западный месторождения Мынкудук на 2010-2016г.», разработчик ТОО «Два Кей», г. Алматы, 2009 г.

6. Контракт на проведение разведки и добычи урана на участке Западный месторождения Мынкудук, расположенном в ЮКО РК, рег. № 1797 от 8 июля 2005 года, согласован Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Аналитический обзор		
Экспериментальная часть		
Заключение		

Подписи

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

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	В.Ю. Селезнева, канд.г.-м.н., ведущий геолог ТОО «Два Кей»		
Аналитический обзор			
Экспериментальная часть			
Заключение			
Нормоконтролер	С.К.Асубаева, канд. геол.-минерал.наук, лектор		

Научный руководитель _____ В.Ю. Селезнева

Задание принял к исполнению _____ Н.К. Тулеуов

Дата « ____ » _____ 2019г.

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	Научный руководитель канд.г.-м.н., ведущий геолог ТОО «Два Кей» В.Ю. Селезнева	1.11.2019	
Общие сведения района		5.11.2019	
Геологическая характеристика района		10.11.2019	
Геологические особенности месторождения		15.11.2019	
Геолого-технологические особенности руд		18.11.2019	
Заключение		26.11.2019	
Нормоконтролер	канд. геол.- минерал. наук, лектор С.К. Асубаева	09.12.2019	

Научный руководитель _____ /В.Ю.Селезнева/
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант _____ /Н.К. Тулеуов /
(подпись)

Дата « _____ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Территория Шу-Сарысуйской депрессии и район месторождения Мынкудук, в том числе, представляет собой крупную эпикаледонскую структурную впадину, характеризующуюся трехъярусным строением. В вертикальном разрезе выделяются следующие структурные этажи: нижний (складчатый каледонский фундамент), средний (промежуточный полуплатформенный или литифицированный осадочный слой) и верхний (мезозойско-кайнозойский платформенный чехол).

Плато характеризуется слаборасчлененным равнинным рельефом с абсолютными отметками 220-300 м, осложненным мелкими котловинами – такырами. Аллювиально-озерно-солончаковые равнины рек Сарысу и Шу, ограничивающие плато с запада и юга, характеризуются абсолютными отметками 120-160 м.

В диссертационной работе были рассмотрены процессы и проблемы при разработке гидrogenных урановых месторождений Республики Казахстан.

По результатам лабораторных исследований технологических проб, отобранных с участков Песчаный и Осенний, установлено, что руды всех литолого-фильтрационных типов легко выщелачиваются слабыми растворами серной кислоты. Степень извлечения урана достигает 90÷94 %.

АҢДАТПА

Шу-Сарысу депрессиясының аумағы мен Мыңқұдық кенорнының ауданы үш ярусты құрылыммен сипатталатын ірі эпикаледондық ойпатты құрылым болып табылады. Қимада келесідей құрылымдық этаждар бөлінеді: төменгі (қатпарлы каледондық іргетас), ортаңғы (аралық шөгінді кабат), жоғарғы (мезазой-кайназойлық платформалық тыс).

Тақта абсолюттік биіктіктері 220-300 м болатын аласа таулы жер бедерімен сипатталады. Сарысу және Шу өзендерінің аллювиальді-көлді-тұздықты жазықтары биіктігі 120-160 м болатын абсолюттік биіктіктерімен сипатталады.

Диссертациялық жұмыста Қазақстан Республикасының гидрогенді уран кен орындарын игеру процестері мен проблемалары қарастырылады.

Песчаный және Осенний участоктарынан алынған технологиялық сынамаларды зертханалық зерттеу нәтижелері бойынша кендердің литолого-фильтрациялық барлық типтері күкірт қышқылының аз қосындысында жеңіл сілтіленеді. Уранды алу деңгейі 90÷94 %-ға жетеді.

ANNOTATION

The territory of the Shu-Sarysu depression and the area of the Mynkuduk deposit, in particular, is a large epicaldonian structural depression characterized by a three-tier structure. The following structural floors are distinguished in a vertical section: the lower (folded Caledonian foundation), middle (intermediate half-platform or lithified sedimentary layer) and upper (Mesozoic-Cenozoic platform cover)

The plateau is characterized by a weakly divided flat terrain with absolute elevations of 220-300 m, complicated by small basins - takyr. The alluvial-lacustrine-solonchak plains of the Sarysu and Shu rivers, bordering a plateau from the west and south, are characterized by absolute elevations of 120-160 m.

The thesis examined processes and problems in the development of hydrogenic uranium deposits of the Republic of Kazakhstan. According to the results of laboratory studies of technological samples taken from the Peschany and Osenny sites, it was found that ores of all lithological-filtration types are easily leached with weak sulfuric acid solutions. The degree of uranium recovery reaches 90–94%

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1. Общие сведения района	13
1.1 Административная и физико-географическая характеристика района	13
1.2 Геологическая характеристика района	17
2. Геологическая характеристика месторождения	21
2.1 Геологические особенности месторождения	21
2.2. Структурно-текстурные особенности руды	24
2.3. Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности	25
3 Характеристика минерально-вещественного состава руд	31
4 Геофизическая изученность объекта	34
5 Лабораторные исследования по выщелачиванию урана	39
6 Геолого-технологические особенности руд	44
7 Краткая характеристика участков опытных и опытно-промышленных работ	46
7.1 Выбор геологических блоков для проведения полномасштабного натурного опыта ПСВ урана и опытно-промышленных работ	46
7.2 Геотехнологическая характеристика запасов	46
7.3 Основные результаты лабораторных исследований	49
8. Прогнозные расчеты основных геотехнологических параметров	54
8.1 Обоснование варианта вскрытия рудных тел	58
Заключение	58
Список использованной литературы	59
Приложений	

СОКРАЩЕНИЕ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ПСВ – подземное скважинное выщелачивание;
- ОПВ – опытно промышленное выщелачивание;
- РТ – рудное тело;
- ЗЛРТ – зона локализации рудного тела;
- ГРМ – горнорудная масса;
- ЗАДР – зона активного движения растворов;
- ФК – фильтровая колонна;
- ЗС – закачная скважина;
- ОС – откачная скважина;
- ВР – выщелачивающий раствор;
- ПР – продуктивный раствор;
- ТР – технологический раствор;
- РВР – ремонтно-восстановительные работы;
- V_{ϕ} – скорость фильтрации;
- K_{ϕ} – коэффициент фильтрации;
- ЗПО – зона пластового окисления;

ВВЕДЕНИЕ

Вся рассматриваемая территория относится к плато Бетпакдала. В геоморфологическом отношении площадь месторождения представляет плоскую, слабо всхолмленную равнину, полого наклоненную с северо-востока на юго-запад, местами осложненную плоскими впадинами, такырами и пологими возвышенностями. Абсолютные отметки поверхности меняются от 240-245 м на северо-востоке до 225 м - на юго-западе. Относительные превышения составляют 5-20 м.

Грунты верхнего слоя, изучавшиеся дудками и шурфами, относятся к отложениям неогена и палеогена, на которых местами в виде останцов залегают четвертичные образования – такыры, мощностью 0,5-1,4 м. Отложения плиоцена представлены мелкозернистыми, среднезернистыми и разнозернистыми с гравием песками.

Суглинистые и супесчаные грунты поверхностных отложений относятся к грунтам твердой консистенции, неводостойким с повышенной и высокой степенью коррозионной активности, сильно сжимаемые. Суглинки - не засоленные грунты, супеси - от засоленных до сильно засоленных грунтов.

Песчаные грунты по составу полевошпат - кварцевые. Среднезернистые и мелкозернистые пески характеризуются содержанием песчаной фракции до 90%, алеврито-глинистой (<0,05 мм) от 6 до 10%. В составе разнозернистых песков песчаного и гравийного материала до 90-92%, алеврито-глинистого до 8-10%.

По коэффициенту пористости первая группа песков относится к плотным, средней плотности и рыхлым, вторая группа – к плотным и средней плотности.

По степени коррозионной активности песчаные грунты обладают низкой, средней, повышенной и высокой коррозионной активностью.

Глубже 3м преобладают пески разнозернистого состава. Общая мощность отложений 8-22м.

Песчаные грунты обводнены, проницаемые, неустойчивые, неводостойкие, средней плотности. Глинистые грунты представляют собой массивные, плотные, водостойкие, водоупорные породы, относящиеся к классу устойчивых. Общая мощность отложений изменяется от 39 до 65м.

Целью работы является изучение геолого-технических особенностей руд участка Западный месторождения Мынкудык.

Задачи:

- рассмотреть и дать анализ геотехнологическим свойствам руд для проведения оптимального способа добычи урана;
- провести анализ и оценить схему вскрытия геопоя;
- дать рекомендации по применению рационального способа схемы вскрытия геопоя.

Предметом исследования является сложное гидрогенное месторождение урана – участок «Западный» месторождения «Мынкудук».

Личный вклад автора. Анализ геолого-технологических особенностей руд, литературных источников по теме исследования, сбор статистических данных, обработка данных и подведение результатов с выводами.

1 Общее сведения района

1.1 Административная и физико-географическая характеристика района

Орографически район представляет собой аккумулятивную равнину, образовавшуюся в неоген-четвертичное время, и относится к зоне пустынь.

Поверхность плато в районе работ представляет собой песчано-глинистую, полого наклонную к югу и юго-западу пустынную равнину, осложненную локальными горстовыми поднятиями палеозойского фундамента (Кыземшек), а также бессточными такырными и дефляционными котловинами, отдельными увалами (Кутантас, Тогускен), и скоплениями эоловых песчаных бугров. Абсолютные отметки меняются от 220 до 280 метров. Гидрографическая сеть непосредственно на территории района работ отсутствует. Здесь отмечается система мелких промоин Месторождение Мынкудук - расположено в юго-западной части плато Бетпак-Дала и по административному делению входит в Туркестанскую область Республики Казахстан, где оно охватывает близширотный участок рудоносных фронтов зоны пластового окисления (далее - ЗПО) на протяжении около 65 км. Рудоносная полоса месторождения тяготеет к юго-западному склону Уванасского вала, осложненному системой пологих антиклинальных поднятий.

Орографически район представляет собой аккумулятивную равнину, образовавшуюся в неоген-четвертичное время, и относится к зоне пустынь.

Поверхность плато в районе работ представляет собой песчано-глинистую, полого наклонную к югу и юго-западу пустынную равнину, осложненную локальными горстовыми поднятиями палеозойского фундамента (Кыземшек), а также бессточными такырными и дефляционными котловинами, отдельными увалами (Кутантас, Тогускен), и скоплениями эоловых песчаных бугров. Абсолютные отметки меняются от 220 до 280 метров. Гидрографическая сеть непосредственно на территории района работ отсутствует. Здесь отмечается система мелких промоин. Орографически район представляет собой аккумулятивную равнину, образовавшуюся в неоген-четвертичное время, и относится к зоне пустынь.

Поверхность плато в районе работ представляет собой песчано-глинистую, полого наклонную к югу и юго-западу пустынную равнину, осложненную локальными горстовыми поднятиями палеозойского фундамента (Кыземшек), а также бессточными такырными и дефляционными котловинами, отдельными увалами (Кутантас, Тогускен), и скоплениями эоловых песчаных бугров. Абсолютные отметки меняются

от 220 до 280 метров. Гидрографическая сеть непосредственно на территории района работ отсутствует. Здесь отмечается система мелких промоинвременных водотоков, базисом которых служат замкнутые бессточные котловины. Наиболее крупные водные артерии расположены за пределами пустыни, на западной окраине - низовья реки Сары-Су, на южной – реки Чу.

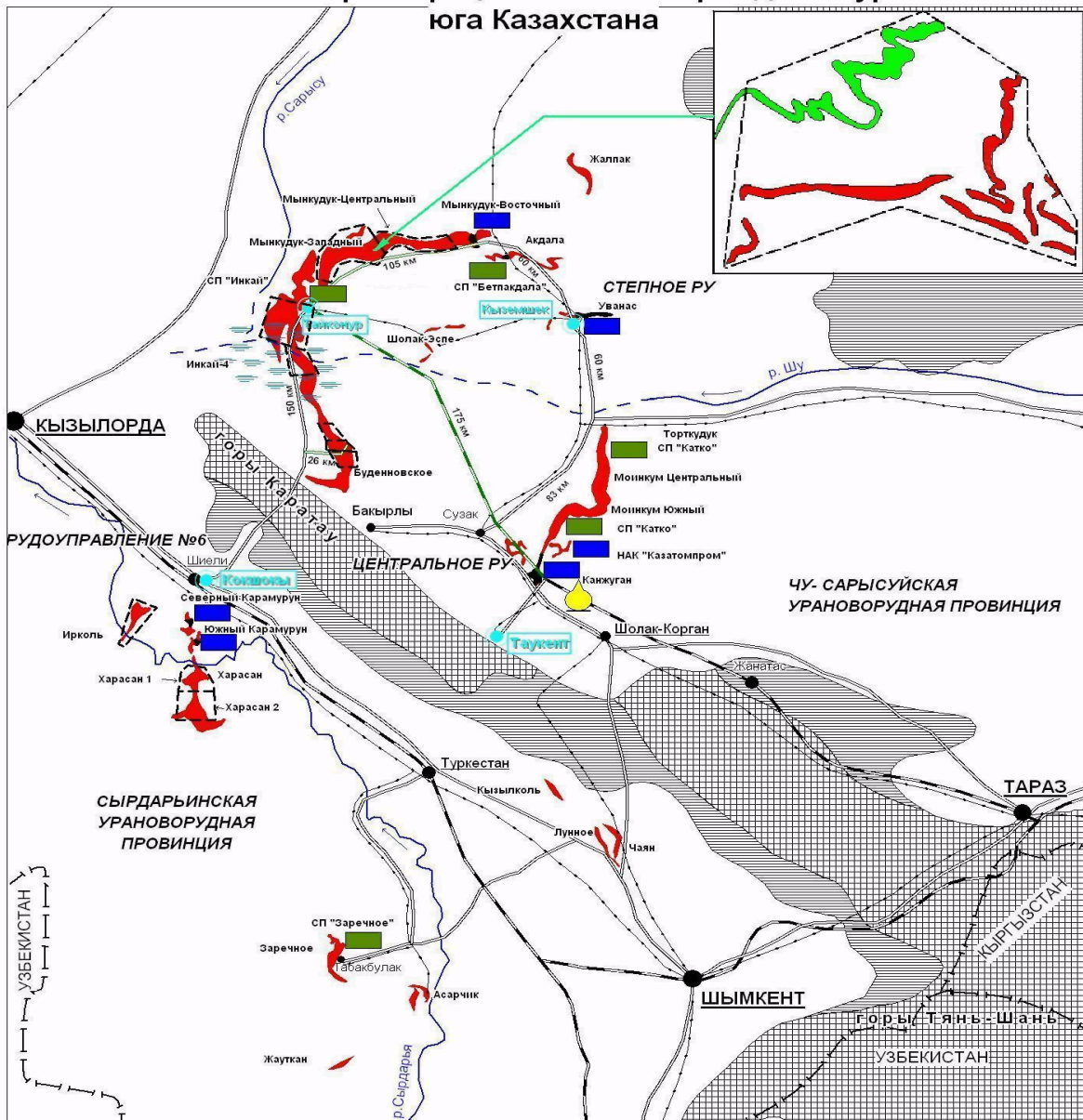
Климат пустыни резко континентальный, со значительными годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха, суровой зимой, жарким летом, короткой весной, малой облачностью, незначительным количеством осадков и сухим воздухом. Абсолютный максимум температуры наиболее жарких месяцев июня-июля +43 +46°C, абсолютный минимум –35 -37°C. Характерным явлением для района являются почти непрерывно дующие ветры. Преобладающее направление ветров восточное, северо-восточное, юго-западное.

Атмосферные осадки в этой части пустыни выпадают зимой в виде снега, а в весенне-осенний период в виде редких одиночных ливневых дождей.

Население, в основном, сконцентрировано в долине реки Чу и предгорьях хребта Каратау.

Месторождение открыто партией № 27 Волковской экспедиции в 1973 г. По каротажу добытого керна из первых буровых скважин, пройденных в зоне фронта окисления, было установлено всего лишь двухкратное превышение фона радиоактивности песчаных отложений в основании верхнемелового разреза[7]. Последующими детализационными скважинами было выявлено кондиционное оруденение. В ходе поисково-оценочных работ, проведенных в 1973—1975 г.г. на флангах-рудоносной полосы, определились значительные масштабы месторождения, которые были подтверждены сначала его предварительной, а с 1977 г. детальной разведкой. В 1977—1979 г.г. на Восточном участке месторождения

ОБЗОРНАЯ КАРТА пластово-инфильтрационных месторождений урана юга Казахстана



Условные обозначения:

<p>Рудники НАК "Казатомпром"</p> <p> Рудники совместных предприятий</p> <p></p> <p> - аффинажные заводы</p> <p> - планируемые места сооружения новых рудников</p>	<p> Рудные залежи</p> <p> Отработанные участки рудных залежей</p> <p>Канжуган Название месторождения или участка</p> <p> Автомобильные дороги с твердым покрытием: существующие</p> <p> проектируемые</p> <p> Железные дороги: существующие</p> <p> проектируемые</p> <p> Линии электропередач</p> <p>ТАРАЗ - областные центры;</p> <p>Шиели - районные центры;</p> <p>Сузак - другие населенные пункты.</p> <p>Таукент - базовые поселки НАК "Казатомпром"</p> <p> Государственная граница</p>
--	--

Рисунок 1.1 Обзорная карта ураноносной провинции (по материалам отчета АО «Волковгеология»).

совместно с комбинатом «Южполиметалл» были успешно проведены натурные опытные работы по подземному выщелачиванию урана, окончательно определившие промышленную значимость этого уникального объекта. В 1981 г. отчет с подсчетом запасов по месторождению был защищен с отличной оценкой. К настоящему времени детальная разведка месторождения завершена.

Открытие Мынкудукского месторождения в самом начале периода систематических поисковых работ стало возможным благодаря разработке и внедрению новой поисковой концепции, основанной на представлениях о приуроченности уранового оруденения к региональным «ролловым» фронтам пластового окисления, не связанным с современными контурами Чу-Сарысуйской депрессии и окружающих ее поднятий.

На месторождении пробурено около 2,5 млн. метров буровых скважин. Близширотные участки рудоносного фронта ЗПО в горизонтах мела разделяются несколькими резкими «изгибами» близмеридионального направления, которым соответствуют либо перерывы оруденения, либо контрастное изменение его морфологии. Указанные изгибы являются границами нескольких рудных участков, занимающих определенное структурное и стратиграфическое положение. В Мынкудукском горизонте локализовано оруденение участков Восточного, Лагерного, Центрального, Осеннего и Западного, в Инкудукском - Орталык и Песчанного, Жалпакском – Акдала. Выделенные участки могут рассматриваться как самостоятельные месторождения, причем некоторые из них (Восточный, Центральный, Акдала) – как крупные объекты.

Разработка месторождения методом ПВ через систему скважин оказывает несравнимо меньшее отрицательное воздействие на окружающую среду, особенно на поверхность земли. Отсутствуют оседание и нарушение земной поверхности, отвалы забалансовых руд и пустых пород, а также хвостохранилища. На всех переделах, включая вскрытие и подготовку рудных тел к отработке, отсутствует пылеобразование. Несоизмеримо сокращаются объёмы перерабатывающего производства за счёт исключения из технологической схемы громоздких операций рудоприёмки и рудоподготовки. Технологический процесс переработки продуктивных растворов является замкнутым циклом и не имеет сбросовых растворов, что минимизирует отходы производства и исключает строительство экологически опасных хвостохранилищ.

Пластово-инфильтрационные месторождения урана в Чу-Сарысуйской депрессии связаны с региональными зонами пластового окисления в водоносных горизонтах палеогена и мела соответственно.

Пластово-инфильтрационные месторождения урана в Чу-Сарысуйской депрессии связаны с региональными зонами пластового окисления в водоносных горизонтах палеогена и мела соответственно.

Месторождения располагаются на территории Чу-Сарысуйской депрессии в пределах одноименного артезианского бассейна.

Эксплуатация месторождения Мынкудук начата с 1987 года. На гидрогенных месторождениях урана, в т.ч. на месторождении Мынкудук применяется система отработки способом подземного скважинного выщелачивания с бурением технологических скважин с дневной поверхности. Добыча урана с получением готовой продукции предприятия (желтый кек, UO_2SO_4) осуществляется на месторождении Мынкудук рудником ПВ-19[4].

Вскрытие продуктивного горизонта производится бурением и сооружением технологических скважин с поверхности земли с обсадкой их полиэтиленовыми трубами с установкой фильтров в интервале продуктивного горизонта. Глубина скважин при эксплуатации месторождения Западный Мынкудук в среднем 330 метров. После прокачки скважин и достижения ими проектных параметров эксплуатации, скважины обвязываются трубопроводами для подачи в продуктивный пласт выщелачивающих растворов и отбора из пласта продуктивных растворов.

Последовательность вскрытия рудных тел, система бурения технологических скважин, графики развития работ, схема блокировки и залежей рудных тел показаны в проекте добычного полигона.

Подачу выщелачивающих растворов (ВР) в недра осуществляют свободным наливом через закачные скважины с концентрацией серной кислоты от 5 до 25г/л, в зависимости от степени отработки технологического блока. Различают три режима подачи серной кислоты: закисление – средняя концентрация 25г/л, активное выщелачивание – 8-12г/л и довыщелачивание – 5-6г/л. Расход серной кислоты определяется в основном свойствами минералов выщелачиваемых пород.

Отбор растворов из откачных скважин осуществляется с помощью погружных насосных установок.

Продуктивные растворы (ПР) по напорным коллекторам поступают при необходимости в промежуточные пескоотстойники, откуда насосами по магистральным трубопроводам перекачиваются в ёмкость продуктивных растворов технологического участка переработки продуктивных растворов.

1.2 Геологическая характеристика района

Перспективность Шу-Сарысуйской депрессии на обнаружение пластово-инфильтрационных месторождений урана подтвердилась в 1961-1964 г.г., когда ПГО «Волковгеология» начало планомерные поисковые работы на территории.

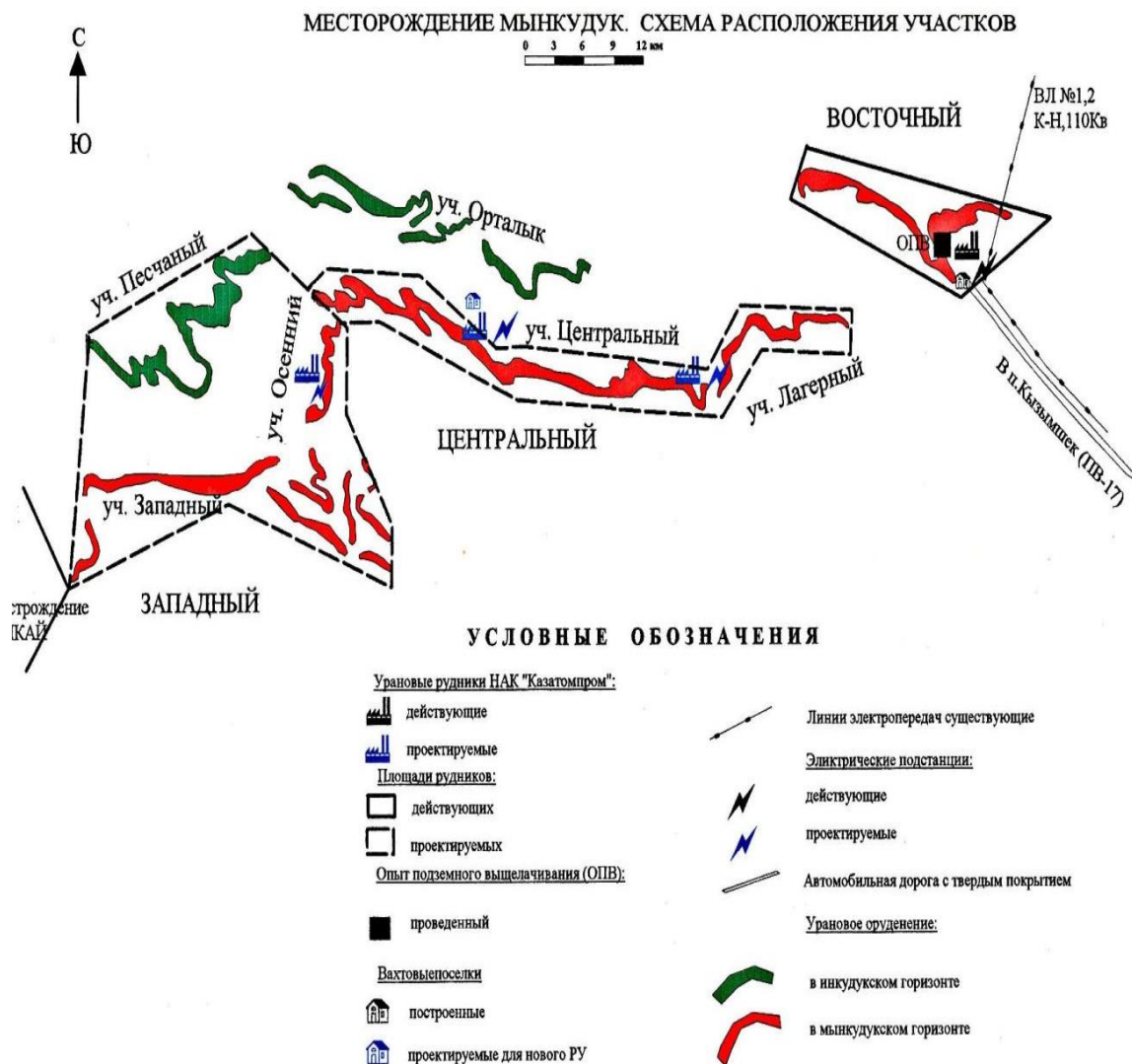


Рисунок 1.2 Картограмма расположения горного отвода месторождения «Мынкудук»

В результате проведенных работ были выявлены ряд рудопроявлений и месторождение Уванас. Однако, несмотря на масштабы оруденения, из-за высокой обводненности и низких содержаний месторождение было признано непригодным для традиционного способа отработки; дальнейшие поиски были прекращены.

Ключевую роль в возобновлении поисков сыграло внедрение технологии отработки залежей урана подземным скважинным выщелачиванием (ПСВ). После успешного проведения в 1969-1970 г.г. натурного опыта по ПСВ на м-нии Уванас, такой тип месторождений с бедными и убогими, глубокозалегающими, сильно обводненными рудами стал расцениваться как весьма рентабельный для отработки.

Уже с 1970 г. в этом районе были продолжены поисковые работы, рудопоявление Жалпак было переведено в разряд промышленных

месторождений, а в южной части депрессии было выявлено крупное месторождение Канжуган. Эти месторождения локализованы в палеогеновых отложениях, в относительной близости к палеозойским горстовым образованиям.

В результате анализа всех полученных материалов была выдвинута концепция о приуроченности урановых месторождений к региональным рудоносным «ролловым» фронтам пластового окисления, распространившихся далеко вглубь артезианских бассейнов от воздымавшихся между эоценом и миоценом неотектонических субплатформенных поднятий, в частности, Каратауского горстантиклинория.

Новые представления о древнем, допозднеплиоценовом, возрасте рудообразования и масштабе оруденения позволили пересмотреть поисковые критерии и методику поисковых работ, что и привело к выявлению крупнейшей урановорудной Шу-Сарысуйской провинции.

В дальнейшем выбор поисковых площадей и ориентировка сети разведочного бурения основывалась на результатах регионального картирования границ ЗПО, что и позволило в сжатые сроки открыть в поздне меловых отложениях месторождения Мынкудукской рудной полосы.

Месторождение Мынкудук выявлено в 1973 г. экспедицией № 27 ПГО «Волковгеология». В течение двух лет поисково-оценочными работами определились значительные масштабы месторождения. В 1976 г. начата предварительная оценка, а с 1977 г. – детальная разведка[2].

Одновременно экспедиция № 27 в 1974-1979 г.г. проводила поисковые работы на юго-западном продолжении Мынкудукской рудной полосы, которые привели к открытию крупных месторождений: 1976-1978 г.г. – Инкайского, а в 1979 г. – Будёновского.

Район месторождения Мынкудук приурочен к крупной структуре второго порядка – Шу-Сарысуйской впадине. Она расположена между Казахским щитом с севера и востока и Каратауским горстантиклинорием с юго-запада, а на юго-востоке отделена Уланбель-Таласской седловиной от Восточно-Моинкумского склона. Северная граница впадины не имеет четкого выражения. Она характеризуется весьма пологим, около 15', региональным погружением отложений чехла в юго-западном направлении, где выделяется Сузакский прогиб с общей мощностью чехла 800 м. Юго-западный борт прогиба, обращенный к Каратаускому антиклинорию, значительно круче северо-восточного, углы падения пород достигают здесь нескольких градусов, а в зоне Главного Каратауского разлома – нескольких десятков градусов.

Начало формирования Шу-Сарысуйской впадины относится к позднему мелу. В туронский век обширная площадь претерпевает медленное погружение, причем амплитуда опускания участков дифференцировано распространялась по блоково-пликативным

структурам. В континентальных условиях погружение Сузакского прогиба приводит к заложению обширной речной сети, ориентированной по оперяющим разломам северо-восточного направления. Формировались мелкообломочные речные осадки: пески, алевриты, глины с незначительным включением растительного детрита.

Сенонский период характеризуется пульсирующими, относительно резкими прогибами суши, с унаследованным развитием речной сети. В приносимом материале преобладают грубообломочные породы, которые формируют разнородные пески с гравием и галькой.

К концу кампан-маастрихта стабилизация в развитии участка приводит к формированию осадков преимущественно глинистого состава, которые, в основном, приурочены к верхней части горизонта.

В палеогене вся площадь района месторождения становится дном моря. В это время формируются глубоководные разности пород, преимущественно глины.

Региональная тектоническая обстановка района контролируется глубинными каледонскими разрывными нарушениями. Это Главный Каратауский, Аксумбинский, Жуантюбинский разломы северо-западного направления и их северо-восточные оперяющие ветви. В мезокайнозойском чехле унаследованы только Мынчукурский и Арандинский разломы. Их консидаментационная активность в течение мела, палеогена и миоцена отражается в изменении мощности отложений в разрезах разделяемых ими блоково-пликативных структур. Нарушения в чехле проявлены флексурами, затухающими вверх по разрезу.

В целом же рудовмещающие и перекрывающие их горизонты на месторождении залегают практически горизонтально.

Месторождение располагается в платформенной части Шу-Сарысуйской депрессии, за пределами зоны влияния структур Каратауского направления, поперечных по отношению к общей ориентировке фронта ЗПО. Этим в конечном итоге определяется несложная тектоническая структура месторождения Мынкудук, относительно простая и выдержанная морфология рудных залежей.

2. Геологическая характеристика месторождения

2.1 Геологические особенности

Мынкудукский рудный район, также как и остальная территория Чу-Сарысуйской депрессии, характеризуется трехъярусным строением. В его вертикальном разрезе выделяются:

а) складчатый фундамент, представленный дислоцированными протерозойскими и раннепалеозойскими образованиями;

б) промежуточный структурный этаж (ПСЭ) или литифицированный осадочный слой, образованный средне-познепалеозойскими формациями;

в) платформенный чехол, представленный мезозойско-кайнозойскими отложениями.

Складчатый фундамент ($PR_{1-2} - PZ_1$) на месторождении залегает на глубине 2-4 км (в отдельных тектонических блоках, взброшенных по зонам разломов, вскрывается буровыми скважинами под отложениями чехла, на глубинах 300-400 м). Кристаллические образования фундамента представлены двуслюдяными полевошпат-кварцевыми сланцами. Помимо этого, в составе складчатого фундамента распространены кембрийские (Є) и ранне-среднеордовикские (O_{1-2}) терригенные образования, прорванные раннепалеозойскими основными и ультраосновными интрузиями.

Промежуточный структурный этаж (ПСЭ) представлен комплексом слабодислоцированных субплатформенных осадочных формаций.

В основании разреза – фаменская (D_3fm) терригенно-галогенная красноцветная формация, которая повсеместно перекрывается отложениями раннекаменноугольной (C_{1v}) морской терригенно-карбонатной формации, в составе которой преобладают сероцветные известняки, песчаники, алевролиты и аргиллиты. Выше, с угловым несогласием, залегают континентальные отложения мощностью до 1500 м, которые подразделяются на две свиты: нижнюю – джесказганскую (C_{2-3dg}) и верхнюю – жиделисайскую (P_{1gd}). В составе обеих свит преобладают красноцветные осадочные отложения. Жиделисайская свита отделяется от джесказганской условно, по преобладанию в разрезе алевролитов и аргиллитов над песчаниками, гравелитами и конгломератами. Северо-восточнее Мынкудукского района, в Тесбулакской впадине, жиделисайская свита несогласно перекрывается сероцветными алевролитами, аргиллитами мергелями кингирской свиты (P_{1kn}).

Мезозойско-кайнозойский структурный этаж (платформенный чехол). Подразделяются на три комплекса: юрский – предплатформенный, мел-палеогеновый – платформенный, неоген – четвертичный – платформенно – суборогенный. Отложения юрского (I) предплатформенного комплекса на территории Мынкудукского района не установлены.

Мел–палеогеновый платформенный комплекс. Представлен континентальными терригенными отложениями позднего мела; континентальными и морскими образованиями палеоцена и эоцена.

Поздний мел - нижний палеоцен ($K_2-P_1^1$). Образования позднего мела несогласно залегают на размытой поверхности ПСЭ. В основании разреза, в понижениях, выделяют сохранившиеся от размыва реликты красноцветных плотных глин с включением гальки и гравия, с прослоями разнозернистых глинистых песков. Их мощность не превышает 10-15 м. Они условно (по аналогии с Кызылкумами) отнесены к сеноману (K_2sm).

Вышележащие позднемеловые – нижнепалеоценовые отложения подразделяются на три самостоятельных горизонта: мынкудукский (ранний турон) $K_2t_1(mk)$, инкудукский (поздний турон-сантон) $K_2t_2-st(in)$ и жалпак-бюртускенский (кампан-нижний палеоцен) $K_2km-P_1^1(gp+bt)$.

Мынкудукский горизонт. Является основным рудовмещающим горизонтом на месторождении Мынкудук. Представлен пачкой сероцветных и пестроцветных аллювиальных, реже озерно-аллювиальных отложений. Подразделяется на два подгоризонта: нижний – представленный стрежнево-русловыми гравийными песками, которым подчинены прослои гравия, нередко с галькой, песчаных глин и алевропеллитов; верхний – где преобладают мелко-среднезернистые зеленоватые пески, прослои зеленых и серых глин. Мощность горизонта возрастает с северо-востока на юго-запад от 20-40 м до 70-100 м. На участке работ колеблется в пределах 40-50 м.

Инкудукский горизонт. С размывом залегает на отложениях мынкудукского горизонта. Отличается грубозернистым составом и низкой степенью сортировки материала. В разрезе выделяют три цикла. Породы горизонта подвергнуты региональному «глеевому» восстановлению. Мощность горизонта от первых метров до 100-120 м, на участке работ – 40—45 м.

Жалпак-бюртускенский горизонт. С перерывом залегает на инкудукском горизонте. Подразделяется на два подгоризонта: жалпакский и бюртускенский. В составе нижнего жалпакского подгоризонта преобладают серые разнозернистые косослоистые полевошпат-кварцевые пески с примесью гравия, гальки. Нередко в них присутствует углефицированный детрит. Подчиненное значение занимают линзы и прослои серых и темно-серых глин с нечеткой слоистостью. Мощность подгоризонта 15-25 м. Верхний бюртускенский подгоризонт представлен преимущественно первично красноцветными, иногда горчишно-бурыми разнозернистыми и мелкозернистыми песками с прослоями пестроцветных глин и известковистых песчаников. Мощность подгоризонта – 20-40 м.

Палеоген ($P_1^2-P_2^3$). Представлены континентальными (палеоцен) и морскими (эоцен) образованиями. В разрезе палеогена выделены четыре горизонта (снизу вверх): уванасский (P_{1uv}), уюкский (P_2^1uk), иканский (P_2^2ik), интымакский (тасаранско-чеганский) (P_2^3it).

Уванасский горизонт. Распространен в юго-западной части Мынкудукского района. В северной и северо-восточной частях его отложения были эродированы перед трансгрессией интымакского (тасаранско-чеганского) моря. На месторождении «Мынкудук» (участок «Восточный») – эти отложения отсутствуют, на других участках месторождения вскрыты на глубинах 130-175 м. Представлен в нижней части сероцветными разнозернистыми песками с прослоями темно-серых гумусированных глин и алевролитов. В средней части горизонта преобладают осветленные среднезернистые пески, а в верхней – зеленые и пестроцветные глины. Мощность горизонта варьирует от первых метров до 70-80 м.

Уюкский горизонт. Отложения горизонта распространены в юго-западной части Мынкудукского района. Представлены, главным образом, глинами. В нижней части – морскими светло-коричневыми «шоколадными» глинами, в верхней части – серыми и зеленовато серыми глинами. На участке работ («Мынкудук – Восточный») отложения этого горизонта полностью эродированы.

Иканский горизонт. Распространен лишь в южной части района. По составу отложений (серовато-зеленые глины, иногда опоковидные) почти не отличаются от уюкского горизонта. Мощность достигает 40-50 м.

Интымакский (тасаранско-чеганский) горизонт. На северо-востоке района залегает на описанных выше отложениях с размывом и угловым несогласием. Здесь в составе горизонта появляются прибрежно-морские и подводно-дельтовые песчаные отложения. На остальной части района он представлен глинами зеленовато-серыми, серыми, голубовато-зелеными, прерывисто-слоистыми. Мощность изменяется от нескольких метров до 150 м. На участке работ мощность этих отложений достигает 45-50 м.

Неоген-четвертичный комплекс. Залегает на отложениях позднего эоцена с размывом и угловым несогласием. Выделяются два подкомплекса: платформенный миоцен-среднеплиоценовый и платформенный четвертичный.

Миоцен-среднеплиоценовый платформенный подкомплекс представлен бетпакдалинской и асказансорской свитами. Среди миоценовых отложений бетпакдалинской свиты (N_1^{1-3bt}) выделяются две пачки: нижняя, сложенная кирпично-красными и красно-бурыми слабоизвестковистыми глинами, розовыми и буровато-розовыми, обычно мелкозернистыми песками полимиктового состава и верхняя, представленная неоднородным литологическим составом пород (пески, гравий, глины, песчаники) с пестрыми окрасками грязно-желтых, бурых и палевых тонов, плохой окатанностью и сортировкой материала. Мощность миоценовых отложений в Сузакском прогибе достигает 180-200 м, а к северу уменьшается до полного выклинивания. Асказансорская свита (N_2^{1-2as}) представлена окисленными желтыми, ржаво-бурыми разнозернистыми кварцевыми песками с прослоями гравелитов, песчаников и глин.

Мощность отложений асказансорской свиты на плато Бетпак-Дала не превышает 10-20 м. Свита образована в условиях речной системы.

Четвертичный платформенный подкомплекс. Представлен всеми отделами. Его отложения образуют маломощный покров на плато Бетпак-Дала, выполняют долины рек Сарысу и Чу, сухих логов, такырные и солончаковые котловины. Среди них наибольшим распространением пользуются аллювиальные пески, супеси, суглинки, гравийники, золотые пески, алевриты, глины. Мощность отложений от долей метра до 10-20 м.

Месторождение приурочено к наименее дислоцированной части пологого северо-восточного крыла Сарысуйской впадины (Сузакского прогиба), не испытавшей неотектонической активизации. Характеризуется субгоризонтальным залеганием продуктивных горизонтов, очень полого, под гулами 12-15', погружающихся с северо-востока на юго-запад. Рудное поле осложнено системой локальных пологих поднятий типа брахиантиклиналей и «структурных носов». В восточной части – такие структуры сформировались в зоне северо-западного погружения древнего Тастинского поднятия, образуя приподнятый блок. Он отделяется от остальной части месторождения зоной Арандинского разлома, где перепад высотных отметок подошвы чехла на расстоянии 500 м по горизонтали достигает 70-75 м. Узким прогибом в зоне северо-западного Мынчукурского разлома приподнятый блок разделяется на две части. К северо-востоку от зоны разлома обособляется очень пологое, неправильной формы поднятие, где находится Восточный участок месторождения. Западнее, в клиновидном блоке между Мынчукурским и Арандинском разломами, располагается брахиантиклинальная структура Лагерная, к северной части которой приурочена зона рудной полосы одноименного рудного участка. На южном склоне приподнятого восточного блока размещается рудоносная полоса месторождения Акдала. Приподнятому блоку свойственно сокращение мощности всех горизонтов мелового разреза, что явилось отражением консидементационного характера развития отмеченных структур месторождения.

Похожие, но более погруженные структуры (вверх по разрезу они «затухают», выполаживаются) наблюдаются и на остальной части рудного поля: участок Осенний приурочен к поднятию в форме двух пологих «структурных носов», ориентированных в юго-западном направлении. На западном фланге месторождения откартирована антиклинальная структура Центральная близмеридиональной ориентировки, развивающаяся с позднего палеозоя.

Также консидементационно, воздействуя на характер осадконакопления в туроне и сеноне, развивались разрывные нарушения.

Блоково-пликативные и разрывные нарушения на месторождении являются платформенными консидементационными и, во всех случаях, дорудными.

2.2. Структурно-текстурные особенности руды

В песчаных и гравийно-песчаных породах уран накапливается в межзерновом поровом пространстве. При этом он концентрируется, главным образом, в сообщающихся порах глинисто-алевритового заполнителя, используя для осаждения поверхности обломочных зерен, как алевритовой, так и песчаной размерности. Подавляющая часть урана находится в легко извлекаемой форме. Руды имеют, главным образом, дисперсную и тонковкрапленную текстуру и интерстиционную структуру, редко в богатых рудах структура цементная или псевдоморфнофузеновая.

Совсем незначительная часть урана (доля процента) концентрируется в рудах в виде псевдоморфоз по обугленному растительному детриту, а также в кавернах, микротрещинах и микропорах песчаных и гравийных зерен и галек. Обугленный растительный детрит на м-нии Мынкудук является накопителем урана, хотя и не таким активным, как на месторождениях Торткудук, Канжуган, Уванас, Жалпак.

Незначительное участие углефицированных растительных остатков в накоплении урана следует рассматривать как благоприятный фактор с точки зрения обработки месторождения способом ПСВ.

В песчаных, гравийных зернах и в гальках полевошпат-кварцевых пелитизированных обеленных пород (фельзитов, микромагматитов, роговиков, песчаников, серицит-кремнистых сланцев, дацитов) доля урана ещё меньше.

2.3. Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности

Мынкудукский рудный район располагается в пределах Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, приуроченного к одноименной депрессии. В разрезе мезо-кайнозойского чехла выделяются два водоносных комплекса: комплекс грунтовых вод в неоген-четвертичных отложениях и комплекс артезианских и напорных вод в поздне меловых и палеоцен-эоценовых горизонтах.

Неоген-четвертичный комплекс грунтовых вод. Характеризуются пестрым составом подземных вод и широким диапазоном минерализации. На территории района преобладают слабо-солончатые, хлоридно-сульфатные натриевые воды, хотя и они под современными озерными котловинами нередко сильно минерализованы. Питание и гидродинамика комплекса грунтовых вод определяется поверхностными стоками.

Комплекс артезианских и напорных вод. Выделяется два подкомплекса: палеоцен-эоценовых и поздне меловых отложений, разделенных между собой относительно выдержанной пачкой алеврито-глинистых пород. Региональным нижним водоупором для

рудовмещающего водоносного комплекса меловых отложений являются палеозойские осадочные породы ПСЭ. Мынкудукский и инкудукский продуктивные горизонты выдержанными глинистыми водоупорами не разделяются, в то время как жалпакский горизонт обычно отделяется от нижележащих водоносных песков песчано-глинистыми или глинисто-гравийными прослоями. Палеогеновые водоносные горизонты, в отличие от меловых, разделяются выдержанными водоупорами. Региональным верхним водоупором для всего комплекса служат морские глины интымакского (тасаранско-чеганского) горизонта. Все воды комплекса являются напорными.

Месторождение Мынкудук расположено на высоком северо-восточном крыле Западно-Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, в зоне влияния, в основном, двух потоков: «чуйского» и «таласского». На площади месторождения в меловых горизонтах распространены воды – сульфатно-хлоридные натриевые с минерализацией 3,3-6,1 г/л. Основной рудовмещающий водоносный мынкудукский горизонт с вышележащим инкудукским горизонтом образуют единую пьезометрическую поверхность, которая устанавливается на отметках 60-80 м от поверхности земли с увеличением на запад. Направление движения подземных вод с юго-востока на северо-запад.

На месторождении комплекс представлен следующими водоносными горизонтами: водоносный горизонт грунтовых вод спорадического распространения в отложениях тогузкенской толщи (ранее выделялся как асказансорский горизонт); бетпакдалинский водоносный горизонт.

Характеризуется пестрым составом подземных вод и широким диапазоном общей минерализации. На территории месторождения преобладают слабо-солончатые, хлоридно-сульфидные натриевые воды. Питание и гидродинамика комплекса грунтовых вод определяется поверхностными стоками. Воды распространены спорадически или отсутствуют. Линзы грунтовых вод тогузкенской толщи, в основном, приурочены к участкам развития современных такыров, аккумулирующих атмосферные и талые воды, водоупором для этих вод служат линзы и прослой бурых глин в верхах бетпакдалинской свиты.

Бетпакдалинский водоносный горизонт, приуроченный к нижней части свиты, распространен на всей площади месторождения. Воды безнапорные или слабонапорные. Горизонт слабообводненный, проницаемость пород низкая. Питание осуществляется за счёт атмосферных осадков.

Грунтовые воды в неогеновых отложениях отделяются от комплекса напорных и артезианских вод меловых и палеогеновых горизонтов региональным верхним водоупором – интымакским (тасаранско-чеганским) горизонтом.

Интымакский водоносный горизонт пользуется незначительным площадным распространением к востоку от Арандинского разлома. Представлен тонко-мелкозернистыми песками с малой водообильностью и низкими фильтрационными свойствами, удельные дебиты составляют тысячные и десятые доли л/сек. Воды сильно солоноватые, сульфатно-хлоридно натриевые с минерализацией $4,5 \div 6,8$ г/дм³. Питание горизонта осуществляется за счёт подтока из водоносного комплекса меловых отложений.

Уванасский горизонт развит в центральной и западной части месторождения (западнее Арандинского разлома), на участке Западный его мощность измеряется первыми метрами. Обладает незначительными фильтрационными свойствами. По химическому составу воды сульфатно-хлоридные натриевые и магниевые-натриевые. Воды уванасского водоносного горизонта южнее и юго-западнее месторождения пресные, с минерализацией $0,5 \div 0,9$ г/дм³ смешанного состава. На площади, в результате гидравлической связи с верхнемеловым водоносным комплексом, воды сильно солоноватые.

Жалпакский водоносный горизонт по площади обладает неодинаковой проницаемостью и обводненностью. Глубина залегания водоносного горизонта возрастает с востока на запад от 108 до 179 м. В том же направлении возрастает и мощность проницаемых песков – от 39 до 79 м. Глубина залегания пьезометрического уровня составляет $62,7 \div 77,8$ м. Гидростатические напоры на кровлю горизонта достигают $36,8 \div 90$ м.

Дебиты скважин варьируют в пределах $1,1 \div 2,7$ л/сек при понижении уровня $6,2 \div 14,6$ м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,6 до 3,6 м/сут. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности составляют $179,2 \div 183,2$ м, уклон подземного потока – 0,00024, скорость фильтрации – 0,00005 м/сут, истинная скорость потока около 0,0017 м/сут, направление – с востока на запад и с юго-востока на северо-запад. Минерализация вод также изменяется с востока на запад от 6,0 до 3,9 г/л. Питание горизонта происходит из обрамляющих впадину палеозойских образований, где позднемеловые породы выходят на поверхность.

Инкудукский водоносный горизонт в пределах площади распространен повсеместно. Он занимает промежуточное положение в разрезе позднемелового водоносного комплекса.

Инкудукский водоносный горизонт гидравлически связан с мынкудукским и жалпакским водоносными горизонтами и имеет с ними практически близкие абсолютные отметки пьезометрических уровней, на некоторых участках эта связь затруднена, особенно с жалпакским горизонтом.

Глубина залегания пьезометрического уровня – 64,3÷92,1 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности – 187,4÷167,4 м. Общая мощность инкудукского горизонта – 70÷76 м, проницаемой части – 37,1÷64,9 м.

Скорость фильтрации подземного потока – 0,0021÷0,0033 м/сутки, уклон – 0,0002÷0,00031. Направление потока единое с направлением вод мынкудукского горизонта, т.е. с юго-востока на северо-запад. Проницаемость и водообильность инкудукского горизонта на разных участках различна и зависит от литологического состава пород, характера и количества порового заполнителя.

На залежи № 17 (участок Песчаный) инкудукский водоносный горизонт подразделяется на два подгоризонта – среднеинкудукский, вмещающий основные запасы урана, и нижнеинкудукский. Водоносные отложения представлены разно- и среднезернистыми песками, гравием и мелкозернистыми песками. Встречаются глинистые прослойки мощностью 1÷5 м. В кровле горизонта и его основании отсутствуют выдержанные водоупоры, но на значительной площади участка рудные залежи залегают на глинистых водоупорах мощностью 0,5÷6,0 м, являющихся местными водоупорами, что улучшает технологические свойства руд.

Среднеинкудукский водоносный подгоризонт. Глубина залегания пьезометрического уровня составляет 63,9÷69,0 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности колеблются от 165,9 до 166,7 м. Величина напора на кровлю подгоризонта составляет 180,8÷183,4 м, кровлю рудных тел 192,4÷212,2 м. Эффективная мощность подгоризонта – 28,9÷37,1 м.

Среднеинкудукский водоносный подгоризонт залежи характеризуется умеренной и высокой водообильностью и проницаемостью. Дебиты по скважинам варьируют в пределах 1,21÷7,16 л/сек, при понижении уровня в скважинах 7,52÷0,76 м, удельные дебиты – 0,68÷2,99 л/сек.

Гидрогеологические параметры: коэффициент фильтрации рудных отложений – 5,7÷40,9 м/сут (средний Кф для рудных песков 19,5 м/сут);

Кф среднеинкудукского подгоризонта – 6,1÷21,4 м/сут;
Кфинкудукского горизонта – 4,9÷27,4 м/сут; водопроницаемость подгоризонта – 320÷1524 м²/сут; коэффициент пьезопроводности – $5,3 \times 10^6$ м²/сут; приведенный радиус влияния – 4000÷5100 м.

Следует отметить, что более высокие значения Кф = 12,3÷40,9 м/сут, соответствуют грубозернистым осадкам и, наоборот, умеренные значения Кф, равные 5,7÷10,9 м/сут, соответствуют среднезернистым пескам.

Рудные залежи средне инкудукского подгоризонта подстилаются отложениями, слагающими кровлю нижнее инкудукского подгоризонта, где коэффициенты фильтрации втрое ниже, чем в рудных песках.

Приёмистость рудовмещающих отложений на залежи № 17 хорошая. При наливах зафиксирован расход воды $1,2 \div 2,4$ л/с ($4,3 \div 8,6$ м³/час) при повышении напора над статическим уровнем $3,9 \div 26,4$ м.

Нижнеинкудукский водоносный подгоризонт является безрудным, водовмещающие породы представлены средне- и мелкозернистыми песками. Среди проницаемых отложений встречаются глинистые прослойки мощностью $0,3 \div 1,0$ м, мощность проницаемых отложений – $28,1 \div 30,0$ м.

Подгоризонт характеризуется следующими параметрами: глубина залегания пьезометрического уровня – $64,4 \div 67,2$ м; абсолютные отметки пьезометрической поверхности – $165,9 \div 166,5$ м; величина напора на кровлю подгоризонта – $211,6 \div 216,8$ м; дебит – $1,18 \div 1,2$ л/с; понижение – $1,44 \div 5,03$ м; удельный дебит – $0,23 \div 0,83$ л/с; коэффициент фильтрации – $1,6 \div 8,2$ м/сут; водопроницаемость – $46 \div 246$ м²/сут.

Средняя приёмистость подгоризонта довольно низкая – $1,1$ л/с ($4,0$ м³/час) при повышении напора над статическим уровнем – $61,7$ м.

Химический состав подземных вод инкудукского водоносного горизонта залежи № 17 идентичен химическому составу вод, распространенному на других участках, – сульфатно-хлоридный натриевый. Минерализация вод изменяется от $4,6$ до $5,5$ г/л. Воды слабощелочные, с рН = $7,15 \div 7,7$ ед., общей жесткостью – $21,8 \div 26,9$ мг-экв и карбонатной – $2,55 \div 2,8$ мг-экв. Подземные воды обладают сульфатной агрессивностью по отношению к несulfатостойким цементам (содержание $SO_4^{2-} > 250$ мг/л), поэтому при обработке месторождения способом ПСВ скважинными системами необходимо применение цемента специальных марок.

Содержание урана в подземных водах зоны оруденения составляет $(1,6 \div 5) \times 10^{-5}$ г/л, радия – $(17,6 \div 49,6) \times 10^{-10}$ г/л. В зоне неокисленных пород содержание урана в водах – $(1,0 \div 9,8) \times 10^{-6}$ г/л, радия – $(1 \div 10) \times 10^{-12}$ г/л. Окислительно-восстановительный потенциал в зоне лимонитизированных песков изменяется в интервале положительных величин – $40 \div 200$ мВ. Заметные концентрации двух и трёхвалентного железа отсутствуют.

Мынкудукский водоносный горизонт является основным рудовмещающим горизонтом на месторождении. Он характеризуется повсеместным распространением и занимает нижнюю часть разреза поздне мелового комплекса, залегающего на палеозойских образованиях.

В мынкудукском горизонте выделяются два подгоризонта – верхний и нижний, в котором локализовано около 80 % запасов урана.

Нижний подгоризонт имеет более высокую проницаемость и водообильность.

Мощность проницаемых пород горизонта на участках Осенний и Западный составляет 39÷62 м.

Абсолютные отметки пьезометрической поверхности горизонта 172÷186 м. Скорость фильтрации – 0,00275 м/сут, при истинной скорости подземного потока 0,011 м/сут (4,4 м/год), уклон пьезометрической поверхности потока – 0,00025, в районе участка Западный – 0,00014. Напоры над кровлей рудных тел составляют 130÷310 м. Средний коэффициент фильтрации – 9,8 м/сут.

Подземные воды мынкудукского горизонта на месторождении относятся к сильно солоноватым и соленым. Химический состав их на всем протяжении рудоносной полосы идентичен – сульфатно-хлоридный натриевый. Реакция вод слабощелочная (рН = 7,5÷8,1 ед.). Общая минерализация – 3,3÷6,0 г/л, лишь на Западном участке и к югу от месторождения она снижается до 3,3÷4,1 г/л.

Содержание урана в воде изменяется в широких пределах, составляя в среднем в водах эпигенетически окисленных пород $(1,5÷2,1) \times 10^{-5}$ г/л, содержание свободного кислорода – 3,5÷10,2 мг/л, сероводород отсутствует. Двухвалентное железо отсутствует, содержание трехвалентного – до 2,0 мг/л.

В зоне оруденения содержание урана в подземных водах варьирует от $7,7 \times 10^{-6}$ до $1,0 \times 10^{-3}$ г/л, содержания радона Rn – 30÷80 эман, свободный кислород отсутствует, содержание сероводорода изменяется от 0 до 2,4 мг/л, окислительно-восстановительный потенциал Eh изменяется в пределах 50÷220 мВ, железо практически отсутствует. Температура подземных вод 14÷17°C.

В зоне неокисленных пород содержание урана в подземных водах уменьшается на 1÷2 порядка и изменяется в пределах $2,0 \times 10^{-6}$ ÷ $7,5 \times 10^{-7}$ г/л. Кислород и сероводород в водах отсутствуют, Eh характеризуется отрицательными значениями от –150 до –100 мВ, трёхвалентное железо содержится в количестве 0,1÷5,0 мг/л.

3. Характеристика минерально-вещественного состава руд

На месторождении Мынкудук оруденелыми являются все выделенные в рудоносных горизонтах лито-фациальные типы пород: около 60 % всего урана связано со среднезернистыми и мелкозернистыми песками и переходными между ними разновидностями; примерно 40 % – с разномзернистыми гравийными песками и песчаным гравием; только 0,5 % приходится на глинистые породы – глины, алевролиты, паттумы (технологически забалансовое оруденение).

Наиболее благоприятными для концентрации урановой минерализации являются первично восстановленные серые и зеленовато-серые отложения, содержащие углефицированный растительный детрит (первый геохимический тип) и эпигенетически восстановленные зеленовато-белесые породы (второй тип).

Обломочный материал, как в рудных, так и нерудных песчаных и гравийно-песчаных отложениях чаще всего плохо сортирован по крупности и представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками кремнистых и кислых вулканогенных пород, редкими чешуйками мусковита, биотита и фрагментами обугленной растительной органики. От суммы всех обломочных частиц кварц составляет в среднем 68÷72 % (при вариациях от 10 до 90 %). Он особенно характерен для мелко-среднезернистых разновидностей песков. Для песчано-гравийных отложений и для крупных (> 1 мм) классов разномзернистых песков характерно более высокое содержание обломков кремнистых пород разнообразного состава. Их количество варьирует в пределах 3÷60 % (в среднем около 20 %). Содержание зерен полевых шпатов, представленных микроклином и кислыми плагиоклазами, изменяется в пределах 7÷33 % (в среднем около 10 %) от суммы обломочного материала.

Обугленный растительный детрит встречается в виде мелких фрагментов высших растений: стеблей, листьев, коры, корней, которые представлены гелифицированной структурной (ксилен, ксиловитрен) и бесструктурной тканью. Клеточные полости структурных тканей выполняются глинистым веществом, пиритом, сфалеритом, урановыми минералами. В зоне окисления пиритизированные растительные остатки замещаются гидроокислами железа.

Акцессорные минералы, преимущественно входящие в состав тяжелой фракции класса 0,25÷0,1 мм, для всех типов песчаных пород одинаковы и составляют в среднем около 0,1 % от веса породы. Это лейкоксен, турмалин, ставролит, гранат, андалузит, дистен, эпидот, апатит, карбонатистый фторapatит, анатаз, циркон, сфен, рутил, глауконит, магнетит.

Поровым заполнителем или «цементом» в рудных и нерудных песчаных отложениях служит рыхлый глинисто-алевритовый материал полимиктового состава. Его среднее суммарное количество варьирует от 8 до 20 %. Преобладающий тип «цемента» – поровый, пленочный, крустификационный. Он представляет собой обломочный материал алевритовой размерности, связанный пористым агрегатом из тонкодисперсного кварца и глинистых минералов.

Глинистая составляющая (фракция <0,005 мм) порового заполнителя песчаных и песчано-гравийных руд не превышает 5÷9 %. Она представлена каолинитом, монтмориллонитом и гидрослюдами. Урановые руды от рудовмещающих пород, как правило, не отличаются, за исключением их относительно богатых разновидностей с видимой урановой минерализацией. Песчано-гравийные отложения, пески мелко-среднезернистые являются полевошпат-кварцевыми. Обломочный материал состоит из кварца (70-86 %, иногда до 92 %), полевых шпатов (7-18 %), обломков кремнистых пород, мусковита и биотита, углистого детрита, желваков песчаников с пиритовым, реже сидеритовым и баритовым цементом. Акцессорные минералы (в среднем 0.1 %): ильменит, лейкоксен, турмалин, ставролит, гранат, андалузит, циркон, дистен, апатит, в единичных знаках – рутил и сфен. Поровый заполнитель – рыхлый каолинит-монтмориллонитовый глинисто-алевролитовый материал (5-20 %), в котором значительное место принадлежит тонкодисперсному кварцу.

Условия локализации уранового оруденения и его качество в значительной мере определяются геохимическим типом пород:

Диagenетически восстановленные пески, глины, алевропелиты, содержащие углефицированные растительные остатки. Приурочены преимущественно к нижнему подгоризонту. Среднее содержание железа около 1 % (0.35-2.05 %), доля сульфидного железа, в среднем, равна 0.09 %. Содержание Сорг. меняется от 0.021 до 0.098 % (среднее – 0.04 %), CO₂ – 0.1-0.3 %. Наиболее благоприятны для уранонакопления.

Зеленые, зеленовато-серые, зеленовато-белесые диagenетически и эпигенетически восстановленные пески, глины, алевропелиты. Диagenетически восстановленные породы могут содержать тонкорассеянные остатки углефицированной органики. Эпигенетически восстановленные под воздействием глеевых процессов породы чаще более крупнозернистые и более проницаемые. В разрезе преобладают в составе верхнего подгоризонта. Мало благоприятны для уранонакопления.

Первично окисленные красноцветные и пестроцветные отложения, не подвергнутые эпигенетическому восстановлению. Среднее содержание железа около 4 % с преобладанием трехвалентной формы (свыше 2 %). Не благоприятны для уранонакопления.

Эпигенетически окисленные (главным образом проницаемые) породы.

По минеральному составу руды месторождения являются коффинит-настурановыми. В общем балансе настуран составляет 58 %, коффинит – 42 % (на участке Восточном – настуран - 50 %, коффинит – 50 %). Роль настурана увеличивается от Восточного участка (1:1) к Западному (5:2). Уран накапливается в межзерновом поровом пространстве рыхлого глинисто-аливритового заполнителя песчаных и гравийно-песчаных руд, образуя вместе с насыщающей поры водой единую, весьма неустойчивую систему. Очень малая доля урана (сотые доли процента) концентрируется в углистом растительном детрите. По содержанию урана преобладают бедные и убогие руды (0.02-0.10 %), реже рядовые (0.10-0.30 %). Руды месторождения силикатные, бескарбонатные (содержание CO_2 – десятые доли процента), редко слабо карбонатные (2-4 %), в виде локальных маломощных спорадически развитых линз. Низкое содержание Сорг. (обычно 0.04-0.05 %). Руды маложелезистые: среднее содержание валового железа обычно не более 1 % (при средней доле сульфидного – 0.07 %).

4. Геофизическая изученность объекта

При добыче урана методом ПВ геофизические исследования имеют ряд специфических особенностей, так как на различных этапах проведения работ решаются различные задачи различным комплексом геофизических методов.

На 1-ом этапе (сразу после бурения) геофизическими методами решаются следующие задачи:

- уточнение геологического разреза;
- оценка фильтрационных свойств пород, слагающих толщу;
- определение параметров рудного тела для подсчёта запасов;
- литологическое расчленение пород рудовмещающего горизонта;
- уточнение фильтрационных свойств пород рудовмещающего и других горизонтов.

На 2-ом этапе (подготовка скважин к эксплуатации) геофизическими методами решаются следующие задачи:

- оценка технического состояния скважин и определения целостности колонн, положения цементного кольца в затрубном пространстве, интервал установки фильтров и др.

На 3-ем этапе (в процессе эксплуатации скважин) основные задачи геофизических работ следующие:

- контроль за техническим состоянием скважин;
- контроль за растеканием рабочих растворов в плане и разрезе;
- контроль за ходом технологического процесса (оценка степени извлечения урана из недр, состояние Кр.р., перераспределения остаточного урана и др.)[9].

Эти задачи решаются инструментальными геофизическими методами, т.е. методами непосредственного наблюдения в скважине.

Для решения этих задач предусматривается проведение геофизических методов исследования.

На первом этапе (после проходки скважин):

- электрокаротаж КС, ПС;
- кавернометрия;
- инклинометрия;
- гамма-каротаж;

На втором этапе (подготовка скважин к эксплуатации):

- термокаротаж;
- токовый каротаж;
- расходомерия;
- индукционный каротаж;
- КНД-м (каротаж по мгновенным нейтронам деления);

На третьем этапе (в процессе эксплуатации скважин) по закачным, откачным, наблюдательным:

- токовый каротаж;

- индукционный каротаж;
- КНД-м (рудные интервалы).

Методика выполнения работ непосредственно на скважинах по каждому методу определяется соответствующими инструкциями и указаниями.

Настоящим Проектом предусматривается проведение геофизических исследований скважин (ГИС) для решения следующих задач:

- фациально-литологическое расчленение разреза;
- определение эффективной мощности проницаемых пород продуктивного горизонта;
- определение глубин залегания рудных тел;
- определение параметров уранового оруденения в рудных интервалах (мощность, массовая доля урана, стволовые линейные запасы);
- определение коэффициентов фильтрации рудовмещающего, надрудного и подрудного горизонтов;
- определение траектории ствола скважины;
- изучение конфигурации ствола скважины и определение истинного диаметра;
- определение целостности обсадных колонн из полиэтиленовых труб;
- определение интервала установки фильтра и контроль правильности его установки;
- контроль цементации и качества гидроизоляции рудовмещающего горизонта от вышележащих пород в затрубном пространстве;
- изучение динамики движения технологических растворов в разрезе и в плане блока;
- изучение динамики выщелачивания урана в процессе отработки полигона;
- определение путей растекания и потерь рабочих растворов по надпродуктивному горизонту;
- изучение динамики растекания растворов за контуры блока в процессе закисления, отработки и завершения процесса ПСВ;
- изучение профиля приемистости фильтра в процессе эксплуатации скважины и оценка расхода технологических растворов в местах нарушений обсадных колонн.

На первом этапе, после бурения «пилот-скважины», проводятся:

- гамма-каротаж одновременно с электрокаротажем в модификации КС, ПС для выделения рудного интервала, определения его параметров (мощности, содержания, стволовых запасов), литологического расчленения разреза, выделения фациальных разностей проницаемых пород продуктивного горизонта, определения границ верхнего, нижнего и промежуточных

водоупоров, оценки фильтрационных свойств пород рудовмещающего горизонта;

- каротаж методом мгновенных нейтронов деления (КНД) для определения параметров уранового оруденения и выделения радиевых ореолов в пределах рудной зоны (≈ 20 м) в наблюдательных скважинах;
- кавернометрия для определения среднего диаметра скважины и его изменения по стволу скважины, расчета поправок на поглощение гамма-излучения промывочной жидкостью при интерпретации результатов гамма-каротажа, выделения проницаемых и непроницаемых интервалов;
- инклинометрия для определения истинного положения ствола скважины.

На втором этапе после расширения скважины дополнительно проводятся:

- кавернометрия – для расчета необходимого количества цемента для цементации затрубного пространства;

После сооружения и установки обсадной колонны проводится следующий комплекс ГИС:

- токовый каротаж – выполняется дважды - сразу после обсадки для определения целостности обсадной колонны и после освоения скважины, для определения чистоты фильтров и повторной проверки целостности обсадной колонны;

индукционный каротаж проводится в целях определения электропроводности пород перед закислением;

термометрия для определения местоположения цементного кольца и оценки качества гидроизоляции затрубного пространства;

расходомерия проводится в 20% технологических скважин после освоения скважины для определения профиля приёмистости фильтров по фильтровой зоне (≈ 15 м).

токовый каротаж проводится во всех технологических скважинах не реже одного раза в полгода для определения целостности обсадной колонны;

индукционный каротаж проводится в технологических и наблюдательных скважинах через месяц в начале процесса отработки и раз в квартал в последующем, для контроля растекания технологических растворов по площади и за пределы водоупорного горизонта;

гамма-каротаж проводится периодически в наблюдательных скважинах для получения информации о перемещении радия при выщелачивании.

В период детальной разведки лабораторно-технологические испытания руд месторождения Мынкудук проводились различными организациями: технологической лабораторией Кировского ПГО, ЦАЛ

Краснохолмского ПГО, лабораторией п/я 1997 (ВНИИХТ), полевой лабораторией ГРЭ-27 ПГО «Волковгеология»[1].

Задачей этих исследований являлся выбор выщелачивающих реагентов и их оптимальных концентраций для извлечения урана из руд различных литолого-фильтрационных типов с целью выдачи исходных данных для проектирования процессов подземного выщелачивания на месторождении Мынкудук. Технологическим опробованием было охвачено все месторождение.

Лабораторные исследования проводились на рудах с нарушенной структурой при различных концентрациях выщелачивающего реагента. В качестве выщелачивающего реагента применялись растворы серной кислоты (5÷40 г/л) и бикарбоната аммония (3÷5 г/л), в качестве окислителя использовался персульфат аммония концентрацией 3,0 г/л

В таблице 3.2.1 приведены основные параметры выщелачивания урана из геотехнологических проб фильтрационным серноокислотным выщелачиванием, проведенного в лаборатории ГРЭ № 27 по двум участкам – Осеннему и Песчаному.

Таблица 4.1- Параметры извлечения урана в фильтрационных трубках

Наименование участка	Содержание урана	Ж : Т	Степень извлечения	Средневзвешенное содержание урана	Затраты серной кислоты, кг		Содержание CO ₂
					на 1 кг	на 1 т ГРМ	
Ед. изм.	%		%	мг/л	кг/кг	кг/т ГРМ	%
Осенний	0,0111÷0,1365 0,0352	1,1÷4,0 2,2	82,0÷99,0 90,0	20,0÷427,0 150,0	5,8÷148,6 66,6	4,2÷30,2 10,3	0,35
Песчаный	0,0112÷0,1007 0,0364	0,95÷3,8 1,5	80,0÷96,8 91,0	40,6÷358,5 165,2	4,7÷70,0 26,0	2,1÷7,7 4,4	0,1

- Результаты исследований показали, что высокая степень извлечения урана в раствор (90÷95 %) достигается при выщелачивании растворами серной кислоты разных концентраций. Использование в начальной стадии растворов с повышенной концентрацией кислоты (дифференцированная подача) существенно сокращает отношение Ж:Т, необходимое для закисления породы и, следовательно, продолжительность всего процесса, а также увеличивает средневзвешенное содержание урана в растворах. Интенсивность извлечения урана остается

достаточно высокой до степени извлечения 80 %, в дальнейшем отношение Ж:Т, удельный расход реагента, время процесса существенно увеличиваются, а содержание урана в продуктивных растворах значительно падает, тем самым ухудшая геотехнологические параметры процесса выщелачивания (табл. 3).

- Для сопоставления выщелачивания урана различными химическими реагентами проведены опыты с применением слабых растворов бикарбоната аммония и с применением окислителя.
- Извлечение урана раствором бикарбоната аммония с концентрацией 3,3 г/л достигает 80 %, с существенно худшими показателями:
- отношение Ж:Т = 5,2, средневзвешенное содержание урана – 30 мг/л, расход реагента порядка 4,0 кг/т. Применение в качестве окислителя персульфата аммония несколько улучшает процесс выщелачивания.
- По результатам лабораторных исследований технологических проб, отобранных с участков Песчаный и Осенний, установлено, что руды всех литолого-фильтрационных типов легко выщелачиваются слабыми растворами серной кислоты. Степень извлечения урана достигает 90÷94 %, средние удельные расходы реагента в пересчете на 1 кг извлеченного урана составляют 5÷150 кг/кг и на 1 т горнорудной массы 2÷30 кг/т ГРМ.
- Средневзвешенное содержание урана в продуктивных растворах – 150÷165 мг/л. При увеличении извлечения свыше 80 % резко ухудшаются все технологические показатели процесса. Оптимальная степень извлечения урана близка к 85 %, оптимальная концентрация серной кислоты на стадии закисления – 15÷20 г/л, на стадии активного выщелачивания необходимо применение растворов более низкой концентрации – 10 г/л и менее.

5. Лабораторные исследования по выщелачиванию урана

В период детальной разведки лабораторно-технологические испытания руд м-ния Мынкудук проводились различными организациями: технологической лабораторией Кировского ПГО, ЦАЛ Краснохолмского ПГО, лабораторией п/я 1997 (ВНИИХТ), полевой лабораторией ГРЭ-27 ПГО «Волковгеология»[3].

Задачей этих исследований являлся выбор выщелачивающих реагентов и их оптимальных концентраций для извлечения урана из руд различных литолого-фильтрационных типов с целью выдачи исходных данных для проектирования процессов подземного выщелачивания на м-нии Мынкудук. Технологическим опробованием было охвачено все месторождение.

Лабораторные исследования проводились на рудах с нарушенной структурой при различных концентрациях выщелачивающего реагента. В качестве выщелачивающего реагента применялись растворы серной кислоты (5÷40 г/л) и бикарбоната аммония (3÷5 г/л), в качестве окислителя использовался персульфат аммония концентрацией 3,0 г/л (табл. 1).

Таблица 5.1 Объемы ГИС по годам вскрытия запасов

Год	Сред. глубина скв.	Объём скважин		Виды и объёмы ГИС (скв./п.м.)								
	м			ГК	КС+ПС	ИН	КМ	ИК	ТК	ТМ	КНД-м	РХ
2013	360	СКВ	196	196	196	196	392	196	392	196	10	39
		П.М.	70560	70560	70560	70560	141120	70560	141120	70560	200	588
2014	360	СКВ	398	398	398	398	796	398	796	398	15	80
		П.М.	143280	143280	143280	143280	286560	143280	286560	143280	300	1194
2015	360	СКВ	367	367	367	367	734	367	734	367	16	73
		П.М.	132120	132120	132120	132120	264240	132120	264240	132120	320	1101
2016	360	СКВ	412	412	412	412	824	412	824	412	13	82
		П.М.	148320	148320	148320	148320	296640	148320	296640	148320	260	1236
2017	360	СКВ	441	441	441	441	882	441	882	441	17	88
		П.М.	158760	158760	158760	158760	317520	158760	317520	158760	340	1323
2018	360	СКВ	457	457	457	457	914	457	914	457	20	91
		П.М.	164520	164520	164520	164520	329040	164520	329040	164520	400	1371
2019	360	СКВ	437	437	437	437	874	437	874	437	15	87
		П.М.	157320	157320	157320	157320	314640	157320	314640	157320	300	1311
2020	360	СКВ	357	357	357	357	714	357	714	357	15	71
		П.М.	128520	128520	128520	128520	257040	128520	257040	128520	300	1071
2021	360	СКВ	454	454	454	454	908	454	908	454	20	91
		П.М.	163440	163440	163440	163440	326880	163440	326880	163440	400	1362
2022	360	СКВ	446	446	446	446	892	446	892	446	15	89
		П.М.	160560	160560	160560	160560	321120	160560	321120	160560	300	1338
2023	360	СКВ	454	454	454	454	908	454	908	454	13	91
		П.М.	163440	163440	163440	163440	326880	163440	326880	163440	260	1362
2024	360	СКВ	412	412	412	412	824	412	824	412	13	82
		П.М.	148320	148320	148320	148320	296640	148320	296640	148320	260	1236
2025	360	СКВ	452	452	452	452	904	452	904	452	10	90
		П.М.	162720	162720	162720	162720	325440	162720	325440	162720	200	1356
2026	360	СКВ	450	450	450	450	900	450	900	450	17	90
		П.М.	162000	162000	162000	162000	324000	162000	324000	162000	340	1350
2027	360	СКВ	431	431	431	431	862	431	862	431	15	86
		П.М.	155160	155160	155160	155160	310320	155160	310320	155160	300	1293
2028	360	СКВ	408	408	408	408	816	408	816	408	20	82
		П.М.	146880	146880	146880	146880	293760	146880	293760	146880	400	1224
2029	360	СКВ	426	426	426	426	852	426	852	426	18	85
		П.М.	153360	153360	153360	153360	306720	153360	306720	153360	360	1278
2030	360	СКВ	336	336	336	336	672	336	672	336	15	67
		П.М.	120960	120960	120960	120960	241920	120960	241920	120960	300	1008
2031	360	СКВ	270	270	270	270	540	270	540	270	10	54
		П.М.	97200	97200	97200	97200	194400	97200	194400	97200	200	810
2032	360	СКВ	287	287	287	287	574	287	574	287	12	57
		П.М.	103320	103320	103320	103320	206640	103320	206640	103320	240	861
Всего:		СКВ	7891	7891	7891	7891	15782	7891	15782	7891	299	1578.2
		П.М.	2840760	2840760	2840760	2840760	5681520	2840760	5681520	2840760	5980	23673

В таблице 5.2 приведены основные параметры выщелачивания урана из геотехнологических проб фильтрационным сернокислотным выщелачиванием, проведенного в лаборатории ГРЭ № 27 по двум участкам – Осеннему и Песчаному.

Таблица 5.2-Параметры извлечения урана в фильтрационных трубках

Наименование участка	Содержание урана	Ж : Т	Степень извлечения	Средне-взвешенное содержание урана	Затраты серной кислоты, кг		Содержание CO ₂
					на 1 кг	на 1 т ГРМ	
Ед. изм.	%		%	мг/л	кг/кг	кг/т ГРМ	%
Осенний	0,0111±0,1365 0,0352	1,1÷4,0 2,2	82,0÷99,0 90,0	20,0÷427,0 150,0	5,8÷148,6 66,6	4,2÷3 0,2 10,3	0,35
Песчаный	0,0112±0,1007 0,0364	0,95÷3,8 1,5	80,0÷96,8 91,0	40,6÷358,5 165,2	4,7÷70,0 26,0	2,1÷7,7 4,4	0,1

Результаты геотехнологических исследований показали, что высокая степень извлечения урана в раствор (90÷95 %) достигается при выщелачивании растворами серной кислоты разных концентраций. Использование в начальной стадии растворов с повышенной концентрацией кислоты (дифференцированная подача) существенно сокращает отношение Ж:Т, необходимое для закисления породы и, следовательно, продолжительность всего процесса, а также увеличивает средневзвешенное содержание урана в растворах. Интенсивность извлечения урана остается достаточно высокой до степени извлечения 80 %, в дальнейшем отношение Ж:Т, удельный расход реагента, время процесса существенно увеличиваются, а содержание урана в продуктивных растворах значительно падает, тем самым ухудшая геотехнологические параметры процесса выщелачивания.

Для сопоставления выщелачивания урана различными химическими реагентами проведены опыты с применением слабых растворов бикарбоната аммония и с применением окислителя.

Извлечение урана раствором бикарбоната аммония с концентрацией 3,3 г/л достигает 80 %, с существенно худшими показателями:

отношение Ж:Т = 5,2, средневзвешенное содержание урана – 30 мг/л, расход реагента порядка 4,0 кг/т. Применение в качестве окислителя персульфата аммония несколько улучшает процесс выщелачивания.

По результатам лабораторных исследований технологических проб, отобранных с участков Песчаный и Осенний, установлено, что

руды всех литолого-фильтрационных типов легко выщелачиваются слабыми растворами серной кислоты. Степень извлечения урана достигает 90÷94 %, средние удельные расходы реагента в пересчете на 1 кг извлеченного урана составляют 5÷150 кг/кг и на 1 т горнорудной массы 2÷30 кг/т ГРМ.

Средневзвешенное содержание урана в продуктивных растворах – 150÷165 мг/л. При увеличении извлечения свыше 80 % резко ухудшаются все технологические показатели процесса. Оптимальная степень извлечения урана близка к 85 %, оптимальная концентрация серной кислоты на стадии закисления – 15÷20 г/л, на стадии активного выщелачивания необходимо применение растворов более низкой концентрации – 10 г/л и менее.

Таблиц 5.3. Основные результаты лабораторных геотехнологических исследований.

Номер технологической пробы Залежь	Выщелачивающий реагент	Концентрация выщелачивающего реагента	Ж : Т	Средне - взвешенное содержание урана	Затраты кислоты на 1 т ГРМ	Степень извлечения	Ж : Т	Средневзвешенное содержание урана	Затраты кислоты на 1 т ГРМ
Един. изм.		г/л		мг/л	кг/т ГРМ	%		мг/л	кг/т ГРМ
			Степень извлечения 80 %			В конце опыта			
L –XIII (тк-горизонт) Залежь № 14 (C = 0,048 %)	H ₂ SO ₄	5,0	1,85	166	11,0	93,2	3,3	126	12,9
		10,0	1,1	320	12,2	94,0	3,2	146	15,2
		19,9	0,77	445	10,5	93,9	3,0	144	19,4
		40,5	0,42	800	9,4	93,7	2,8	158	20,2
L –XXI (ip-горизонт) Залежь № 17 (уч. Песчаный) (C = 0,018 %)	H ₂ SO ₄	2,6	0,88	155	1,85	91,4	3,0	50	2,7
		5,1	0,50	272	2,35	94,8	2,2	72	4,2
		10,1	0,36	396	2,55	97,2	2,0	87	4,7
		21,0	0,28	571	3,33	96,8	2,2	78	7,8
		40,0	0,32	425	4,0	94,0	2,0	77	6,3
	NH ₄ HCO ₃ + (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	3,3	4,75	32	3,25	81,2	5,2	30	4,0
		3,4+3,0	1,06	121	1,3	93,8	4,6	32	4,7

6. Геолого-технологические особенности руд

Содержание урана в рудах участка Западный месторождения Мынкудук колеблется от 0,02 до 0,3 %. При этом рудные залежи, за счёт их значительной мощности, характеризуются средней удельной продуктивностью, достигающей по многим блокам 5 кг/м².

Руды являются силикатными. Средний минералогический состав проницаемых руд мынкудукского горизонта в зависимости от литолого-фильтрационного типа пород следующий:

- нерастворимые минералы – 86,2÷91,2 %, в основном представлены кварцем и обломками кремнистых пород;
- труднорастворимые минералы – от 7,5 до 13,5 % (с увеличением для средне- и мелкозернистых песков), в основном полевые шпаты и монтмориллонит;
- растворимые минералы – 0,2÷0,4 %.

Таким образом, в составе отложений рудовмещающих горизонтов участка Западный месторождения Мынкудук резко преобладают устойчивые минералы, что обуславливает низкую кислотоёмкость руд и рудовмещающих пород.

Карбонатность руд и рудовмещающих пород не превышает в среднем по месторождению 0,16 %. Маломощные линзы слабокарбонатных пород, в основном песчаников с известковистым цементом, с содержанием CO₂ от 2 до 4 %, встречаются в рудоносных горизонтах спорадически.

Руды и рудовмещающие отложения характеризуются низкими содержаниями органического углерода, существенно влияющего на кислотоёмкость пород. Среднее содержание C_{орг.} песчаных и песчано-гравийных руд по всем залежам составляет сотые доли процента – 0,02÷0,08 %.

Руды Мынкудукского месторождения являются маложелезистыми, среднее содержание валового железа, как правило, не превышает 1 %. Содержание сульфидного железа, представляющего при отработке руд способом ПСВ полезную примесь, низкое, обычно не выше 0,1 %.

Руды месторождения монометалльные. Концентраций каких-либо элементов, превышающих установленные минимально-промышленные значения, не выявлено. Наиболее устойчиво сопутствующим урану компонентом является селен.

По минералогическому составу руды месторождения являются коффинит-настурановыми. В общем балансе урановых минералов по месторождению настуран составляет 66 %, коффинит – 34 %. Минералы урана дисперсно распределены в поровом алевроито-глинистом заполнителе рудных песков и в рыхлом обугленном детрите, являются лиофобными, обратимыми коллоидами, имеющими микронные размеры, легко дезинтегрируются и растворяются.

Определенное влияние на качество и технологичность руд оказывают такие показатели как положение рудных залежей по отношению к региональному нижнему водоупору и относительная величина проницаемости руд и рудовмещающих отложений.

Руды всех залежей характеризуются, в целом, однообразным литолого-гранулометрическим составом и высокой средней проницаемостью пород на всем протяжении месторождения, причем, в основном, рудные породы несколько более проницаемы, чем подстилающие. Проницаемость пород надрудного слоя почти повсеместно меньше проницаемости пород рудного слоя. Средняя величина коэффициента фильтрации в рудной залежи 14 составляет 9,5 м/сут.

Для оруденения залежи 17 участка Песчаный характерно увеличение суммы гравийных и грубых песчаных частиц и низкое среднее содержание среднезернистого класса. Соответственно, и средний коэффициент фильтрации рудных отложений инкудукского горизонта на залежи выше – 19,5 м/сут. Коэффициент фильтрации нижележащих пород значительно меньше – до 8 м/сут.

В мынкудукском горизонте на залежи 14 участка Осенний порядка 69 % руд расположено на региональном водоупоре (в пределах 0÷3 м) и только 18 % из них находятся на расстоянии от водоупора, превышающем 10 м.

Для залежи 17 участка Песчаный, локализованной в инкудукском горизонте, по положению в разрезе относительно нижнего водоупора, 46 % руд расположены на расстоянии до 3 м, 21 % от 3 до 10 м и только третья часть рудных тел находится на расстоянии более 10 м от нижнего водоупора.

Приведённые геолого-гидрогеологические показатели рудных залежей участка Западный месторождения Мынкудук характеризуют их как вполне благоприятные для отработки способом ПСВ.

7. Краткая характеристика участков опытных и опытно-промышленных работ

Участок Западный месторождения Мынкудук является крупным объектом со значительным количеством запасов и ресурсов урана. Он характеризуется разбросанностью залежей по площади участка на достаточно больших расстояниях между собой и расположением урановых руд в двух горизонтах – инкудукском и мынкудукском.

7.1 Выбор геологических блоков для проведения полномасштабного натурального опыта ПСВ урана и опытно-промышленных работ

Проведение полномасштабного натурального опыта по ПСВ урана предусмотрено на инкудукском горизонте залежи 17 участка Песчаный.

Наиболее перспективной для проведения работ является площадь, расположенная в районе разведочных профилей ПР 1240 и ПР 1244, которая в ходе разведочного бурения была детально изучена по сети 200-50 м.

Выбранный участок в целом характерен для всей залежи 17. Он имеет достаточно сложное геологическое строение, рудные тела геологических блоков № 17-152С₁ и № 17-153С₁ расположены на глубинах от 260 м до 290 м, частично они разделены водоупорами.

Таблица 7.1-Характеристика геологических блоков залежи 17 участка Песчаный

Геологический блок	S	m	c	mc	K _ф	m _У	Запасы
	тыс. м ²	м	%	м%	м/сут.	кг/м ²	т
17-152С ₁	257	9,46	0,024	0,2270	17,5	3,86	841
17-153С ₁	212	7,45	0,028	0,2086	24,1	3,50	724

Участок работ имеет достаточно высокую для залежи среднюю продуктивность – $3,50 \div 3,86$ кг/м², что при организации полигона скважин ОПВ позволяет вскрыть необходимое для опыта количество запасов при относительно небольших объёмах бурения.

Опытно-промышленные работы проводятся на мынкудукском горизонте залежи 14 участка Осенний[17].

Наиболее перспективным для начала работ выбран геологический блок № 14-122С₁, расположенный в южной части залежи на относительно небольшом расстоянии от пром. площадки рудника – около 2 км.

Геологический блок № 14-122С₁ в целом характерен для залежи 14, хотя и имеет несколько повышенные мощность рудных тел и продуктивность.

Таблица 7.2-Характеристика геологических блоков залежи 14 участка Осенний

Геологический блок	S	m	c	mc	K _ф	m _U	Запасы
	тыс. м ²	м	%	м%	м/сут.	кг/м ²	т
14-122C ₁	196	12,42	0,034	0,4223	10,3	7,18	1 407
14-123C ₁	105	5,28	0,021	0,1109	15,1	1,89	184

Обзорный план участка Западный месторождения Мынкудук показан на рисунке 1.1.

Планы блокировки запасов представлены:

- на участке Песчаный – на рисунке 1.2;
- на южном фланге участка Осенний – на рисунке 1.3.

7.2 Геотехнологическая характеристика запасов

Содержание урана в рудах участка Западный месторождения Мынкудук колеблется от 0,02 % до 0,3 %. При этом рудные залежи, за счёт их значительной мощности, характеризуются средней удельной продуктивностью, достигающей по многим блокам 5 кг/м².

Руды являются силикатными. Средний минералогический состав проницаемых руд мынкудукского горизонта в зависимости от литолого-фильтрационного типа пород следующий:

- нерастворимые минералы – 86,2-91,2 %, в основном представлены кварцем и обломками кремнистых пород;
- труднорастворимые минералы – от 7,5 % до 13,5 % (с увеличением для средне- и мелкозернистых песков), в основном полевые шпаты и монтмориллонит;
- растворимые минералы – 0,2-0,4 %.

Таким образом, в составе отложений рудовмещающих горизонтов участка Западный месторождения Мынкудук резко преобладают устойчивые минералы, что обуславливает низкую кислотоёмкость руд и рудовмещающих пород.

Карбонатность руд и рудовмещающих пород не превышает в среднем по месторождению 0,16 %. Маломощные линзы слабокарбонатных пород, в основном песчаников с известковистым цементом, с содержанием CO₂ от 2 % до 4 %, встречаются в рудоносных горизонтах спорадически.

Руды и рудовмещающие отложения характеризуются низкими содержаниями органического углерода, существенно влияющего на

кислотоемкость пород. Среднее содержание $C_{орг.}$ песчаных и песчано-гравийных руд по всем залежам составляет сотые доли процента – 0,02-0,08 %.

Руды Мынкудукского месторождения являются маложелезистыми, среднее содержание валового железа, как правило, не превышает 1 %. Содержание сульфидного железа, представляющего при отработке руд способом ПСВ полезную примесь, низкое, обычно не выше 0,1 %.

По минералогическому составу руды месторождения являются коффинит-настурановыми. В общем балансе урановых минералов по месторождению настуран составляет 66 %, коффинит – 34 %. Минералы урана дисперсно распределены в поровом алеврито-глинистом заполнителе рудных песков и в рыхлом обугленном детрите, являются лиофобными, обратимыми коллоидами, имеющими микронные размеры, легко дезинтегрируются и растворяются.

Определенное влияние на качество и технологичность руд оказывают такие показатели, как положение рудных залежей по отношению к региональному нижнему водоупору и относительная величина проницаемости руд и рудовмещающих отложений.

Руды всех залежей характеризуются в целом однообразным литолого-гранулометрическим составом и высокой средней проницаемостью пород на всем протяжении месторождения, причем в основном рудные породы несколько более проницаемы, чем подстилающие. Проницаемость пород надрудного слоя почти повсеместно меньше проницаемости пород рудного слоя. Средняя величина коэффициента фильтрации в рудной залежи 14 составляет 9,5 м/сут.

Для оруденения инкудукского горизонта залежи 17 участка Песчаный характерно увеличение суммы гравийных и грубых песчаных частиц и низкое среднее содержание среднезернистого класса. Соответственно, и средний коэффициент фильтрации рудных отложений инкудукского горизонта на залежи выше – 19,5 м/сут. Коэффициент фильтрации нижележащих пород значительно меньше – до 8 м/сут.

Для залежи 17 участка Песчаный, локализованной в инкудукском горизонте, по положению в разрезе относительно нижнего водоупора, 46 % руд расположены на расстоянии до 3 м, 21 % от 3 до 10 м и только третья часть рудных тел находится на расстоянии более 10 м от нижнего водоупора.

В мынкудукском горизонте на залежи 14 участка Осенний порядка 69 % руд расположено на региональном водоупоре (в пределах 0–3 м) и только 18 % из них находятся на расстоянии от водоупора, превышающем 10 м.

Приведённые геолого-гидрогеологические показатели рудных залежей участка Западный месторождения Мынкудук характеризуют их как вполне благоприятные для отработки способом ПСВ.

7.3 Основные результаты лабораторных исследований

В период детальной разведки лабораторно-технологические испытания руд месторождения Мынкудук проводились различными организациями: технологической лабораторией Кировского ПГО, ЦАЛ Краснохолмского ПГО, лабораторией п/я 1997 (ВНИИХТ), полевой лабораторией ГРЭ-27 ПГО "Волковгеология"[15].

Задачей этих исследований являлся выбор выщелачивающих реагентов и их оптимальных концентраций для извлечения урана из руд различных литолого-фильтрационных типов с целью выдачи исходных данных для проектирования процессов подземного выщелачивания на месторождении Мынкудук. Технологическим опробованием было охвачено все месторождение.

Лабораторные исследования проводились на рудах с нарушенной структурой при различных концентрациях выщелачивающего реагента. В качестве выщелачивающего реагента применялись растворы серной кислоты (5–40 г/л) и бикарбоната аммония (3–5 г/л), в качестве окислителя использовался персульфат аммония концентрацией 3,0 г/л.

В таблице 7.1 приведены основные параметры выщелачивания урана из геотехнологических проб фильтрационным серноокислотным выщелачиванием, проведенного в лаборатории ГРЭ № 27 по двум участкам – Осеннему и Песчаному.

Таблица 7.3 - Параметры извлечения урана в фильтрационных трубках

Наименование участка	Содержание урана	Ж : Т	Степень извлечения	Средне-взвешенное содержание урана	Затраты серной кислоты, кг		Содержание CO ₂
					на 1 кг	на 1 т ГРМ	
Ед. изм.	%		%	мг/л	кг/кг	кг/тГРМ	%
Осенний	$0,0111 \div 0,136$	$1,1 \div 4,$	$82,0 \div 99$	$20,0 \div 427,$	$5,8 \div 148$	$4,2 \div 30,$	0,35
	$\frac{5}{0,0352}$	$\frac{0}{2,2}$	$\frac{0}{90,0}$	$\frac{0}{150,0}$	$\frac{6}{66,6}$	$\frac{2}{10,3}$	
Песчаный	$0,0112 \div 0,10$	$0,95 \div 3$	$80,0 \div 96$	$40,6 \div 358,$	$4,7 \div 70,$	$2,1 \div 7,7$	0,1
	$\frac{07}{0,0364}$	$\frac{.8}{1,5}$	$\frac{.8}{91,0}$	$\frac{5}{165,2}$	$\frac{0}{26,0}$	$\frac{4,4}{4,4}$	

Результаты геотехнологических исследований показали, что высокая степень извлечения урана в раствор (90–95 %) достигается при

выщелачивании растворами серной кислоты разных концентраций. Использование в начальной стадии растворов с повышенной концентрацией кислоты (дифференцированная подача) существенно сокращает отношение Ж:Т, необходимое для закисления породы и, следовательно, продолжительность всего процесса, а также увеличивает средневзвешенное содержание урана в растворах.

Интенсивность извлечения урана остается достаточно высокой до степени извлечения 80 %, в дальнейшем отношение Ж:Т, удельный расход реагента, время процесса существенно увеличиваются, а содержание урана в продуктивных растворах значительно падает, тем самым ухудшая геотехнологические параметры процесса выщелачивания.

Для сопоставления выщелачивания урана различными химическими реагентами проведены опыты с применением слабых растворов бикарбоната аммония и с применением окислителя.

Извлечение урана раствором бикарбоната аммония с концентрацией 3,3 г/л достигает 80 %, с существенно худшими показателями: отношение Ж:Т = 5,2, средневзвешенное содержание урана – 30 мг/л, расход реагента порядка 4,0 кг/тГРМ.

Применение в качестве окислителя персульфата аммония несколько улучшает процесс выщелачивания.

По результатам лабораторных исследований технологических проб, отобранных с участков Песчаный и Осенний, установлено, что руды всех литолого-фильтрационных типов легко выщелачиваются слабыми растворами серной кислоты. Степень извлечения урана достигает 90–94 %, средние удельные расходы реагента в пересчете на 1 кг извлеченного урана составляют 5-150 кг/кг и на 1 т горнорудной массы 2-30 кг/тГРМ.

Средневзвешенное содержание урана в продуктивных растворах – 150-165 мг/л. При увеличении извлечения свыше 80 % резко ухудшаются все технологические показатели процесса. Оптимальная степень извлечения урана близка к 85 %, оптимальная концентрация серной кислоты на стадии закисления – 15-20 г/л, на стадии активного выщелачивания необходимо применение растворов более низкой концентрации – 10 г/л и менее.

Таблица 7.4 -Основные результаты лабораторных геотехнологических исследований

Номер технологическо й <u>пробы</u> Залежь	Выщелачи- вающий реагент	Концен- трация выщелачи- вающего реагента	Ж : Т		Средне- взвешенно е содержа- ние урана	Затраты кислоты на 1 т ГРМ	Степень извлечени я	Ж : Т		Средне- взвешен -ное содержа -ние урана	Затраты кислоты на 1 т ГРМ
Един.измер.		г/л			мг/л	кг/тГРМ	%			мг/л	кг/тГРМ
			Степень извлечения 80 %				В конце опыта				
L –XIII (<i>тк</i> -горизонт) Залежь 14 (С = 0,048 %)	H ₂ SO ₄	5,0	1,85	166	11,0	93,2	3,3	126	12,9		
		10,0	1,1	320	12,2	94,0	3,2	146	15,2		
		19,9	0,77	445	10,5	93,9	3,0	144	19,4		
		40,5	0,42	800	9,4	93,7	2,8	158	20,2		
L –XXI (<i>in</i> -горизонт) Залежь 17 (С =0,018 %)	H ₂ SO ₄	2,6	0,88	155	1,85	91,4	3,0	50	2,7		
		5,1	0,50	272	2,35	94,8	2,2	72	4,2		
		10,1	0,36	396	2,55	97,2	2,0	87	4,7		
		21,0	0,28	571	3,33	96,8	2,2	78	7,8		
		40,0	0,32	425	4,0	94,0	2,0	77	6,3		
	NH ₄ HCO ₃ + (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	3,3	4,75	32	3,25	81,2	5,2	30	4,0		
		3,4+3,0	1,06	121	1,3	93,8	4,6	32	4,7		

Лабораторные исследования руд участка Западный месторождения Мынкудук показали принципиальную возможность их отработки способом сернокислотного подземного выщелачивания, а также преимущество дифференцированного режима подачи выщелачивающего раствора.

8. Прогнозные расчеты основных геотехнологических параметров

8.1 Обоснование варианта вскрытия рудных тел

При рассмотрении различных схем расположения технологических скважин на участках Песчаный и Осенний принято во внимание:

- опыт эксплуатации различных месторождений АО "НАК "Казатомпром" и результаты работы блоков с различной схемой вскрытия;
- результаты промышленной отработки залежей (блоков) участка Восточный месторождения Мынкудук (ТОО "Степное РУ") и месторождения Акдала (ТОО "СП "Бетпак-Дала"), вскрытых по различным схемам расположения скважин[75];
- ширина геологических блоков залежей 17 и 14, выбранных для проведения работ, и характер их расположения в плане;
- особенности геологического строения рудных тел и гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, выявленные на начальном этапе проводимых на участке работ.

Сравнение полученных на объектах урандобывающих предприятий АО "НАК "Казатомпром" результатов эксплуатации блоков с рядной и ячеистой системами расположения скважин однозначно показывает[8]:

- при отработке широких в плане рудных тел, а также руд, расположенных в двух горизонтах, по гексагональной схеме обеспечивается все сторонне-радиальное движение выщелачивающих растворов от закачных скважин к откачным, что очень важно в условиях резко меняющихся в плане и разрезе гран. состава и химизма руд и вмещающих пород, а также при резко меняющемся коэффициенте фильтрации, при этом отношение Ж:Т меньше, блоки отрабатываются быстрее и эффективнее, средние и максимальные содержания урана в продуктивных растворах выше, удельные расходы серной кислоты на выщелачивание ниже и т.д.;
- при отработке же узких и извилистых в плане руд наиболее эффективна рядная схема, позволяющая сократить время закисления и выщелачивания блоков при обеспечении заданной полноты извлечения урана из недр, достичь более высоких содержаний урана в растворах и относительно низких расходов кислоты и др.

Поэтому для отработки достаточно широких рудных тел геологических блоков наиболее приемлемой является гексагональная система расположения скважин, а для узких, прихотливых по морфологии – линейная.

Для проведения опытных и опытно-промышленных работ на достаточно широких участках выбранных геологических блоков залежей

17 и 14 гексагональная схема расположения скважин является наиболее приемлемой.

Одновременно, при отработке рудных тел, мощность которых достигает 25-30 м, на эксплуатируемых месторождениях установлено, что фильтры, посаженные на всё рудное тело, работают не по всей своей длине, следствием чего является слабая проработка руды и низкая в целом эффективность выщелачивания. Использование при этом поэтапной отработки сначала верхнего рудного подгоризонта, а затем нижнего, связано со значительным усложнением конструкции технологических скважин и малоэффективно, как в отношении равномерности проработки горнорудной массы, так и скорости выщелачивания. При всём при этом и общее время отработки блоков увеличивается как минимум вдвое.

Один из выбранных для начала проведения опытно-промышленных работ геологический блок № 14-122С₁ имеет мощность порядка 15×20 м. Поэтому здесь проектируется так называемая двухэтажная схема вскрытия, при которой одновременно отрабатываются два рудных подгоризонта: верхний и нижний. Причём каждый подгоризонт вскрывается своей системой скважин, расположенных по гексагональной схеме с некоторым смещением относительно друг друга. Такая система отработки была в своё время успешно реализована на месторождениях Северный Карамурун и Южный Моинкум.

Результаты проведения полномасштабного натурального опыта по подземному скважинному выщелачиванию урана на участке ОПВ инкудукского горизонта залежи 17 и опытно-промышленных работ на технологическом блоке № 1 мынкудукского горизонта залежи 14 участка Западный месторождения Мынкудук, проводимого ТОО "АППАК", позволяют сделать следующие выводы[7]:

1. Применённые прогрессивные схемы вскрытия рудных тел и обвязки геотехнологических полей участков Песчаный (участок ОПВ) и Осенний (технологический блок № 1), а также масштабность проведения опытных работ на инкудукском и опытно-промышленных работ на мынкудукском горизонтах обеспечивают достоверность геотехнологических показателей, представленных в таблице 11.1, которые получены по результатам контрольного бурения и учёта растворов по состоянию на 25.12.2011 г.
2. Полученные основные геотехнологические показатели работы участка ОПВ залежи 17 и технологического блока № 1 залежи 14, а также положительная динамика роста степеней извлечения в период времени от контрольного бурения скважин до окончания 2011 г., позволяют прогнозировать отработку запасов урана как на инкудукском, так и на мынкудукском горизонтах участка Западный месторождения Мынкудук.

3. Характерными особенностями участков работ и участка Западный месторождения Мынкудук в целом являются:
 - приуроченность основных запасов урана к проницаемым породам средней площадной продуктивностью руд и хорошими фильтрационными свойствами;
 - относительно низкая карбонатность руд и вмещающих пород;
 - достаточно равномерное распределение уранового оруденения при однородном литологическом строении рудовмещающего горизонта.
4. При выборе схем вскрытия участков (блоков) на этапе отработки месторождения должны учитываться:
 - морфология рудных тел в плане и разрезе;
 - литологическое строение рудовмещающего горизонта, который определяет фильтрационные характеристики пород горизонта;
 - наличие и состояние водоупоров;
 - продуктивность оруденения;
 - критические значения удельных дебитов и приёмистостей технологических скважин;
 - мощность продуктивного горизонта;
 - отношение эффективной мощности продуктивного горизонта к мощности рудных тел;
 - глубина залегания рудных тел;
 - ширина рудных тел.
5. Перед запуском новых участков (блоков) в режим закисления скважинная система должна поработать в замкнутом контуре на пластовой воде не менее 7÷10 дней для создания благоприятных гидродинамических условий, стабилизации режима работы скважин и балансировки растворов.
6. Стадия закисления должна проводиться в активном режиме при полном исключении или, в крайнем случае, минимальных простоях скважинной системы.
7. Основным условием для поддержания содержаний урана в продуктивных растворах на стабильном уровне является соблюдение режима работы откачных и закачных скважин, обеспечивающего равномерную проработку всей площади участка (блока), а также выполнение регламентной кислотности выщелачивающих растворов.
8. Применение расходомеров на всех технологических скважинах позволяет постоянно контролировать гидродинамический режим пласта в процессе эксплуатации, что является основой полного и равномерного

извлечения урана, поддержания высоких концентраций урана в продуктивных растворах, обеспечивает минимальное разубоживание растворов, даёт возможность изменять, при необходимости, направление движения выщелачивающих растворов с целью наиболее полного извлечения полезного компонента. Особенно актуальным это является при использовании ячеистой системы отработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка месторождения методом ПВ через систему скважин оказывает несравнимо меньшее отрицательное воздействие на окружающую среду, особенно на поверхность земли. Отсутствуют оседание и нарушение земной поверхности, отвалы забалансовых руд и пустых пород, а также хвостохранилища. На всех переделах, включая вскрытие и подготовку рудных тел к отработке, отсутствует пылеобразование. Несоизмеримо сокращаются объёмы перерабатывающего производства за счёт исключения из технологической схемы громоздких операций рудоприёмки и рудоподготовки.

В аттестационной работе детально исследованы геологические, гидрогеологические, геотехнологические особенности месторождения.

В результате рассмотрения геотехнологических характеристик и особенности морфологии рудных тел для оптимизации добычи урана показано необходимость проведение специальной подготовки скважин, которое определяет долговечность ее работы.

Задачей геотехнологического контроля является получение и систематизация информации о динамике движения растворов, химизме процесса, изменении концентрации урана в растворах и другие необходимых данных для управления процессом ПСВ.

Рассмотрены основные аспекты влияния намечаемой производственной деятельности на окружающую среду. Применение технологии добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания является наиболее экономичной и характеризуется минимальным влиянием на окружающую среду.

Таким образом, результаты полномасштабного натурального опыта по подземному скважинному выщелачиванию урана на участке ОПВ инкудукского горизонта залежи 17 и технологическом блоке № 1 мынкудукского горизонта залежи 14 участка Западный месторождения Мынкудук подтверждают экономическую рентабельность отработки его методом сернокислотного выщелачивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Отчёт о результатах детальной разведки месторождения «Мынкудук» с подсчётом запасов урана (Том I-II), - 789 с.
2. Отчет о результатах работ «Разработка методики определения степени проработанности рудовмещающих пород и оценки качества выщелачивания урана при ПСВ» (Книга 1-2), стр 377.
3. Языков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы: ТОО «Fortess», 2005.-394 с
4. Калабин А.И. Добыча полезного ископаемого выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М.: Атомиздат, 1981.-145 с
5. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: Недра, 1983.
6. Инструкция по применению Классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008, -296 с.
7. Мамилов В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980, - 240 с.
8. Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана.//под ред. Скороварова Д.И.-М.:Энергоатомиздат, 1997
9. Глазунов И.С, Определение рациональных сеток рабочих скважин на участках ПВ по трехрядной системе. М.: ЦНИИ Атоминформ, 1974
10. Новик-Качан В.П., Губкин Н.В., Десятников Д.Т. и др. Добыча металлов способом выщелачивания. М.: Цветметинформация, 1970. Шулика В.П., Вильнянский А.С., Глазунов И.С. Современное
- 11.Рабочий проект «Первый этап промышленной отработки участка Западный месторождения урана Мынкудук» 2011г.
1. Рогов Е.И. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.
12. Языков В.Г. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с.
- 13.Инструкция по внутреннему, внешнему и арбитражному геологическому контролю качества анализов разведочных проб твердых и негорючих полезных ископаемых, выполняемых в лабораториях. Мингео СССР, НСАМ при ВИМСе. М., 1982.
- 14.«Рабочий проект на промышленную добычу урана на участке Западный месторождения Мынкудук на 2010-2016г.», разработчик ТОО «Два Кей», г. Алматы, 2009 г.
- 15.Контракт на проведение разведки и добычи урана на участке Западный месторождения Мынкудук, расположенном в ЮКО РК, рег. № 1797 от 8 июля 2005 года, согласован Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК.

16. Инструкция по применению классификации запасов к гидrogenным месторождениям урана", Комитет геологии недропользования МЭМР Республики Казахстан, Астана, 2008.
17. Инструкция по предупреждению аварий и пожаров, ликвидации последствий радиационных аварий при транспортировке химических концентратов природного урана автомобильным или железнодорожным транспортом в структурных подразделениях НАК «Казатомпром».
18. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана, Алматы, 2003.
19. Дополнение № 1, рег. № 1831 от 15.09.2005 г. к Контракту № 1797 от 8 июля 2005 года, определяет правопреемственность в связи с передачей права недропользования от АО «НАК «Казатомпром» в ТОО «СП «АППАК».
20. Дополнение № 2, рег. № 1845 от 15.12.2005 г. к Контракту № 1797 от 8 июля 2005 года
21. Дополнение № 3, рег. № 3908-тпи от 22.07.2011 г. к Контракту № 1797 от 8 июля 2005 года
22. «Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана», утверждённая 01.08.2006 г. Президентом АО «НАК «Казатомпром».
23. Инструкция по проведению геофизических измерений в скважинах. М., 1985.
24. Инструкция по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ. М., 1984.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

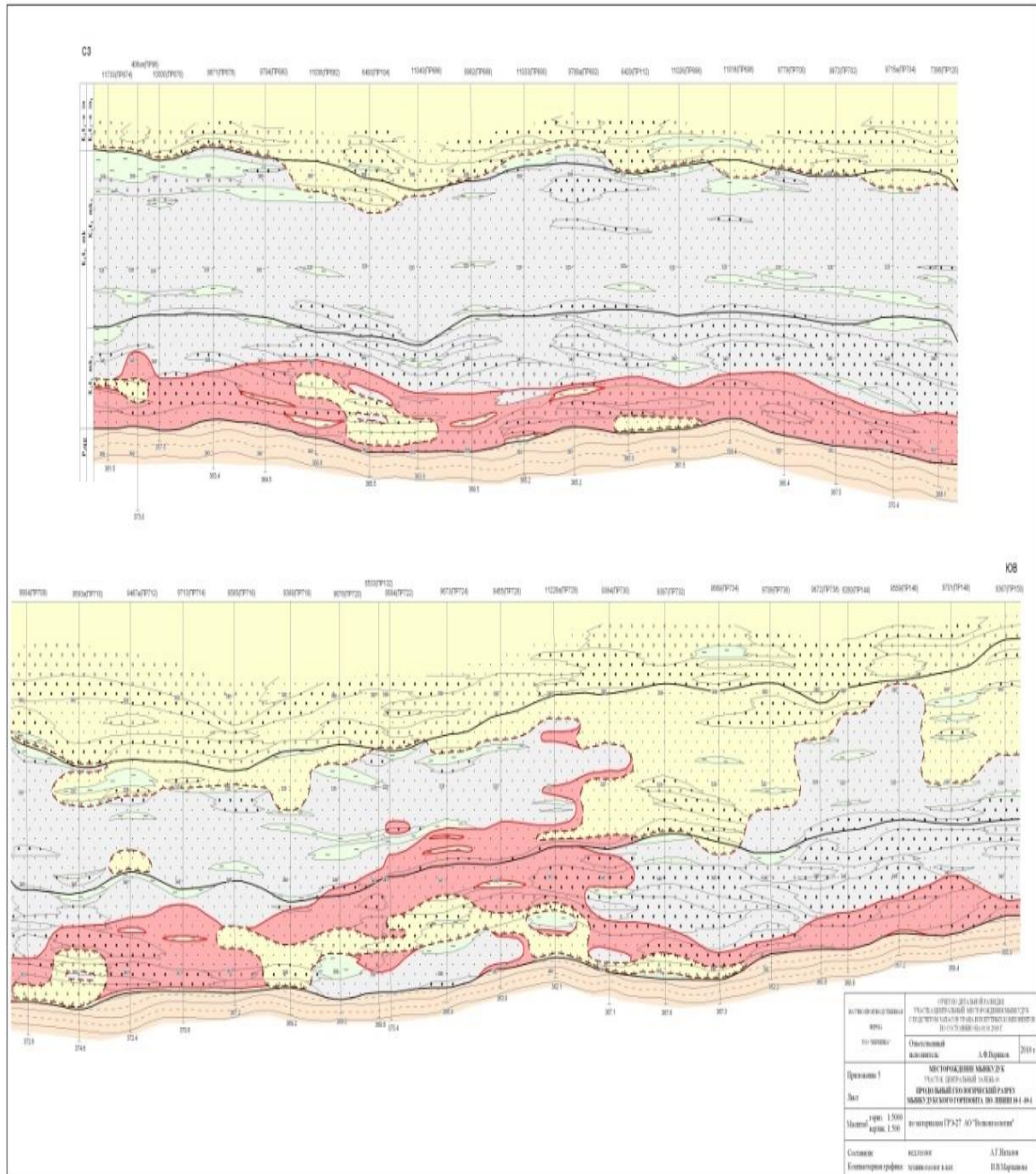


Рисунок Б.- Геологический разрез месторождения Мынкудук