

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

Тұңғышбаев Талғат Қыдырбайұлы

Геологическая характеристика и особенности интенсификации обработки  
геотехнологических скважин на месторождение Ирколь

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Специальность 6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений /  
геохимия

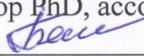
Алматы 2019

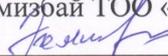
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
УДК 553.43: 553.536 (574) (043) На правах рукописи

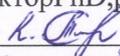
Тұңғышбаев Талғат Қыдырбайұлы

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

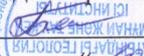
На соискание академической степени магистра  
Название диссертации - Геологическая характеристика и особенности  
интенсификации обработки геотехнологических скважин на месторождение  
«Ирколь»  
Направление подготовки - 6М070600 «Геология и разведка урановых  
месторождений/геохимия»

Научный руководитель  
доктор PhD, ассоц. профессор  
 А.А. Бекботаева  
« 09 » 12 2019 г.

Производственный руководитель  
Начальник по производству рудник  
Семизбай ТОО «Семизбай-У»  
 А.А. Золин  
« 10 » 12 2019 г.

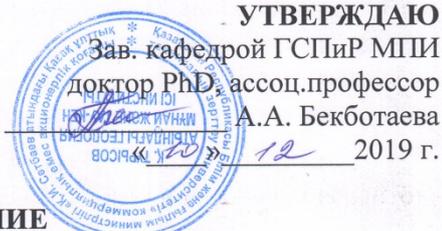
Рецензент  
Доктор PhD, руков. лабораторий  
 К. Тогизов  
« 10 » декабря 2019 г.

Нормоконтролер  
канд. геол.-минерал. наук, лектор  
 С.К. Асубаева  
« 10 » 12 2019 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц. профессор  
 А.А. Бекботаева  
« 10 » 12 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



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**  
Магистранту Тұңғышбаеву Талғату Қыдырбайұлы

- Тема** Геологическая характеристика и особенности интенсификации обработки геотехнологических скважин на месторождение «Ирколь»  
Утвержденный приказом по университету №1700-М от «14» февраля 2019 г.  
**Срок сдачи законченной работы** «04» декабря 2019г.  
**Исходные данные к магистерской диссертации** – текстовые и графические материалы производственной и исследовательской практики  
**Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:**  
а) Проведение опыта промышленное испытание  
б) выбрать оптимальную схему вскрытия блоков  
в) вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда  
г) расчёт экономической эффективности разработки  
**Перечень графического материала:**  
а) графики;  
б) таблицы.  
**Рекомендуемая основная литература:**  
1) Пересчет запасов месторождение Семизбай по кондициям для ПВ, Степногорск, 1988 Язиков  
2) Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнологических свойств руд и геотехнологических условий гидрогенного типа, проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов: Учеб. пособие. - ТПУ. - 2014.  
3) Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнологических свойств руд и геотехнологических условий гидрогенного типа, проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов: Учеб. пособие. - ТПУ. - 2014.

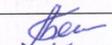
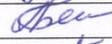
### ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

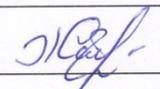
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Аналитический обзор		
Экспериментальная часть		
Заключение		

### 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	Зав. кафедрой ГСПиР МПИ доктор PhD, ассоц. профессор А.А. Бекботаева		09.12.19
Аналитический обзор			09.12.19
Экспериментальная часть			09.12.19
Заключение			09.12.19
Нормо контролер	С.К.Асубаева канд. геол.-минерал. наук, лектор		

Научный руководитель  А.А. Бекботаева

Задание принял к исполнению  Т.К. Тұңғышбаев

Дата «09» 12 2019г.

## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены геологические особенности месторождения Ирколь и геотехнологические работы на месторождении. В основе геотехнологии урана основной причиной снижения производительности геотехнологических скважин является кольматация. Поэтому рассмотрены методы их восстановления в условиях подземного скважинного выщелачивания урана, подобран эффективный метод регенерации скважин.

В ходе исследования установлено, что гидродинамические методы восстановления скважин малоэффективны в сложных горно-геологических условиях. В связи с этим были проведены опытно-промышленные работы для подбора комплексной химической обработки технологических скважин для увеличения меж ремонтного цикла. Экономическая и практическая эффективность предлагаемой технологии основывается на опытно-промышленных работах.

## АҢДАТПА

Бұл жұмыста Иіркөл кен орнының геологиялық ерекшеліктері және кен орнындағы геотехнологиялық жұмыстар қарастырылған. Уранның геотехнологиясы негізінде геотехнологиялық ұңғымалардың өнімділігінің төмендеуінің негізгі себебі кольматация болып табылады. Сондықтан уран өнімін жерасты ұңғымалық шаймалау жағдайында, оларды қайта қалпына келтіру әдістері қарастырылды. Ұңғымаларды регенерациялаудың тиімді әдісі таңдалып алынды.

Зерттеу барысында ұңғымаларды қалпына келтірудің гидродинамикалық әдістері күрделі тау-кен геологиялық жағдайларда тиімділігі аз екені анықталды. Осыған байланысты жөндеу циклін ұлғайту үшін технологиялық ұңғымаларды кешенді химиялық өңдеуді іріктеу үшін тәжірибелік - өнеркәсіптік жұмыстар жүргізілді. Ұсынылатын технологияның экономикалық және практикалық тиімділігі және тәжірибелік-өнеркәсіптік жұмыстарға негізделеді.

## ANNOTATION

In this paper, the geological features of the Irkol deposit and geotechnological work in the field are considered. At the heart of uranium geotechnology, the main reason for the decline in the productivity of geotechnological wells is mudding. Therefore, methods for their recovery in the conditions of underground borehole leaching of uranium are considered, an effective method of well regeneration is selected.

The study found that hydrodynamic methods of well restoration are ineffective in difficult mining and geological conditions. In this regard, pilot works were carried out to select integrated chemical treatment of technological wells to increase the inter-repair cycle. The economic and practical effectiveness of the proposed technology is based on pilot industrial work.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
<b>1 Характеристика района</b>	11
1.1 Административная и физико-географическая характеристика района	11
1.2 Социально-экономическая характеристика района	13
<b>2 Обзор и анализ ранее проведенных работ</b>	14
2.1 Геологическая изученность объекта	14
2.2 Геофизическая изученность объекта	18
<b>3 Геологическая характеристика месторождения</b>	21
3.1 Геологические особенности	21
3.2 Структурные особенности	25
3.3 Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности	26
3.4 Вещественный и минеральный состав руд	27
3.5 Геотехнологические свойства руд	29
<b>4 Комплекс химических реагентов для регенераций скважин и повышение содержания урана</b>	30
4.1 Приготовление растворов для проведения кислотных обработок скважин, меры безопасности и охрана окружающей среды	33
4.2 Проведение опытно-промышленных испытаний геотехнологических скважин рудника «Ирколь» с применением химического комплекса реагентов многофункционального назначения	34
4.3 Проведение мониторинга геотехнологических параметров скважин после проведения ОПИ по интенсификации отработке технологических блоков	38
4.4 Оценка эффективности проведение интенсификации отработки эксплуатационных блоков ПСВ урана	46
4.5 Мониторинг геотехнологических параметров скважин после обработки нагнетательных скважин растворами БФА	54
<b>5 Охрана труда. Охрана окружающей среды.</b>	59
<b>Пожаро-взрывобезопасность.</b>	
<b>6 Расчет экономической эффективности при условиях филиала Ирколь</b>	66
Заключение	67
Перечень принятых сокращений, терминов	68
Список литературы	69

## ВВЕДЕНИЕ

Магистерская диссертация выполнена на реальных производственных материалах месторождения Ирколь (Южный Казахстан).

**Целью** магистерской диссертации является изучение геологического строения месторождения Ирколь и проведение опытно-промышленных работ, направленных на интенсификацию добычи продуктивных растворов из эксплуатационных блоков и скважин с применением комплекса химических реагентов по увеличению проницаемости закольматированных продуктивных горизонтов. Определение эффективности применения химических реагентов в условиях сернокислотного подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) урана для увеличения производственных показателей скважин и межремонтного цикла, уменьшения сроков отработки эксплуатационных блоков. Максимально снижение себестоимости готового продукта (ГП).

**Задачами магистерской диссертации являются:**

- 1) Изучение геологической характеристики и геолого-структурных особенностей строения месторождения Ирколь;
- 2) Анализ современного состояния по участку геотехнологического полигона;
- 3) Проведение опытно-промышленного испытания скважин рудника «Ирколь» с применением химического комплекса реагентов многофункционального назначения для ремонтно-восстановительных работ.

**Предмет исследования:** Эксплуатационные блоки и геотехнологические скважины месторождения Ирколь.

**Научная новизна:** Важной задачей добывающих предприятий является поиск и изучение новых методов восстановления скважин для повышения эффективности добычи, освоения месторождений урана в сложных трудно проницаемых геологических формаций. Непрерывное совершенствование процессов восстановления скважин в будущем позволит интенсифицировать показатели по освоению месторождений в сложных геологических формированиях.

**Актуальность** Казахстан обладает разнообразными полезными ископаемыми. Обладая многообразными геологическими условиями и крупнейшими ресурсами различных полезных ископаемых, по запасам природного урана занимает одно из лидирующих в мире. По содержанию урана преобладают бедные и рядовые руды. Однако данные месторождения уникальны тем, что при рядовых содержаниях урана они пригодны для отработки методом подземного скважинного выщелачивания.

Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) руд с естественной проницаемостью предполагает замену поровой и свободно гравитационной жидкости в пласте на растворитель. В результате взаимодействия растворителя с твердой и жидкой фазами горных пород в недрах протекают различные физико-химические процессы, в том числе растворение различных минералов. Эксплуатации систем геотехнологических скважин способом

ПСВ показывает, что с течением времени наблюдается снижение их производительности. Одной из основных причин снижения производственных показателей технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений и снижение фильтрационных характеристик пласта из-за образования кольматации, за счет осаждения веществ, растворенных в технологических растворах, или механического перемещения частиц рудовмещающего горизонта, а также выделений газа. При решении проблем с кольматацией скважин, в первую очередь необходимо определить вид кольматации (кольматантов) скважин, а затем подбором наиболее подходящих декольматантов для обработки как фильтров, так и прифильтровых зон. Наиболее эффективным средством для ликвидации кольматации фильтровой зоны является комплексная обработка с бифторидом аммония, оно обладает значительным преимуществом перед традиционными методами. Месторождение Ирколь второе месторождение урана, подготовленное для освоения ПСВ в Карамурунском рудном районе, входящем в Сырдарьинскую урановорудную провинцию. Месторождение является частью уникального по запасам Карамурунского рудного района. Помимо месторождения Ирколь рудное поле объединяет крупные по запасам урана месторождения: Карамурун и Хорасан. На восточном направлении к нему примыкает среднее - Кызылту, мелкое - Ушанколь.

Работа содержит: 69 страниц, 15 рисунков, 3 таблиц, 14 литературных источников.

## **1 Характеристика района**

### **1.1 Административная и физико-географическая характеристика района**

На территории Кызылординской области на юго-восточной части находится месторождение Ирколь (Рисунок 1).

Геоморфологическая территория района работ представляет собой слабо наклонную холмистую предгорную эолово-аллювиальную равнину с абсолютными отметками 150÷155 м и долину р. Сырдарья.

Климат района резко континентальный. Летом температура воздуха достигает +30 °С ÷ +40 °С (максимальная +45 °С), зимой -20 °С ÷ -25 °С (минимальная -33,5 °С). Количество осадков не превышает 130÷150 мм в год. Ветры преимущественно северных и северо-восточных направлений. Скорость обычно 8÷12 м/сек, а в особенно ветреные дни, в основном с апреля по июнь, достигает 10÷15 м/сек с порывами до 24 м/сек.

Площадь месторождения пересекает река Сырдарья. Река имеет устойчивые берега, закрепленные густыми тугайными зарослями. Паводковый период приходится на март-апрель. Максимальный расход воды в этот период колеблется от 300 до 1000 м<sup>3</sup>/сек, скорость течения 1 м/сек, ширина реки увеличивается до 120÷150 м, а средняя глубина до 4 м. Меженный период длится с сентября по март. В это время расход воды составляет 40÷100 м<sup>3</sup>/сек, скорость течения не превышает 0,6÷0,8 м/сек, ширина реки 60÷100 м, средняя глубина около 2 м. Отметка уровня водной поверхности р. Сырдарья всегда находится выше зеркала грунтовых вод на площади месторождения, т. е. река разгружается в нижележащие водоносные горизонты.

Ближайший стационарный мост через реку Сырдарья находится в 60 км ниже по течению, а в 16 км выше по течению находится понтонный мост. Земли в пределах горного отвода используются в основном как пастбища. В целом же Шиелийский район является крупным рисоводческим центром с весьма развитыми железнодорожными, автодорожными и энергетическими коммуникациями.



С экономической точки зрения район работ представляется весьма перспективным. Имеющаяся минерально-сырьевая база Сырдарьинской урановорудной провинции позволила создать здесь ряд добычных предприятий – ТОО «Рудоуправление-6», ТОО «СП «Заречное», ТОО «Кызылкум», ТОО «Байкен-У».

На прилегающих территориях получило развитие горное предприятие ТОО «Балауса» на ванадиевом месторождении Баласа-Ускандык, восстанавливается рудник Шалкия на одноименном свинцово-цинковом месторождении, проводятся разведочные работы и опытная добыча золота кучным выщелачиванием на мелких золоторудных объектах западного замыкания хребта Б. Каратау (ТОО «Техказинвест»). Разрабатывается ряд месторождений строительных материалов (бутовый камень, щебень, песок и др.). Водоснабжение Рудника ПСВ месторождения Ирколь осуществляется за счёт грунтовых вод в четвертичных отложениях и артезианских вод верхнемелового комплекса, а также водопроводом «Ортакшыл-Ирколь». Энергоснабжение района осуществляется от ЛЭП-220 кВ, включенной в энергетическое кольцо Средней Азии и Южного Казахстана.

Район месторождения находится в шестибальной (по шкале Рихтера) зоне сейсмической активности.

## 2 Обзор и анализ ранее проведенных работ

### 2.1 Геологическая изученность объекта

Оценка, выполненная бурением в северной, центральной и южной частях рудоносной полосы, установила крупные масштабы уранового оруденения, локализованного в отложениях коньякского яруса верхнего мела на глубинах 250÷750 м.

Месторождение Ирколь расположено в Карамурунском рудном районе Сырдарьинской ураново-рудной провинции и контролируется передовым фронтом субмеридиональной зоны пластового окисления (ЗПО), развитой в проницаемых отложениях верхнего турона, коньяка и нижней части сантонского яруса верхнего мела. Основная часть уранового оруденения (около 80 %) сосредоточена в наиболее высокопроницаемых грубообломочных образованиях коньякского горизонта, в котором происходит полное выклинивание многослойной ЗПО. Вторым по значению является верхнетуронский рудоносный горизонт (10 %). В сантонском и кампанском горизонтах локализовано по 5 % разведанных запасов.

На месторождении выявлено и разведано пять продуктивных залежей. По физико-географическим условиям, степени разведанности и запасам урановых руд площадь месторождения делится рекой Сырдарья на три неравнозначные части:

- На северную правобережную, где расположены все балансовые запасы урана категории В и С1 и 6,4 % запасов категории С2;
- Южную левобережную часть, где сосредоточены запасы урановых руд, разведанные только до категории С2, в объеме около 36 % от общей оценки запасов месторождения;
- Промежуточную центральную часть, расположенную по обоим берегам, где локализованы руды, разведанные также до категории С2, часть которых (около 25% от общей оценки) расположена непосредственно под рекой. По совокупности природных факторов месторождение относится к 2-й группе по классификации ГКЗ.

В плане рудные залежи представляют собой протяженные (до 5÷6 км) извилистые ленты переменной ширины (от 50 до 800 м), вытянутые в соответствии с границами ЗПО вблизи меридиональном направлении. Внутреннее строение залежей сложное, обусловленное чередованием минерализованных ураноносных пластов и прослоев без рудных пород.

В поперечных разрезах урановые руды, в соответствии со ступенчатым строением области выклинивания ЗПО, образуют тела, состоящие из сложно сочетающихся друг с другом роллов, Ролло подобных форм, линзовидных и пластовых тел. Они характеризуются изменчивой мощностью (от первых метров до первых десятков метров, средняя мощность 9,7 м) и сложным строением, выражающимся в

изменчивом сочетании от 1 до 5÷7 рудных тел на разных гипсометрических уровнях, разделенных безрудными пластами, при объемном коэффициенте рудоносности от 0,3 до 1 (в среднем 0,5).

Урановое оруденение локализуется практически во всех литологических разностях пород с определенным тяготением к средне мелко- и тонкозернистым пескам. Минералогический состав руд и вмещающих пород аналогичен и различается только наличием рудной минерализации. В составе обломочного материала пород преобладает кварц (65÷75%), полевые шпаты составляют 5÷7%, кремнистые породы (яшмы, кварциты, роговики, сланцы) 3÷5%, слюдястые минералы (мусковит, биотит, хлорит, флогопит) 0,5÷3,0%, углефицированные растительные остатки до 0,5÷1,5%. Среди дигенетических и эпигенетических минералов отмечаются пирит 0,5%, кальцит до 2,5% (содержания CO<sub>2</sub> около 0,7 %), доломит до 0,5%, барит до 1,2%. Из аксессуарных минералов присутствуют циркон, цоизит, лейкоксен, турмалин, ильменит, гранат, ставролит, апатит, анатаз, рутил, магнетит, гидрогематит.

Цемент глинистый, в редких случаях с примесью карбонатного материала, количество его составляет от первых единиц до 15÷20% массы породы. Глинистый материал представлен мелкочешуйчатыми, спутанно волокнистыми агрегатами и состоит из смеси монтмориллонита (40÷42%) и гидрослюды (44÷46%) с примесью каолинита (14% от общей массы глинистого материала). Карбонатный материал в цементе распределен неравномерно и представлен мелко агрегатными скоплениями кальцита и доломита.

Урановые минералы представлены тонкодисперсными коффинитом (70÷90%) и настураном (до 30%), образующими вкрапленность в межзерновом глинисто-алевритовом заполнителе, тончайшие пленки вокруг обломочных зерен, псевдоморфозы по растительным тканям углистого детрита и легко переходят в раствор слабо концентрированной серной кислоты. Повышенные содержания селена связаны с самородным селеном, ферроселитом, ванадиевые – с тюямунитом и хеггитом.

Руды месторождения моно металльные – урановые. Содержание урана в рудных телах варьирует в широком диапазоне – от 0,01 до 1,0%, составляя в среднем 0,042%. По содержанию урана руды месторождения Ирколь относятся преимущественно к бедным, реже к рядовым. Рудные залежи, благодаря значительным колебаниям мощности (от первых метров до 24 м), характеризуются весьма изменчивой продуктивностью – от 1 до 18 кг/м<sup>2</sup>. Оруденение на месторождении формируется в крыльях пологих пликативных структур, что и обуславливает субгоризонтальное залегание рудных тел и их общее погружение с севера на юг увеличивается от 180 до 750 м (средняя глубина залегания подошвы рудных залежей 420 м).

По химическому составу урановые руды месторождения относятся к

силикатному типу ( $\text{SiO}_2$ -83,5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -6,86%) и характеризуются незначительным содержанием вредных примесей:  $\text{CO}_2$ , S,  $\text{C}_{\text{орг}}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Содержание  $\text{CO}_2$  в породах и рудах невысокое в среднем 0,55%. Очень низкое содержание серы (0÷0,38%) обусловлено, вероятно, малыми содержаниями в породах дисульфидов железа. Количество  $\text{C}_{\text{орг}}$ , также небольшое и составляет в среднем по пескам 0,05÷0,29%, повышаясь в песчаниках до 0,12÷0,37%, в алевrolитах и глинах до 0,57%. Фосфор присутствует в апатите и фосфатном веществе, замещающем костные обломки.

*Геолого-структурная карта  
месторождения Ирколь  
со снятием верхнеплиоцен-четвертичных отложений*

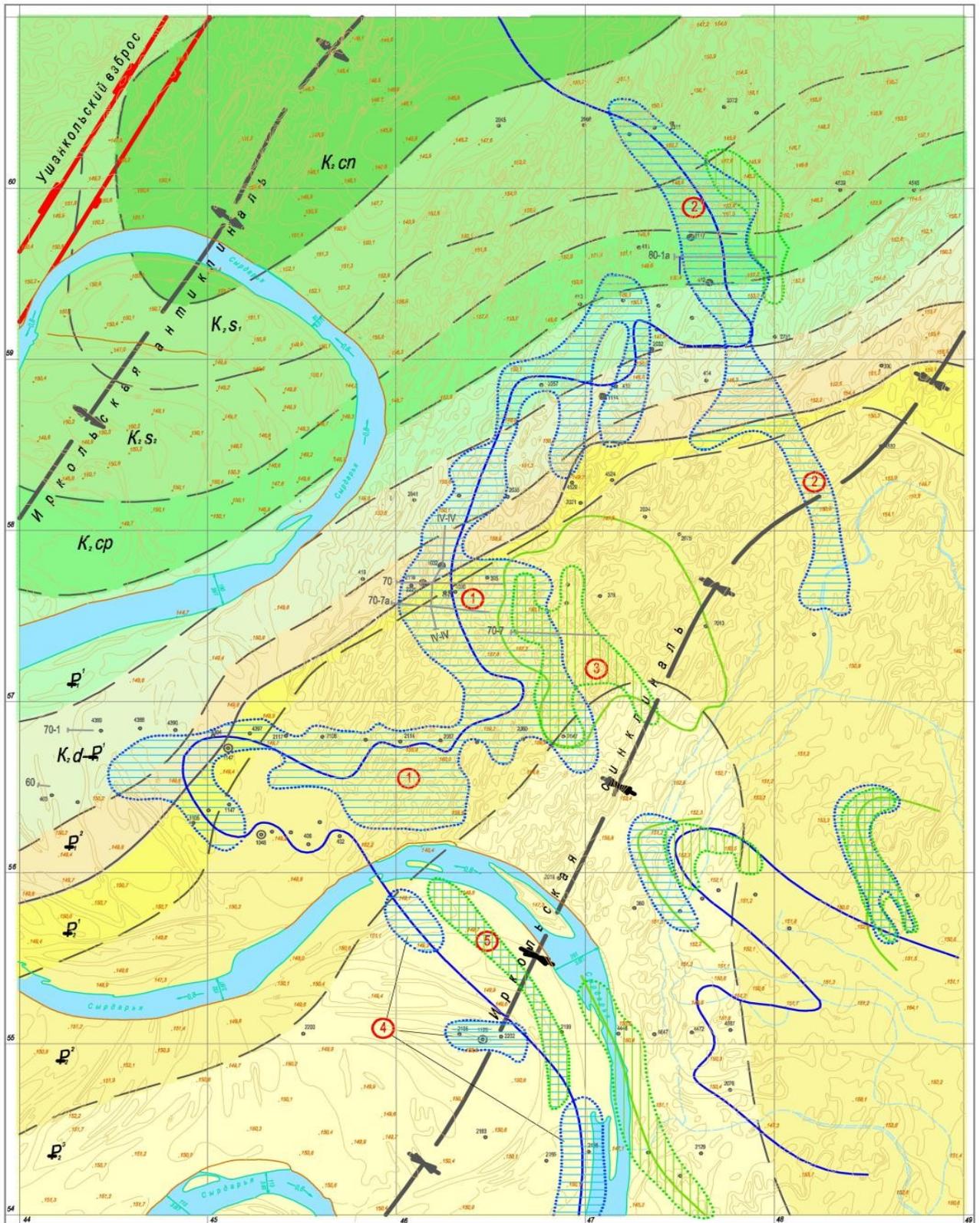


Рисунок 2 - Геолого-структурная карта

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

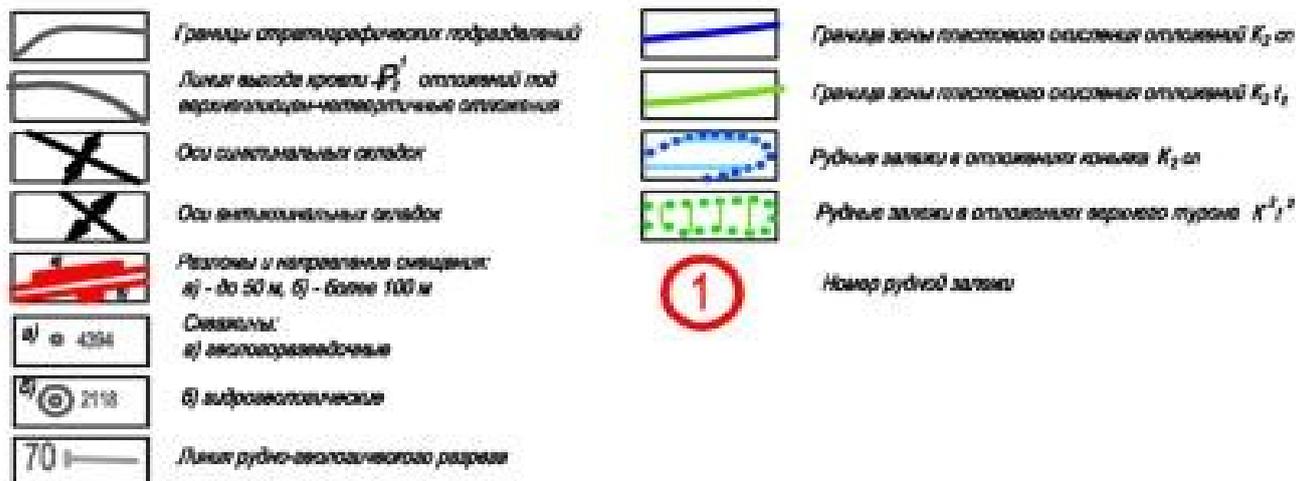


Рисунок 3 - Геолого-структурная карта

Радиологические условия рудных залежей характеризуются проявлением статической зональности, т.е. отсутствием инфильтрационных радиевых ореолов, осложняющих количественную интерпретацию результатов гамма-каротажа скважин. Коэффициент радиоактивного равновесия по рудным интервалам колеблется в пределах  $0,7 \div 0,9$ , составляя в среднем по месторождению  $0,8$ .

В разрезе рудовмещающих водоносных горизонтов выделяются два литолого-фильтрационных типа руд и вмещающих пород, имеющих достаточно четкую пространственную обособленность:

- Проницаемые породы и руды, представленные песком и гравием с галькой, содержащими алевритоглинистые частицы в количестве менее 20 % и имеющими коэффициент фильтрации более 1,0 м/сут.
- Слабопроницаемые и водоупорные породы и руды, представленные песчаниками на глинистом цементе, алевролитами и глинами, содержащими алевритоглинистые частицы в количестве более 20% и имеющими коэффициент фильтрации менее 1,0 м/сут.

Основные запасы урана на месторождении Ирколь (около 90%) сосредоточено в первом проницаемом типе рудовмещающих пород.

## 2.2 Геофизическая изученность объекта

Общей задачей геофизических работ при разведке месторождения Ирколь являлось проведения комплекса геофизических исследований в скважинах, интерпретация материалов ГИС для получения необходимой информации о качестве и количестве уранового оруденения, литологическом составе геологического разреза, фильтрационных свойствах рудовмещающих отложений и руд, поведении уранового оруденения в условиях его опытной отработки серноокислыми растворами и техническом состоянии скважин.

Максимальное использование геофизических методов в условиях месторождения Ирколь позволило существенно снизить объёмы кернового бурения и добиться получения достоверных качественных и геотехнологических характеристик руд в условиях низкого выхода керна.

Геофизическая служба организационно входила в состав полевой геологоразведочной экспедиции №23 выполняющей работы в Карамурунском рудном районе и включала в себя 2-3 каротажных отряда.

Все каротажные станции оснащались необходимыми приборами оборудованием, позволяющим за один выезд на скважину выполнять весь комплекс методов ГИС при круглосуточной работе каротажных отрядов.

Все стадии подготовки и проведения опытных работ по подземному выщелачиванию урана сопровождалась геофизическими исследованиями в скважинах (ГИС). На каждом этапе они решали конкретные задачи, которые можно кратко сформулировать следующим образом:

- определение подсчётных параметров (мощности рудных интервалов и содержания в них урана), литологическое расчленение разреза и изучение фильтрационных (по степени глинистости) свойств руд и вмещающих пород, определение пространственного положения стволов буровых скважин (азимута и угла отклонения);

- определение контура закисления опытного участка в плане и интервалов закисления в разрезе;

- изучение динамики выщелачивания урана из рудоносных пород и определение коэффициента извлечения металла из недр;

- наблюдение за техническим состоянием скважин.

Решение первой задачи осуществлялось на стадии бурения геологоразведочных скважин (для выбора участка ПВ), при оборудовании технологических и наблюдательных скважин и на скважинах контрольного бурения проведением традиционного геофизического комплекса изучения гидрогенных месторождений: гамма- и стандартного электрокаротажа (КС+ПС), инклинометрии и частично кавернометрии. В качестве дополнительного метода широко использовался метод прямого определения урана в естественном залегании(КНД-М), который выполнен во всех технологических и наблюдательных (с учетом перебуренных) скважинах опытного участка.

Вторая из решаемых задач предусматривала использование индукционного каротажа для проведения режимных наблюдений в специально обсаженной для этого колонной труб из полиэтилена в скважине, а также высокоточной термометрии. Указанные методы проводились на стадиях закисления и обработки урановых руд способом ПВ.

Изучения динамики выщелачивания урана и определение коэффициента извлечения металла базировалось на данных КНД-М, который проводилась в специальных скважинах режимных наблюдений, а также при контрольном бурении.

Для реализации последней задачи, при оборудовании технологических

и наблюдательных скважин использовался токовый каротаж, термометрия и резистивиметрия, а в ходе проведения опыта разнообразный комплекс методов ГИС, учитывающий материал обсадки, глубины скважин и степень нарушения обсадных колонн (токовый каротаж, высокоточная термометрия, резистивиметрия, сравнительная измерения с неполяризуемым электродом, гамма-каротаж).

### 3 Геологическая характеристика месторождения

#### 3.1 Геологические особенности

В геологическом строении месторождения Ирколь, как и Сырдарьинской депрессии в целом, участвуют породы, образующие три структурных этажа:

1) нижний – кристаллический фундамент, сложенный интенсивно дислоцированными и метаморфизованными протерозойскими и нижнепалеозойскими геосинклинальными образованиями;

2) средний – промежуточный структурный этаж, включающий осадочные литифицированные отложения среднего и верхнего палеозоя;

3) верхний – платформенный чехол, представленный мезозойско-кайнозойскими слабо дислоцированными и слабо уплотненными песчано-глинистыми породами, вмещающими промышленное урановое оруденение.

Нижний структурный этаж представлен образованиями кристаллического фундамента, которые выходят на поверхность в горном обрамлении Сырдарьинской депрессии (хребет Б. Каратау, Чаткало-Кураминское поднятие, Таласский Алатау и т.д.). Внутри депрессии выходы под мезозойско-кайнозойский чехол нерасчлененных высоко метаморфизованных пород, прорванных кислыми интрузиями, отмечаются в северной части Чулинского поднятия. В районе работ строение кристаллического фундамента не изучено.

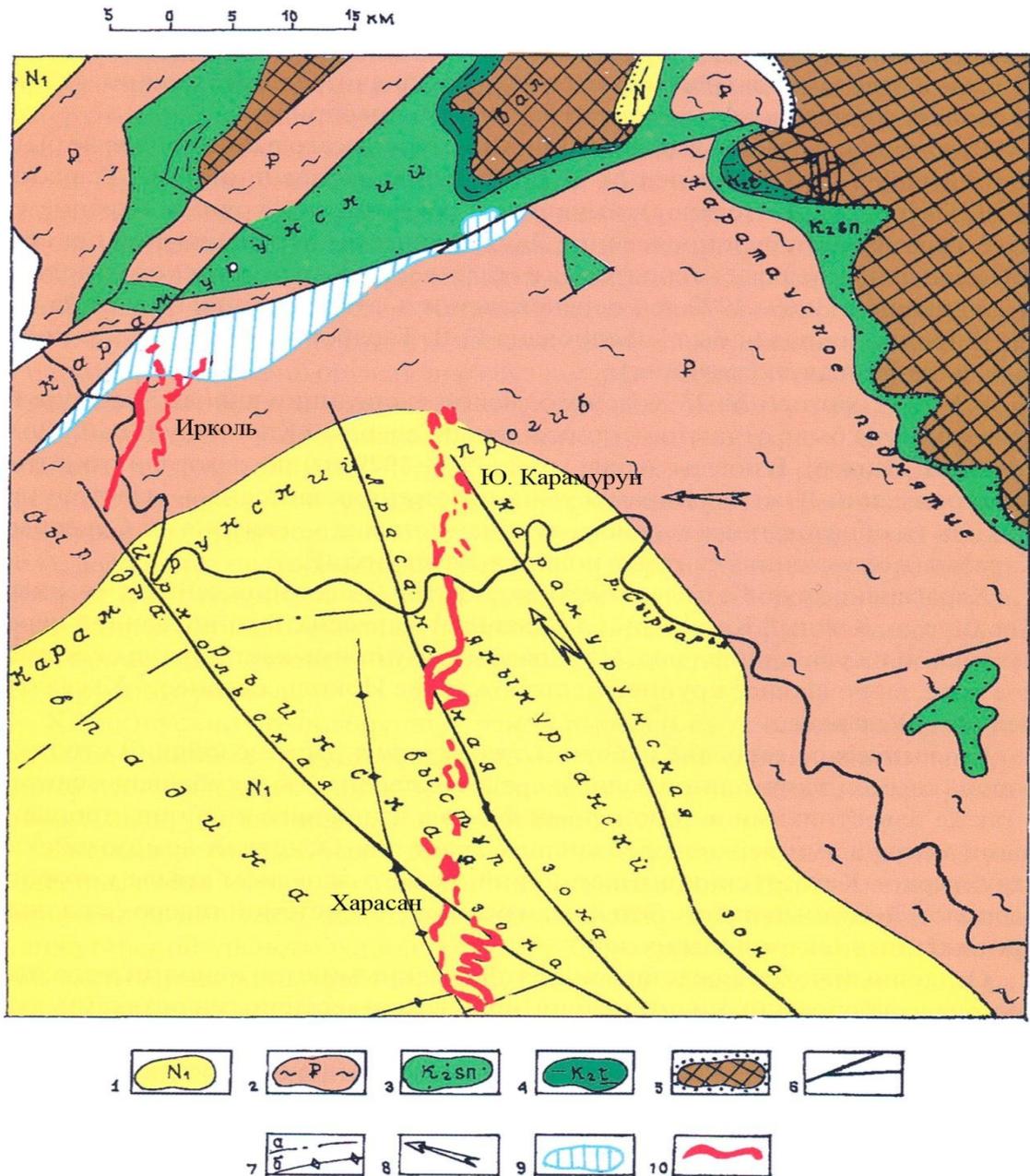
Домезозойские литифицированные образования среднего структурного этажа в районе работ представлены терригенной толщей среднего девона (тюлькубасская свита), известняками и доломитами фаменского яруса верхнего девона и карбонатными породами нижнего карбона, прорванными интрузиями верхнепалеозойских гранитов.

Верхний структурный этаж представлен осадочным чехлом, сложенным преимущественно пролювиально-аллювиальными глинисто-гравийно-песчаными отложениями верхнего, мела мощностью до 300÷470 м, среди которых выделены все ярусы от сеномана до дата; преимущественно морскими глинистыми породами палеогена мощностью до 280 м, в основном пролювиальными глинистыми отложениями неогена (верхнего плиоцена) мощностью до 100 м и эолово-аллювиальными отложениями четвертичного возраста мощностью 90÷110 м.

Верхнемеловой комплекс представлен циклично построенной толщей пестроцветных пород, в основании которых на большей части площади развиты гравийно-галечные отложениями сеномана мощностью от нескольких метров до 50 м.

Отложения сеномана без видимого несогласия перекрываются нижнетуронскими красновато-коричневыми глинами и алевролитами, которые на юго-востоке замещаются морскими сероцветными

горизонтально-слоистыми глинами с остатками нижнетуронской фауны.  
Мощность осадков 40÷50 м.



1 - алевролиты миоцена; 2 - серо-зеленые глины, мергели, ангидриты палеогена; 3 - пестроцветные пески сенона; 4 - пестроцветные алевролиты турона; 5 - выходы докембрийских образований; 6 - разрывные нарушения; 7 - пликативные структуры чехла: а - синклинали, б - антиклинали; 8 - направление потока подземных вод верхнемелового водоносного комплекса; 9 - область транзитной разгрузки пластовых вод; 10 - урановорудные залежи.

Рисунок 4 - План рудоносности Карамурунского рудного района (со снятым чехлом верхнеплиоценово-четвертичных отложений, по Казаринову В.В.)

Отложения верхнего турона, согласно залегающие на нижнетуронских, сформированы в условиях крупной аллювиальной равнины и представлены пачкой разнозернистых зеленых, реже серых песков с линзами и прослоями гравийных пород, зелёных и тёмно-серых с фиолетовыми пятнами неслоистых озерных глин и алевролитов. Непроницаемые образования мощностью до 1,5÷2,0 м, кулисообразно расположенные в верхней части разреза, образуют промежуточный водоупорный слой между верхнетуронскими и коньякскими горизонтами.

В юго-восточной части района аллювиальные образования верхнего турона фациально замещаются красноцветными в основном глинистыми делювиально-пролювиальными отложениями. Мощность отложений верхнего турона около 60 м. В песках верхнего турона сосредоточено 10% запасов урановых руд месторождения Ирколь. Отложения верхнего турона коррелируются с нижним циклом инкудукского горизонта в ШСД.

Выше лежащие сенонские образования расчленены на основании биостратиграфических построений на коньякский, сантонский, кампанский и маастрихтский ярусы.

Отложения коньякского яруса согласно, без перерыва, залегают на породах верхнего турона и представлены наиболее грубозернистой частью сенонского разреза. На всей площади месторождения он начинается с руслового литогенетического комплекса, представленного в нижней и средней частях разреза восстановленными зеленовато-серыми и светло-серыми галечно-гравийными и песчаными отложениями стречневых частей русел, содержащими редкий углефицированный растительный детрит.

Для этих пород характерна пологая косая слоистость потокового типа и сложные взаимоотношения тел разнообломочных пород внутри комплекса. Завершается комплекс горизонтально-слоистыми мелкозернистыми белесыми, розовато-белесыми, буровато-белесыми глинистыми песчаниками и песками с прослойками и обрывками красноцветных алевролитов, относящихся к припойменным частям палеорусел. Местами вверх по разрезу русловый литогенетический комплекс сменяется делювиально-элювиальным, представленным белесо-желтыми, буровато-желтыми и красно-бурными неслоистыми разнозернистыми песками и песчаниками, буровато-красными неслоистыми алевролитами и глинами с белесыми пятнами и прослойками. Таким образом, в вертикальном ряду литогенетических типов проявляется четкая смена первичной восстановительной обстановки через нейтральную (белесые породы) на окислительную.

Мощность отложений коньяка практически неизменна на всей площади месторождения и составляет 58÷62 м, за исключением участка на северном его фланге, где верхняя часть горизонта эродирована и выходит непосредственно под верхнеплиоценовые отложения. Водопроницаемая часть разреза мощностью до 45 м образует с верхнетуронским единый водоносный горизонт, получивший название иркольского.

Размещение ЛФТ на площади показывает, что стрезень палеопотока, отложения которого характеризуются максимальными значениями коэффициента фильтрации, приходится на центральную часть северной половины месторождения.

Отложения коньякского яруса вмещают около 80 % запасов урановых руд месторождения Ирколь. Эта пачка пород сопоставима со средним циклом инкудукского горизонта в ШСД.

В разрезе сантонского яруса, согласно перекрывающего нижележащие коньякские отложения, выделяются две неравноценные по объему литологические пачки:

- Нижний сантон с мощностью песчано-глинистых пород до 35 м;
- Верхний сантон с мощностью осадков делювиально-аллювиальной равнины до 70 м.

Осадки сантона представлены широким площадным развитием красноцветного комплекса русловых, пойменных и луговых накоплений. Этот комплекс, при явном преобладании глинистых пород, в районе наиболее фациально изменчив. Луговые зеленоцветные и аллювиальные сероцветные осадки вмещают около 5 % запасов урана на месторождении. Данные отложения сопоставимы с верхней частью инкудукского горизонта в ШСД.

Отложения кампанского яруса, преимущественно аллювиального происхождения, представлены комплексом серых, реже зеленовато-серых глинисто-песчаных пород, имеющих мощность около 20 м. В пределах месторождения урановое оруденение встречается в кампане эпизодически в виде мелких рудных тел и связано, по-видимому, с перетоком кислородных вод из подстилающих отложений верхнего сантона. К проницаемым пескам приурочено около 5% запасов урана месторождения Ирколь.

Отложения маастрихтского яруса мощностью около 40 м согласно залегают на породах кампана и представлены в основном мелководно-морскими осадками, сформированными в субаквальной обстановке. В юго-восточной части района они замещаются аллювиально-делювиальными отложениями. В пределах площади месторождения Ирколь отложения маастрихтского яруса безрудны.

Отложения кампана и маастрихта сопоставимы с жалпакским горизонтом ШСД.

Отложения дат-палеоцена, залегающие на границе верхнего мела и палеогена, представлены отложениями, накопившимися преимущественно в озерно-лагунных обстановках – голубовато-серыми и красными доломитистыми глинами и алевролитами, бурыми карбонатно-глинистыми и буровато-розовыми карбонатными песчаниками. Суммарная мощность отложений около 30 м.

Отложения палеогеновой системы представлены доломитистыми песчаниками, доломитами, гипсами и известняками верхнего палеоцена (до 15 м) и трансгрессивной серией эоценовых отложений: глауконитовыми

песчаниками, черными и серыми глинами нижнего эоцена (до 30÷34 м), коричневато-серыми мергелями, известковистыми глинами и глинами среднего эоцена (до 50 м) и серо-зелёными алевролитами и глинами верхнего эоцена (до 220 м). Отложениями верхнего эоцена на месторождении Ирколь завершается разрез мел-палеогенового структурно-формационного комплекса, испытавшего слабые пликативные деформации, приведшие к пологой складчатости без нарушения целостности горизонтов.

Завершается разрез осадочного чехла неоген-четвертичными отложениями, которые субгоризонтально залегают на различных нижележащих стратиграфических образованиях. Представлены они комплексом осадочных пород мощностью от 0 до 100 м, образованных в условиях пролювиальной равнины, существовавшей в верхнеплиоценовое время. Верхнюю часть комплекса слагают четвертичные эоловые и аллювиальные пески с линзами неслоистых глин общей мощностью до 110 м.

### **3.2 Структурные особенности**

В структурном отношении близмеридиональная рудоносная полоса месторождения тяготеет к юго-восточному склону Карамурунского вала - погруженной части одноименного выступа хребта Б. Каратау. Карамурунский вал – это сложно построенная сводово-глыбовая структура антикаратауского (т. е. северо-восточного) простирания, имеющая длину около 100 км и ширину 40 км. На северо-западе вал сопрягается с Урмекумской впадиной, а на юго-востоке с Карамурунским прогибом. Карамурунский вал состоит из трех крупных положительных структур - Карамурунского, Иркольского и Байгакумского горстов и разделяющих их двух отрицательных структур – Алгабасского и Ушанкольского грабенов.

Горсты и грабены ограничены разрывными зонами типа сбросов-взбросов, имеющими северо-восточное, согласное с простиранием вала, направление. Наиболее изученной структурой является Иркольский горст, в пределах которого локализуется месторождение Ирколь. Горст сформирован преимущественно вертикальными и косыми движениями по Ушанкольскому взбросу, Чаулинчинскому и Кызылтускому сбросам в плиоценовый этап неоген-четвертичного орогенеза. В пределах горста породы верхнего мела и палеогена смяты в пологие ( $1\div 3^\circ$ , реже  $5\div 7^\circ$ ) складки с юг-юго-западной ориентировкой осей и в северной части горста значительно, вплоть до палеозойских пород, эродированы.

Структурными условиями площади обусловлены существенные различия в сохранности и мощностях чехла и в первую очередь образований палеогена, в меньшей мере верхнемеловых отложений.

Четвертичные отложения, образовавшиеся в посторогенный этап развития, имеют наиболее стабильные мощности и субгоризонтальное залегание. Карамурунский прогиб – крупная ( $60\times 100$  км) синклиналичная структура, заключенная между Карамурунским валом, Каратауским

горстовым поднятием, Яныкурганским валом и глубокопогруженной Жаугашской впадиной.

Месторождение Ирколь характеризуется спокойной тектонической обстановкой. Разнонаправленные тектонические нарушения, широко проявленные в домезозойских образованиях, в рыхлых и слабо сцементированных отложениях осадочного чехла практически не проявлены.

### **3.3 Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности**

Площадь месторождения Ирколь в гидрогеологическом отношении входит в состав Среднесырдарьинского равнинного бассейна, являющегося северным крылом крупного Сырдарьинского артезианского бассейна первого порядка.

На Иркольском рудном поле, в юго-восточной части Иркольского горста, где водоносные слои испытали только пликативные деформации, гидродинамический план характеризуется северо-западным направлением потока пластовых вод. В северной части горста, в результате барьерного влияния Кызылтусского сброса, происходит деформация этого плана, выражающаяся изгибами гидроизогипс в западном направлении. Поток пластовых вод здесь характеризуется малыми уклонами и скоростями движения воды, что, по-видимому, связано с затрудненными условиями разгрузки водоносного комплекса на его выходах в ядрах антиклинальных структур горста. Ушанкольская взброс и Чаулинчинский сброс являются естественными барьерами на пути потока пластовых вод, так как по их зонам водоносные горизонты верхнего мела приведены в контакт с водоупорными породами палеогена. Вдоль этих разломов в горсте образуются застойные зоны, характеризующиеся повышенной минерализацией пластовых вод. Вялость гидродинамического режима в верхнемеловом комплексе на Иркольском поле обуславливает и специфику гидрогеохимических условий в разных зонах пластового эпигенеза. Полученные гидрогеохимические данные свидетельствуют о пассивности процессов перераспределения и накопления урана на восстановительном барьере и весьма слабом их проявлении по селену. Масштабы накопления селена в рудных зонах на порядок ниже, чем урана, что является, по-видимому, одной из основных причин практической монокомпонентности инфильтрационного оруденения на месторождении Ирколь.

На месторождении проявлены все три выделяемых в Сырдарьинском бассейне структурно-гидрогеологических этажа (сверху вниз):

1) верхний – преимущественно рыхлых и слабо литифицированных образований этапа новейшей тектонической активизации (N-Q) с грунтовыми водами в молассоидах;

2) средний – слабо литифицированных образований этапа платформенного развития (K-P) с напорными и артезианскими водами в терригенных породах;

3) нижний – литифицированных домезозойских образований преимущественно с трещинно-пластовыми и трещинно-жильными водами.

### 3.4 Вещественный и минеральный состав руд

В плане рудные залежи представляют собой протяженные (до 5÷6 км) извилистые ленты переменной ширины (от 50 до 800 м), вытянутые в соответствии с границами ЗПО вблизи меридионального направления. Внутреннее строение залежей сложное, обусловленное чередованием минерализованных ураноносных пластов и прослоев без рудных пород.

В поперечных разрезах урановые руды, в соответствии со ступенчатым строением области выклинивания ЗПО, образуют тела, состоящие из сложно сочетающихся друг с другом роллов, роллоподобных форм, линзовидных и пластовых тел. Они характеризуются изменчивой мощностью (от первых метров до первых десятков метров, средняя мощность 9,7 м) и сложным строением, выражающимся в изменчивом сочетании от 1 до 5÷7 рудных тел на разных гипсометрических уровнях, разделенных безрудными пластами, при объемном коэффициенте рудоносности от 0,3 до 1 (в среднем 0,5).

Урановое оруденение локализуется практически во всех литологических разностях пород с определенным тяготением к средне-мелко- и тонкозернистым пескам. Минералогический состав руд и вмещающих пород аналогичен и различается только наличием рудной минерализации. В составе обломочного материала пород преобладает кварц (65÷75 %), полевые шпаты составляют 5÷7 %, кремнистые породы (яшмы, кварциты, роговики, сланцы) 3÷5 %, слюдистые минералы (мусковит, биотит, хлорит, флогопит) 0,5÷3,0 %, углефицированные растительные остатки до 0,5÷1,5 %. Среди диагенетических и эпигенетических минералов отмечаются пирит 0,5 %, кальцит до 2,5 % (содержания CO<sub>2</sub> около 0,7 %), доломит до 0,5 %, барит до 1,2 %. Из акцессорных минералов присутствуют турмалин, ильменит, лейкоксен, гранат, ставролит, циркон, цоизит, апатит, анатаз, рутил, магнетит, гидрогематит.

Цемент глинистый, в редких случаях с примесью карбонатного материала, количество его составляет от первых единиц до 15÷20 % массы породы. Глинистый материал представлен мелкочешуйчатыми, спутанно-волокнистыми агрегатами и состоит из смеси монтмориллонита (40÷42 %) и гидрослюды (44÷46 %) с примесью каолинита (14 % от общей массы глинистого материала). Карбонатный материал в цементе распределен неравномерно и представлен мелкоагрегатными скоплениями кальцита и доломита.

Урановые минералы представлены тонкодисперсными коффиномом (70÷90 %) и настураном (до 30 %), образующими вкрапленность в межзерновом глинисто-алевритовом заполнителе, тончайшие пленки вокруг обломочных зерен, псевдоморфозы по растительным тканям углистого детрита и легко переходят в раствор слабо концентрированной серной

кислоты. Повышенные содержания селена связаны с самородным селеном, ферроселитом, ванадиевые – с тьюмунитом и хеггитом.

Руды месторождения монометалльные – урановые. Содержание урана в рудных телах варьирует в широком диапазоне – от 0,01 до 1,0%, составляя в среднем 0,042%. По содержанию урана руды месторождения Ирколь относятся преимущественно к бедным, реже к рядовым. Рудные залежи, благодаря значительным колебаниям мощности (от первых метров до 24 м), характеризуются весьма изменчивой продуктивностью – от 1 до 18 кг/м<sup>2</sup>. Оруденение на месторождении формируется в крыльях пологих пликативных структур, что и обуславливает субгоризонтальное залегание рудных тел и их общее погружение с севера на юг увеличивается от 180 до 750 м (средняя глубина залегания подошвы рудных залежей 420 м).

По химическому составу урановые руды месторождения относятся к силикатному типу (SiO<sub>2</sub> - 83,5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 6,86%) и характеризуются незначительным содержанием вредных примесей: CO<sub>2</sub>, S, C<sub>орг</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Содержание CO<sub>2</sub> в породах и рудах невысокое в среднем 0,55%. Очень низкое содержание серы (0÷0,38%) обусловлено, вероятно, малыми содержаниями в породах дисульфидов железа. Количество C<sub>орг</sub>. Также небольшое и составляет в среднем по пескам 0,05÷0,29%, повышаясь в песчаниках до 0,12÷0,37%, в алевролитах и глинах до 0,57%. Фосфор присутствует в апатите и фосфатном веществе, замещающем костные обломки.

Радиологические условия рудных залежей характеризуются проявлением статической зональности, т.е. отсутствием инфильтрационных радиевых ореолов, осложняющих количественную интерпретацию результатов гамма-каротажа скважин. Коэффициент радиоактивного равновесия по рудным интервалам колеблется в пределах 0,7÷0,9, составляя в среднем по месторождению 0,8.

В разрезе рудовмещающих водоносных горизонтов выделяются два литолого-фильтрационных типа руд и вмещающих пород, имеющих достаточно четкую пространственную обособленность.

Проницаемые породы и руды, представленные песком и гравием с галькой, содержащими алевроглинистые частицы в количестве менее 20% и имеющими коэффициент фильтрации более 1,0 м/сут.

Слабопроницаемые и водоупорные породы и руды, представленные песчаниками на глинистом цементе, алевролитами и глинами, содержащими алевроглинистые частицы в количестве более 20% и имеющими коэффициент фильтрации менее 1,0 м/сут.

Основные запасы урана на месторождении Ирколь (около 90%) сосредоточено в первом проницаемом типе рудовмещающих пород.

### **3.5 Геотехнологические свойства руд**

Лабораторными исследованиями, подтвержденными опытными

работами, установлены следующие геотехнологические особенности уранового оруденения на месторождении Ирколь:

1) Основные запасы месторождения локализуются в проницаемых и высоко проницаемых песчаных и гравийно-песчаных отложениях (Кф от 1 до 12 м/сут), причем рудные пески характеризуются в основном равной или более высокой проницаемостью по сравнению с без рудными;

2) Рудам свойственна низкая карбонатность (содержание  $\text{CO}_2$  менее 2 %) при инертном, труднорастворимом составе основной массы породобразующих минералов и высоко растворимой рудной минерализации;

3) Рудовмещающие водоносные горизонты обычно ограничены достаточно выдержанными по площади и мощности водоупорами и залегают ниже уровня грунтовых вод;

4) 4.Опытные, лабораторные и экспериментальные полевые работы показали, что процесс сернокислотного выщелачивания протекает с высокими значениями основных геотехнологических показателей (степень извлечения урана из недр, отношение Ж: Т, удельный расход реагента и т.д.).

Процесс выщелачивания стимулируется относительно повышенной температурой водной среды горизонтов ( $35^\circ\text{C} \div 43^\circ\text{C}$ ).

Из неблагоприятных факторов можно отметить большие глубины оруденения (до 750 м), наличие в надрудной зоне нескольких водоносных горизонтов суммарной мощностью до 180 м и легко размываемых пород неогена (до 100÷120 м). К осложняющим отработку месторождения факторам также относится то, что рудовмещающий иркольский горизонт имеет большую мощность и линзовидный характер развитых в его разрезе водоупорных слоев, что может привести к растеканию рабочих растворов вниз и за контуры рудных залежей. Определенные трудности в освоении месторождения могут быть также связаны с устройством его поверхности, представленной холмисто-ячеистыми песками, припойменными тугаями и руслом р. Сырдарья.

В целом урановые руды месторождения Ирколь высоко технологичны применительно к сернокислотному способу выщелачивания и отработка месторождения экономически целесообразна.

#### **4 Комплекс химических реагентов для регенераций скважин и повышение содержания урана**

Как комплекс реагентов для решения проблем с кольтатацией скважин были применены бифторид аммония и минеральная кислота, а также поверхностно-активные вещества при регенерации геотехнологических скважин. Для очистки фильтровой и прифильтровой зоны скважины от загрязняющих и закупоривающих налетов использовались глино-кислотные ванны, в состав которого входит глинистый раствор, частички цементного камня, продукты коррозии металла и др. Кислотные ванны используются в геотехнологической практике при освоении скважин для вскрытия блоков с повышенной карбонатностью и глинистостью рудоносного горизонта. Они способствуют повышению притока из продуктивного слоя, достаточный для освоения без кислотной обработки. Кислотная обработка фильтровой зоны дает информацию о необходимости и уточнения проведения и соблюдения очередности работ.

Использование бифторида аммония и комплекса химических реагентов для повышения притока получили широкое распространение. Эти методы основаны на особенности горных пород и взаимодействии их с химическими веществами. Кроме того, некоторые химические вещества и их фазовые разновидности влияют на поверхностные и молекулярно-капиллярные связи в поровом пространстве пород.

Схемы и методы применения различных химических реагентов для повышения продуктивности раствора при подземном скважинном выщелачивании в производственных процессах широко использовались. Эти методы отличались друг от друга рецептурой состава, темпами и объемом нагнетания раствора с геотехнологические скважины, различными параметрами давления и температур.

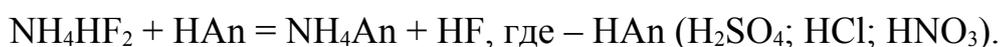
Раствор кислоты и другие кислоты, которые образуются во время химической реакции, вступают с различными веществами во взаимодействия.

Кислотный раствор, а также кислоты, образовавшиеся во время химической реакции, вступают во взаимодействие с другими веществами. Раствор смесей фтористоводородной и соляной кислот, так называемая глинокислота, воздействует на порообразующие минералы силикаты и алюмосиликаты, при этом образуются растворимые соли кремний фтористоводородной кислоты, хлористых и фторидных солей металлов, кремниевой кислоты.

Кислота кремния в растворе имеющим кислую среду находится в основном в виде геля, но при достижении определенной концентрации она превращается в состав, который может зацементировать поровое пространство рудного пласта и это может стать преградой для просачивания продуктивных растворов.

Процесс обработки продуктивных пластов глинокислотой проводится также по той же технологической схеме, как обработка соляной кислотой. По регламенту необходимо обработать соляной кислотой, и только позже глинокислотой. Обработка глинокислотой предотвращает образование гелевого раствора кремнекислоты. Бифторид аммония  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  используется вместо фтористоводородной кислоты. Смесь соляной кислоты и бифторида аммония взаимодействует с алюмосиликатами и кварцем так же, как смесь  $\text{HF}$  и  $\text{HCl}$ .

Выбор бифторида аммония для воздействия на кольматанты, обусловлен его способностью к реакции обмена с минеральными кислотами (серная, соляная, азотная кислоты) и образованию плавиковой кислоты.



Плавиковая кислота, образуется в результате химической реакции, она реагирует с алюмосиликатами и кремнистыми соединениями, которые являются составной частью рудовмещающих пород и кольматирующих осадков:



В результате происходит растворение как кольматанта, так и части терригенной составляющей песков, в целом увеличивая эффективную пористость массива рудного блока. При этом плавиковая кислота полностью утилизируется за счет большого количества кварца, содержащегося в песках. Результаты лабораторных исследований свидетельствует о возможности использования бифторида аммония в качестве добавки в раствор серной кислоты для эффективного проведения химических обработок технологических скважин.

В последние годы ассортимент реагентов, используемых для химических обработок стал более широким. Применение смеси бифторидного комплекса в сочетании с различными ПАВ и интенсификаторами дает возможность улучшения условия притока продуктивных растворов из пласта в скважину. Производственная практика свидетельствует, что пласты целесообразно обрабатывать с использованием бифторидного комплекса.

По результатам анализа информации минералогического и гранулометрического составов керна участка «Ирколь», из широкого спектра химических реагентов на основе прошлых опытов для ускорения процесса интенсификации и максимального извлечения урана в качестве

химических реагентов многофункционального назначения были подобраны следующие основные реагенты синергетического действия:

**Бифторид аммония ( $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF} + \text{NH}_4\text{F}$ )(БФА)** - это бесцветные кристаллы, которые отличаются тем, что они легко растворимы в воде, хорошо впитывающих влагу (аммоний фтористый кислый нельзя хранить в условиях повышенной влажности), его кислотность в пересчете на плавиковую кислоту составляет 25%, плотность реагента 1,27 г/см<sup>3</sup>. Реагент бифторид аммония очень удобно использовать в труднодоступных районах, это связано с тем, что он может храниться и транспортироваться обычными методами. Он хранится и доставляется в полиэтиленовых мешках, размещенных в четырех- пятислойных бумажных мешках, их масса около 36 кг. Бифторид аммония должен храниться в крытых складских помещениях, в сухих условиях, он является токсичным. Если концентрация в воздухе будет составлять выше 0,2 мг/м<sup>3</sup>, то есть выше предельно-допустимой нормы, то это может вызывать заболевания костных тканей, глаз кожных покровов и нарушение деятельности центральной нервной системы.

Для восстановления и улучшения фильтрационных характеристик, а также растворения и разрыхления в скважине возможных твердых отложений, как следствие повышения проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта и дебета скважин в подземном скважинном выщелачивании урана успешно применяется метод кислотной обработки призабойной зоны скважин.

**Сульфаминовая кислота (САК)** – (моноамид серной кислоты, амидосерная кислота)  $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{OH}$ , мол. м. 97,098; это кристаллическое вещество белого, светло-серого цвета, при длительном хранении может слеживаться, она плавится при температуре 200-205°С с разложением. Кислота хорошо растворяется в воде, но значительно уменьшается ее растворимость в воде в присутствии серной кислоты 70%. Она полностью разлагается на азот, воду и сернистый ангидрид при температуре 260°С, кислота не токсична.

Активное взаимодействие с оксидами металлов и с самими металлами, из гидроксидами, карбонатами обуславливается свойством сульфаминовой кислоты как интенсификатора выщелачивающего раствора. Комплекс с ионами  $\text{Fe}^{2+}$  образуется в результате обменных химических реакций сульфаминовой кислоты. При этой реакции повышается соотношение  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  и повышается значение Eh раствора, в конечном счете это интенсифицирует процесс выщелачивания урана. В кристаллическом состоянии сульфаминовая кислота образует цвиттер – ион  $\text{NH}_3^+ \text{SO}_3^-$ , это приводит к понижению pH продуктивного раствора.

**Лигносульфанаты** – анионные поверхностно-активные вещества, в водном растворе они находятся в коллоидном состоянии (степень гидратации 30-35%), немного понижают поверхностное натяжение воды, могут образовывать стойкие эмульсии и пены. Лигносульфанаты получают

на целлюлозно-бумажных комбинатах при гидролизе древесины в виде смолоподобного продукта. Они применяются для понижения вязкости глинистых растворов.

**Серная кислота ( $H_2SO_4$ )** концентрации – не менее 92,5 %. Плотность реагента 1,82 г/см<sup>3</sup>. Поставляется в цистернах. Перевозка и транспортировка производится специальным автотранспортом. Кислота является пожаро- и взрывобезопасной, их пары очень токсичны. Предельно-допустимый коэффициент кислотных паров в воздухе рабочей зоны – не более 1 мг/м<sup>3</sup>. В случае попадания кислоты на кожу может вызвать сильные ожоги, а если кислота попадет в глаза, то может вызвать даже потерю зрения. Вдыхание концентрированных паров может привести к тяжелому поражению легких и полной потере сознания.

#### **4.1 Приготовление растворов для проведения кислотных обработок скважин, меры безопасности и охрана окружающей среды**

Приготовление растворов и обработка скважин химическими веществами должны производиться в соответствии с инструкцией по работе с сильнодействующими едкими веществами (кислотами, щелочами, реагентами, растворами солей) и применению  $H_2SO_4$  для восстановления дебита скважин.

**Способ приготовления:** Приготовление бифторидного комплекса с серной кислотой необходимо производить в пунктах заправки и приготовления кислотных растворов для передвижных химических обработок:

а) в емкости для химических обработок заливают ВР с серной кислотой концентрации не более 5-10%;

б) засыпают бифторид аммония по 25-50 кг/куб в емкости с ВР и серной кислотой; рецептура бифторидного комплекса содержит не более: 5-10% минеральной кислоты ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ); 2-5% бифторид аммония, остальное вода или ВР.

в) приготовленный раствор транспортируется на скважину в передвижной установке для химической обработки, из которого под наливом или собственным насосом раствор кислоты закачивается в пласт.

Работы по реагентной обработке технологических скважин относятся к работам в условиях повышенной опасности и выполняются только по специальному «Наряду на производство работ с повышенной опасности» с соблюдением требований «Инструкции о порядке производства работ с повышенной опасности по наряду»

Таблица 1 – Концентрации декольматирующих растворов и химических реагентов

№ опыта	Выщелачивающий раствор $H_2SO_4$ 10 г/дм <sup>3</sup> , концентрация химических реагентов
---------	---

1	10% раствор САК (сульфаминовая кислота)
2	10% раствор ЛСТ (лигносульфанат)
3	5% САК и 5% ЛСТ
4	$H_2SO_4$ 10 г/дм <sup>3</sup>
5.	6-8% раствора хлорида железа

По результатам предварительных экспериментов подобраны составы и концентраций химических реагентов многофункционального назначения для ослабления эффекта химической коагуляции и разглинизации. Концентрации выщелачивающих растворов и химических реагентов для тестовых испытаний приведены в таблице 1.

Состав и концентрация комплекса химических реагентов многофункционального назначения будут подобраны индивидуально для каждого технологического блока и технологической скважины, в зависимости технологических характеристик скважин и блока. В настоящий момент подобраны скважины, отключенные по регламенту по причине низкого содержания, а также блока с высокой карбонатностью и глинистостью. Под эти параметры подходят блока 13, 11-10, 11-5-2, 22-1, 9-2, 5-1, 5-2.

#### **4.2 Проведение опытно-промышленных испытаний геотехнологических скважин рудника «Ирколь» с применением химического комплекса реагентов многофункционального назначения**

Как стало известно основной причиной низкого содержания урана в ПР на руднике «Ирколь» является низкая кинетика растворения урановых минералов в продуктивном горизонте. Низкая производительность откачных скважин и приемистость закачных обусловлена глинизацией скважин и химической коагуляцией, которая подразумевает под собой нарастание кристаллов гипса на фильтровую колонну с последующим снижением дебита и выходом из строя скважины. Глинизация скважины и гипсовая коагуляция имеет необратимый характер и наблюдается как внутри полигона ПСВ, так и за его пределами в зоне, доступной воздействию потоков сернокислых растворов. Полнота взаимодействия карбоната кальция и глинистых минералов с серной кислотой зависит от степени его дисперсности. В тех случаях, когда он входит в состав алевроит-глинистой фракции хорошо проницаемых песчаных отложений, как правило, происходит полное его взаимодействие с раствором  $H_2SO_4$ . Часть  $CaCO_3$ , составляющей песчаную и более крупные фракции, обычно не успевает целиком прореагировать за время проведения подземного выщелачивания на данном участке. Этому способствует формирование непроницаемых гипсовых пленок, особенно вокруг массивных карбонатных

образований – отдельных включений, прослоев и линз, которые препятствуют взаимодействию кислоты с остаточными карбонатами.

Подготовка и проведение ОПИ осуществлялись на технологических скважинах с низкой производительностью и содержанием урана в ПР, отобранные специалистами рудника «Ирколь». Подготовка к проведению ОПИ включала выполнение работ по соединению откачной скважины с трубопроводом ВР для подачи и отдавливания химических реагентов в продуктивный горизонт методом пуш-пул. Для проведения экспериментов по улучшению проницаемости рудовмещающих пород и по освоению технологических блоков составлена рецептура декольматирующих растворов с применением химических реагентов многофункционального назначения.

Для устранения осадкообразования гипса, применяется емкость для приготовления декольматирующего раствора на основе 2-4 % бифторида аммония. При помощи установки промывки скважины с удлиненным рукавом серная кислота с добавлением бифторида аммония подается прямо на фильтровую колонну. Применение бифторидного комплекса должно быть обоснованным для регенерации скважины оно является химическим способом восстановления производительности скважин, заключающимся в подаче специальных химических растворов в фильтровую область и прифильтровую зону для растворения кольматирующих образований.

На участках с сильной химической кольматацией и в случаях тем, где классические способы очистки кольматантов на фильтровой колонне и прифильтровой зоне не дают результатов применяется реагентная обработка скважин. Вначале проводятся ремонтно-восстановительные работы с удалением песчаных пробок, промывкой фильтровой колонны и отстойника, эрлифтной прокачки скважины, только потом организуются работы по реагентной обработке геотехнологических скважин.

Для проведения работ по подготовке и закачке кислот наливным способом необходимо следующее оборудование:

а) передвижная платформа с гибким рукавом для соединения со скважиной;

б) химически стойкие емкости из пластика (евро куб) – 6 штук, соединенные между собой трубами.

Необходимо применять дополнительное оборудование при принудительной подаче бифторидного комплекса:

а) центробежный насосный агрегат из коррозионностойкого материала (пластика) требуемой производительности.

б) лебедка с электроприводом, гибкий рукав для подачи растворов химических реагентов в область фильтров.

Для увеличения приемистости блока и проведения ОПИ необходимо определить эффективный способ доставки химических реагентов синергетического действия в продуктивный горизонт. Оценить влияние химических реагентов на геотехнологические параметры закачных и

откачных скважин (изменение рН, ОВП, концентрации Me в ПР), что позволит определить эффективность химических реагентов многофункционального назначения для интенсификации процесса ПСВ урана.

Для определения эффективного способа подачи комплекса химических реагентов многофункционального назначения в продуктивный горизонт, и его воздействия на геотехнологические параметры, было решено подавать комплекс химических реагентов через сеть нагнетательных и откачных скважин. Также для облегчения выполнения ОПИ и последующего проведения мониторинга геотехнологических параметров было решено разделить работы на два этапа, каждый этап включал обработку пяти добывающих и близлежащих нагнетательных скважин. Номера скважин и период подачи химических реагентов первого и второго этапа приведены в таблицах 2-3 соответственно, где указаны количество и вид подаваемого реагента в определенную скважину.

Столбик дата запуска в закачной режим подразумевает дату начала подачи химических реагентов и ВР в скважину для расчета растекания от фильтра скважины. На основе гидрогеологических характеристик рудовмещающего горизонта теоретически рассчитаны радиус растекания ВР с химическими реагентами многофункционального назначения от 21 м до 28 м. Для полного охвата площади взаимодействия химических реагентов обработанные скважины поставлены на отдавливание ВР начиная на втором этапе.

Как видно из таблицы 2, на первом этапе было подано почти равное количество химических реагентов во все откачные скважины и равное количество химических реагентов во все нагнетательные скважины для последующего мониторинга и анализа эффективности влияния комплекса химических реагентов на интенсификацию ПСВ урана.

Таблица 2 – Параметры ОПИ первого этапа

№	№ скважины	Тип скважины	Me, Мг/л	рН	Примечание	FeCl <sub>3</sub>	БФА	САК	ЛСТ	Дата запуска в закачной режим
						кг	кг	кг	кг	
1	13-3-086	откачная	23	1,25	малодебитная	40	75	50	40	14.09.2017
	13-2-096	закачная				40	8			

	13-3-116	закачная				40	8			
	13-2-116	закачная				40	8	50		
	13-3-136	закачная				40	8	50		
2	11-10-186	откачная	20	2,22	малодебитная	80	75	50	40	15.09.2017
	11-10-216	закачная				40	8			
	11-9-256	закачная				40	8			
	11-9-236	закачная				40	8	50		
	11*9-216	закачная				40	8	50		
3	11-5-566	откачная	24	2,45	малодебитная	40	75	50		15.09.2017
	11-225а	закачная				40	8			
	11-227а	закачная				40	8	50		
4	22-1-1	откачная	111	1,7	малодебитная	40	75	50	60	14.09.2017
	22-1-1-10а	закачная				40	8	50		
	22-1-1-12а	закачная				40	8	50		
5	9-2-6а	откачная	12	1,58	малодебитная	40	125	50	60	17.09.2017
	9-2-13а	закачная				40	8	50		
	9-2-13а	закачная				40	8	50		

Как видно из таблицы 3, на втором этапе ОПИ было решено увеличить количество химических реагентов, подаваемых в откачные скважины, и уменьшить количество химических реагентов, подаваемых в нагнетательные скважины.

Методика обработки скважин с применением химического комплекса реагентов многофункционального назначения включала последовательную засыпку химических реагентов в скважину с последующим продавливанием ВР и ежедневный контроль, за приемистостью закачных скважин и производительностью откачных скважин (содержание Me, pH, ОВП, Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>). После обработки составом БФА, приемистость закачных скважин в среднем увеличивается до проектных значений. Акт проведение ОПИ первого и второго этапов с указанием периода проведения экспериментальных работ приведен.

Таблица 3 – Параметры ОПИ второго этапа

№	№ скважины	Тип скважины	Me,		Примечание	FeCl,	БФА,	САК,	ЛСТ,	Дата запуска в закачной режим
			Мг/л	pH		кг	кг	кг	кг	
1	5-12в	откачная	12	2.21	малодебитная	240	100	250	400	13.11.2017
	5-22а	откачная	18	2.24	малодебитная	320	150	200	440	13.11.2017
2	5-33б	закачная				0	25	0	0	
	5-43б	закачная				0	25	0	0	

	5-416	закачная				0	50	0	0	
	5-286	откачная	19	2.39	малодебитная	280	100	200	520	13.11.2017
3	4-156	закачная				0	25	0	0	
	5-556	закачная				0	100	0	0	
	5-306	откачная	11	1.87	малодебитная	0	0	0	0	13.11.2017
4	5-576	закачная				0	50	0	0	
	5-596	закачная				0	50	0	0	
5	5-636	откачная	18	2.37	малодебитная	360	600	500	600	23.11.2017
	22-1-1-									
6	11a/1	откачная	144	1.73	малодебитная	0	175	150	340	04.12.2017

### **4.3 Проведение мониторинга геотехнологических параметров скважин после проведения ОПИ по интенсификации отработке технологических блоков**

Подземное скважинное выщелачивание ПСВ урана, предполагает процесс, при котором происходит растворение полезного компонента химическим реагентом на месте залегания рудного тела с последующим выносом образованных соединений, движущимся потоком растворителя от закачной скважины к откачной. В результате в недрах протекают различные физико-химические процессы: образование газов, растворение отдельных минералов, перенос твердых взвешенных частиц с потоком раствора, выделение в поровой среде химических осадков, вследствие чего происходит увеличение гидравлических сопротивлений и образование непроницаемых участков вокруг фильтра. В большинстве случаев осадки, кольматирующие фильтры и ПЗП, являются многокомпонентными и могут содержать одновременно соли железа, марганца и их гидрооксиды, карбонаты кальция или магния, соединения кремнекислоты и сульфиды, а также песок и глину. Они осаждаются на поверхности фильтров и в порах прилегающих водоносных пород, затрудняют движение выщелачивающего раствора. При выщелачивании вмещающих пород, средним содержанием карбонатов в продуктивном горизонте превышающие 1,5 – 2,0 % процессы осаждения многокомпонентных кольматантов скоротечно и значительно снижают проницаемость пород, образуя устойчивый геохимический барьер. Восстановление первичной проницаемости традиционными методами малоэффективно.

На основе опыта прошлых работ и в ходе проведения данной работы можно заключить, что для всех месторождений урана, расположенных на территории Южного Казахстана, оптимальным является малореагентный серноокислотный способ ПСВ, предусматривающий обязательное применение высокоэффективных химических реагентов синергетического действия и других интенсификаторов процесса. Однако, следует отметить, что отдельные особенности протекания процесса (вид химического реагента, его

концентрация и способ подачи) для разных месторождений сильно различаются и должны подбираться индивидуально.

Известен способ [8] подземного выщелачивания пластово-инфильтрационных месторождений металлов, включающий вскрытие продуктивного пласта скважинами с гексагональной системой их размещения, подачу выщелачивающего раствора в закачные скважины и отвод продуктивного раствора через откачные скважины, с реверсированием второго ряда закачных скважин в откачной режим в пределах определенного времени. К недостаткам данного способа относится то, что применение гексагональной системы вскрытия в сложных геологических условиях с высоким содержанием карбонатов в породе  $\geq 1 - 2\%$  с течением времени затрудняется в связи с кольматацией и образованием неохваченных зон и разубоживанием пластовыми водами.

Здесь описывается способ вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений, включающий вскрытие и эксплуатацию месторождения урана системой технологических скважин, из которых каждая скважина работает в автоматическом реверсивном режиме и используется как для закачки растворителя, так и для откачки продуктивного раствора. Сложность эксплуатации данного способа является, то что применение реверсивных скважин в сложных геологических условиях с высоким пластовым давлением затрудняется переосаждением урана и разубоживанием выщелачивающих — продуктивных растворов пластовыми водами.

Имеются сведения по выщелачиванию урана из карбонатных руд включающий обработку исходного сырья выщелачивающим раствором серной кислоты с концентрацией 3-7 г/л. При выщелачивании урана слабыми (3-7 г/л) растворами серной кислоты при нейтрализации выщелачивающих растворов в продуктивном горизонте есть вероятность выпадения урана в осадок и его повторного пере отложения.

Целью данного способа является повышение эффективности процесса выщелачивания урана в породах продуктивного горизонта, в сложных геологических условиях, а также снижение расходования серной кислоты на выщелачивание и сокращение времени на отработку геотехнологического блока.

Обработка проблемных геотехнологических блоков с низкими значениями отработки, не достигающие проектных, проводится следующим образом: через откачную скважину в продуктивный горизонт подают специальный комплекс химических реагентов: бифторид аммония -1, сульфаминовая кислота — 2; лигносульфонат – 3; хлорид железа (III) – 4; с последующим продавливанием на необходимый радиус выщелачивающим раствором включающий серную кислоту с концентрацией 3-7г/л. Состав и концентрации химических реагентов подбираются в зависимости от кондиций продуктивного горизонта.

Результатом проведенных испытаний является интенсификация отработки геотехнологических блоков, увеличение содержание урана в

продуктивном растворе, увеличение производительности технологических скважин, снижение расходования химических реагентов на отработку геотехнологических блоков в сложных геологических условиях. На рисунках 5, 6, 7, 8, 9 изображены графики изменения содержания урана и производительности скважин на которых были произведены ОПИ с применением химических реагентов. Графики строились на результатах опробования скважин и мониторинга данных в период до и после проведения экспериментальных работ где красным выделено содержание урана в ПР, синим выделена производительность скважины по ПР, зеленым – значений рН в ПР. В приложении В приведены краткие геотехнологические параметры скважин до и после проведения ОПИ. На рисунке 5 изображен график данных скважины №13-3-086.

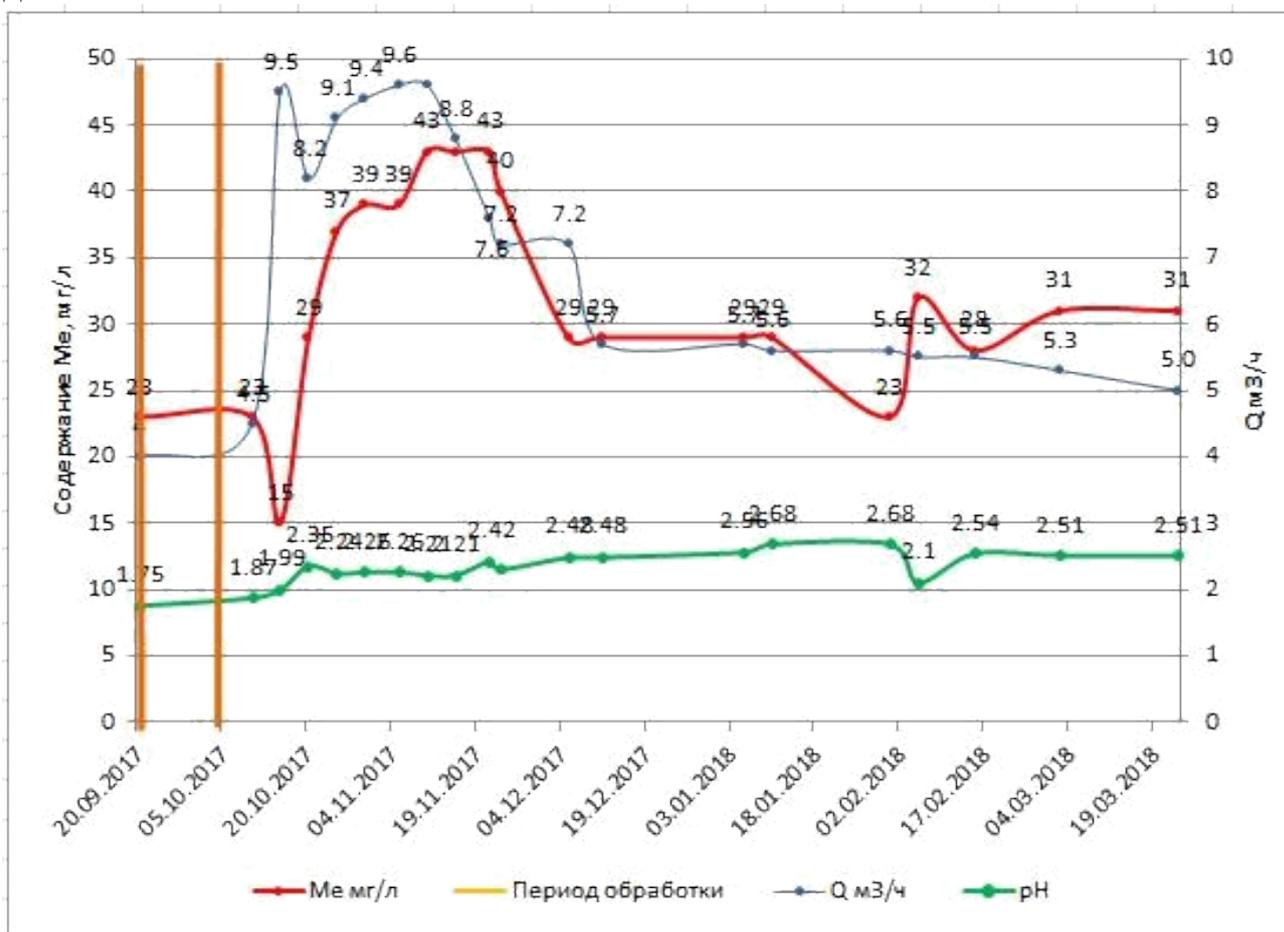


Рисунок 5 – Динамика изменения содержания урана в ПР и производительность скважины 13-3-086 по времени

Согласно данным химических анализов ПР, был построен наглядный график динамики изменения содержания урана в ПР и производительности скважины по времени. Из мониторинга параметров работы скважин видно, что среднее содержание урана в ПР за 2017 г не превышало 30 мг/л, а производительность скважины по ПР была относительно низкой в пределах 4 м³/ч. В период 2016 – 2017гг из-за низкого МРЦ скважина работала периодически и не работала с июня месяца 2017 г до проведения ОПИ, на

момент проведение экспериментальных работ опробование ПР показало наличие урана на уровне 23мг/л. Средняя производительность скважины составляла 4 м<sup>3</sup>/ч. Традиционные методы РВР не давали значительного повышение производительности скважины на длительное время в связи с значительной глинистостью продуктивного горизонта. До проведения ОПИ МРЦ скважины не превышал 15 дней и был крайне нестабилен. После проведения экспериментальных работ можно увидеть плавное увеличение концентрации урана в ПР до 45мг/л со стабильным значением рН равной 2,26 и дебитом 9,6 м<sup>3</sup>/час. Период бесперебойной работы скважины составил с 05.10.2017 г. по 25.01.2018 г до проведения х/о с применением БФА 25 кг. + 200 г/л серной кислоты. Повышение урана в ПР с 23 до 45 Мг/л без увеличения концентрации серной кислоты в ВР свидетельствует о повышении кинетики растворения урана. Повышение средних значений производительности скважины с 4 до 9,6 м<sup>3</sup>/час и продолжительности бесперебойной работы скважины с 15 до более чем на 100 дней без применения дополнительных традиционных методов РВР свидетельствует о эффективной разглинизации порового пространства продуктивного горизонта. Производительность откачной скважины по ПР стабилизировалась в пределах 5,2 м<sup>3</sup>/ч, что соответствует проектным значениям отработки. Проведение мероприятий по повышению урана в ПР и увеличению производительности скважины положительно отразилось на интенсификацию отработки целого эксплуатационного блока.

На рисунке 6 показан график динамика изменения содержание урана в ПР и производительность скважины №11-05-566/1.

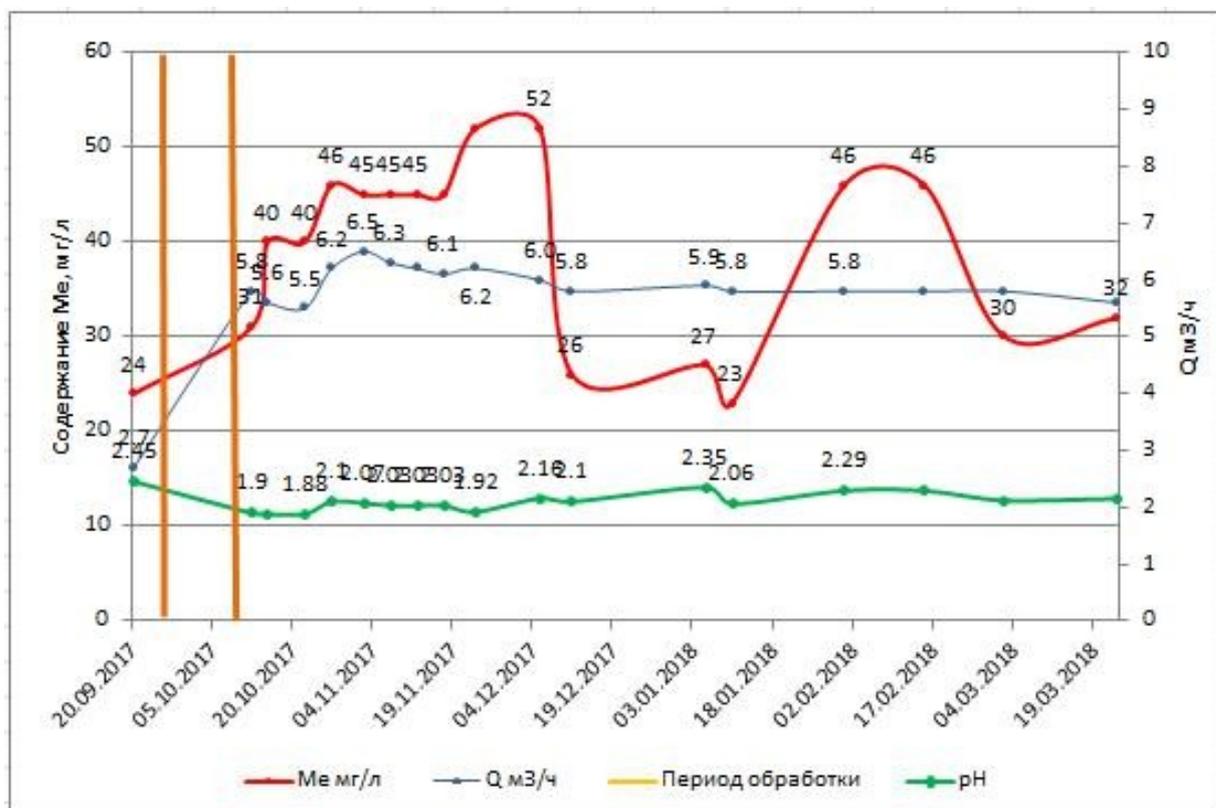


Рисунок 6 – Динамика изменения содержания урана в ПР и производительность откачной скважины №11-5-56б/1 по времени

Согласно результатам мониторинга параметров работы откачной скважины №11-5-56б/1 скважина не работала продолжительное время в период 2016-2017 гг среднее содержание урана в ПР не превышало 31 мг/л. Значения производительности по ПР на скважине были нестабильные в пределах 3-4 м<sup>3</sup>/ч. МРЦ скважины был нестабильно низкий и традиционные методы РВР не давали положительных результатов по повышению производительности скважины. Содержание урана в ПР на момент проведение экспериментальных работ скважины 11-5-56б/1 была относительно не высокой - 24 мг/л, и низкой производительностью скважины в 3 м<sup>3</sup>/ч. После проведение экспериментальных работ по интенсификации отработки эксплуатационных блоков содержание урана в ПР увеличилось с 24 до 45 мг/л, с пиковым значением 52 мг/л что превышает в два раза содержание урана в ПР до проведение экспериментальных работ.

Производительность скважины по ПР увеличилась с 3 до 6 м<sup>3</sup>/ч и стабилизировалась на отметке 5.8 м<sup>3</sup>/ч. После проведения экспериментальных работ скважина не подвергалась проведению РВР. Применение комплекса химических реагентов многофункционального назначения на скважине №11-5-56б/1 показывает интенсификацию выщелачивания урана без повышения содержания серной кислоты в ВР. Работа откачной скважины стабилизировалась, с производительностью 5,2 м<sup>3</sup>/ч, что соответствует проектным значениям отработки.

На рисунке 7 показан график динамики изменения содержания урана в ПР а также производительность эксплуатационной скважины №22-1-1-11а/1.

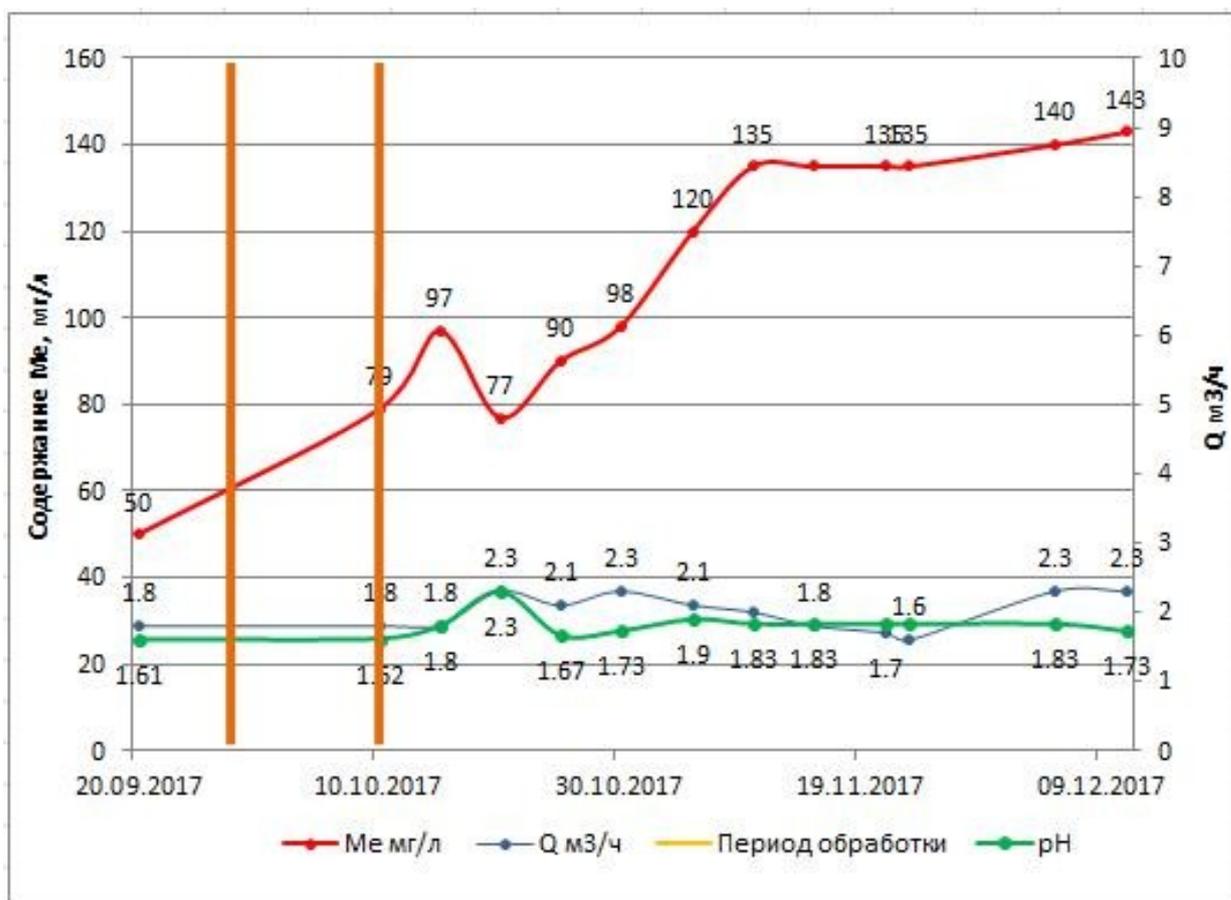


Рисунок 7 – Динамика изменения содержания урана в ПР и производительность откачной скважины 22-1-1-11a/1 по времени

Согласно результатам мониторинга параметров работы скважины №22-1-1-11a/1 содержание урана в ПР колебались в проектных значениях 90-120 мг/л с момента введения ее в эксплуатацию, однако производительность скважины по ПР была низкой в пределах 2-2,5 м³/ч. МРЦ скважины был критически нестабилен и требовал постоянного проведения РВР не реже одного раза в 10 – 15 дней. После проведенных испытаний содержание металла увеличилось до 143 мг/л, однако по необъяснимым причинам производительность скважины не удалось увеличить, возможно необходимо произвести детальное обследование скважины с применением современных методов ГИС таких как дистанционное зондирование, расходомерия, а также видео каротажа. В результате ОПИ работа скважины не стабилизировалась и остановилась по причине отсутствия притока ПР к скважине, МРЦ скважины не увеличился.

На рисунке 8 показан график динамики изменения содержания урана в ПР до и после ОПИ эксплуатационной скважины №11-10-18б.

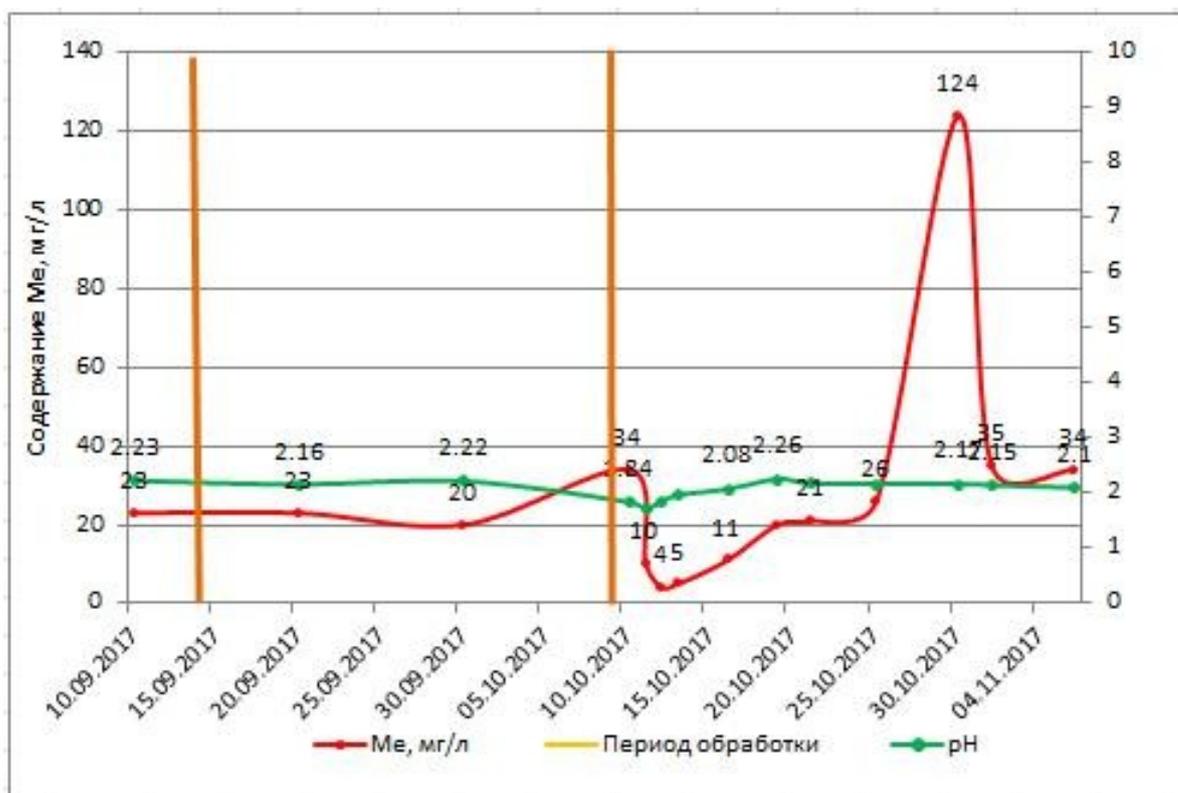


Рисунок 8 – Динамика изменения содержания урана в ПР и производительность откачной скважины 11-10-18б по времени

Данные мониторинга содержания урана в ПР на скважине №11-10-18б показывают, что скважина не была в работе с июня 2017 г. до проведения ОПИ, на момент проведения экспериментальных работ содержание металла в ПР не превышало 23 мг/л. Производительность скважины была нестабильна и МРЦ не превышал 15 дней. После проведения ОПИ содержание урана в ПР повысилось незначительно с 23 до 35 мг/л, однако производительность не стабилизировалась на проектных значениях. В последствии скважина прекратила работу по причине отсутствия притока ПР к скважине. Понижение значение содержание урана в ПР после периода обработки свидетельствует о низкой эффективности растворяющей способности химического комплекса многофункционального назначения. Работа скважины была не стабильна и остановлена в результате понижение притока ПР к скважине, МРЦ скважины не был увеличен.

На рисунке 9 показан график динамики изменения содержания урана в ПР до и после ОПИ эксплуатационной скважины №9-2-6а.

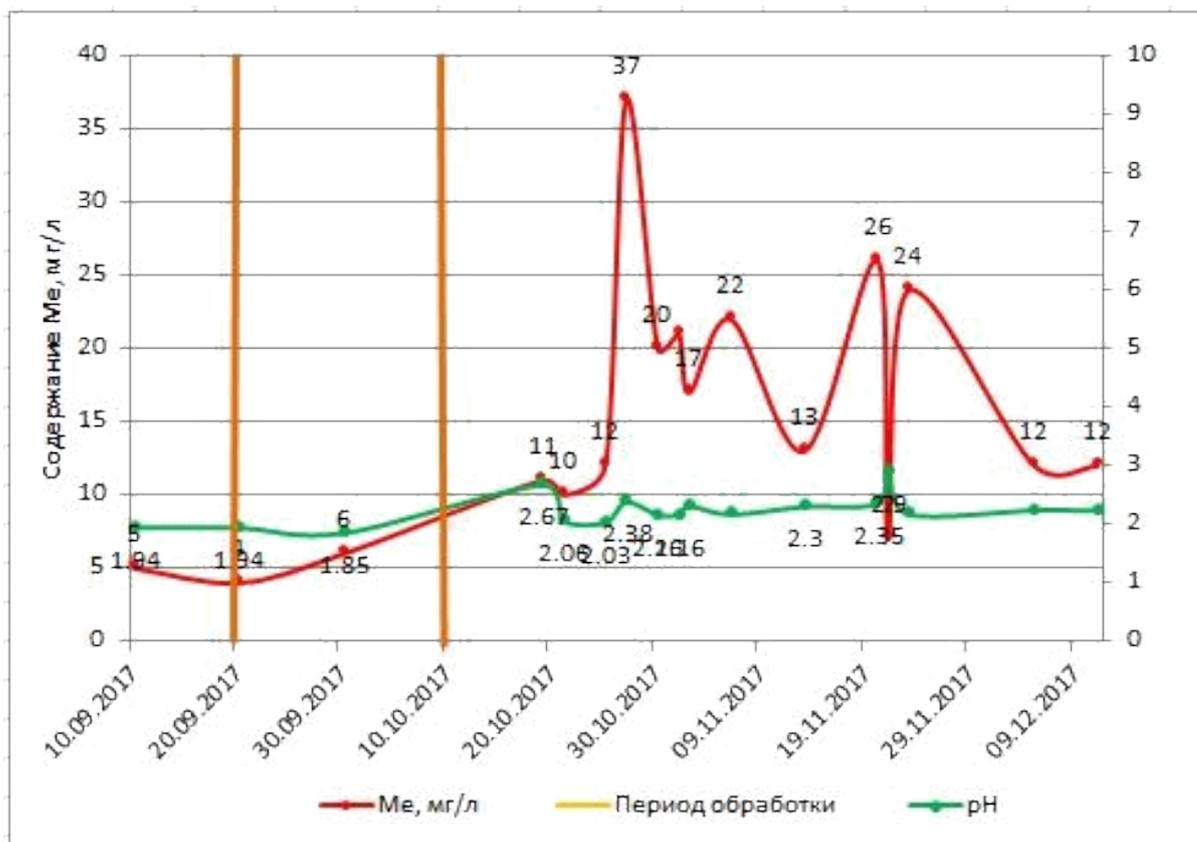


Рисунок 9 – Динамика изменения содержания урана в ПР и производительность откачной скважины 9-2-6а по времени

Результаты мониторинга значений содержания урана в ПР в скважине №9-2-6а показывают, что скважина не работала 2017 год, в 2016 году содержание урана в ПР сильно колебалось в пределах от 02 до 56 мг/л. Производительность скважины была нестабильна МРЦ не превышал 10 дней, традиционные методы РВР не давали положительного результата. На момент проведения ОПИ содержание урана в ПР составляло 10 мг/л при проектной производительности скважины. После обработки скважины комплексом химических реагентов многофункционального назначения содержание урана в ПР увеличилось с 12 до 37 мг/л, однако повышение не стабилизировалось и в течение месяца содержание опустилось до 12 мг/л. Скважина не работает по причине низкого содержания урана в ПР, производительность и МРЦ скважины не было увеличено.

Один из основных этапов интенсификации выщелачивания урана включает подготовку скважины и подачу выщелачивающего раствора в откачную скважину, при действующих закачных скважинах. При проведении ОПИ выполняются следующие виды экспериментальных работ: на первом этапе проводится обработка закачных скважин 1 % раствором БФА (бифторида аммония) с последующим продавливанием выщелачивающим раствором для увеличения приемистости закачных скважин. На следующем этапе обработка проводится через откачную скважину комплексом химических растворов: 1 - закачивается 4м<sup>3</sup> 4 % раствора бифторида аммония

+ 8м<sup>3</sup> серной кислоты с концентрацией 3-7г/л, 2 - закачивается 4м<sup>3</sup> 10 % раствора сульфаминовой кислоты, 3-4 м<sup>3</sup> 6-8% раствор лигносульфаната аммония. Комплекс реагентов продавливается выщелачивающим раствором серной кислоты с концентрацией 3-7 г/л. При низких значениях ОВП процесса в комплекс добавляется 3-4 % раствор соли трехвалентного железа 2м<sup>3</sup>. При высокой глинистости пласта для разглинизации призабойной зоны в комплекс надо добавить 1 % раствор ПАВ (тринатрийполифосфат, сульфанол) в объеме 4-5 м<sup>3</sup>. Эффективность обработки комплексом химических реагентов проявляется в ускорении процесса выщелачивания, за счет понижения рН, а также увеличения ОВП процесса, повышения содержания металла в продуктивном растворе, что является основными параметрами процесса ПСВ урана.

#### 4.4 Оценка эффективности проведение интенсификации отработки эксплуатационных блоков ПСВ урана

Рабочий проект на отработку эксплуатационных блоков включает извлечение урана из ГРМ при соответственных значениях Ж/Т или временного интервала. Содержание урана в ПР прогнозируется в зависимости от кондиции руд, производительности скважин по растворам, расхода серной кислоты, типа геолого-гидрогеологического разреза продуктивного горизонта. При отработке эксплуатационного блока фактические параметры отработки систематизируют и сопоставляют с проектными значениями. Выявленные несоответствия и отставания фактических параметров от проектных анализируют и определяют причины нарушений отработки, при установлении возможных причин производят корректировку отработки проведением РВР традиционными методами. В некоторых случаях необходимо проведение мониторинга отработки эксплуатационных блоков для детального анализа, выявления неисправностей в технологических процессах.

Таблица 3 – Ежемесячные значения добычи урана эксплуатационных блоков

№	Бл ока	май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.	Янв.	Фев.	март
		кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг
1	5	164	165,3	160,9	149,8	207,8	211,1	238,5	439,8	426	360,5	659,7
2	9	378,8	288,2	231,1	254,8	310,1	455,1	541,1	280,8	66	289,2	186,7
3	11	1028, 2	1102, 7	717,9	705,4	727,7	948,7	836,7	601,2	543	453,4	365,7
4	13	179	214	201,8	217,8	145,2	262,1	302,7	184,9	137,4	196,1	165,2

5	22	2987	2745	2145,3	2050,5	1628,4	1516,2	2141	1655,6	1121,2	943,4	1016
6	11	445	309,4	321,4	298,6	262,5	308,3	324	255	184	184,6	99,1

На момент проведение экспериментальных работ параметры отработки выбранных эксплуатационных блоков свидетельствуют о недостаточной интенсивности извлечения урана из недр. В таблице 3 указаны ежемесячные значения добычи в пересчете на уран с 05.2017 г. по 03.2018 г. с охватом периода со значениями до и после проведения экспериментальных работ по интенсификации отработки блоков. На рисунках 10, 11, 12, 13, 14, 15 приведены графики значений отработки данных эксплуатационных блоков 13-3, 11-10, 11-5-5, 22-1, 9-2-2, 5-1 в аналогичный период времени. На рисунках красным цветом выделены средние значения содержания урана в ПР, синим – суточная производительность блока по ПР, зеленым – суточная производительность блока в пересчете на уран, светло-зеленым – отмечено количество откачных скважин в работе, а оранжевым – отмечен период проведения обработки скважин. В приложении Г приведены табличные данные опробования ПР и данные мониторинга производительности блоков, по которым были построены данные графики.

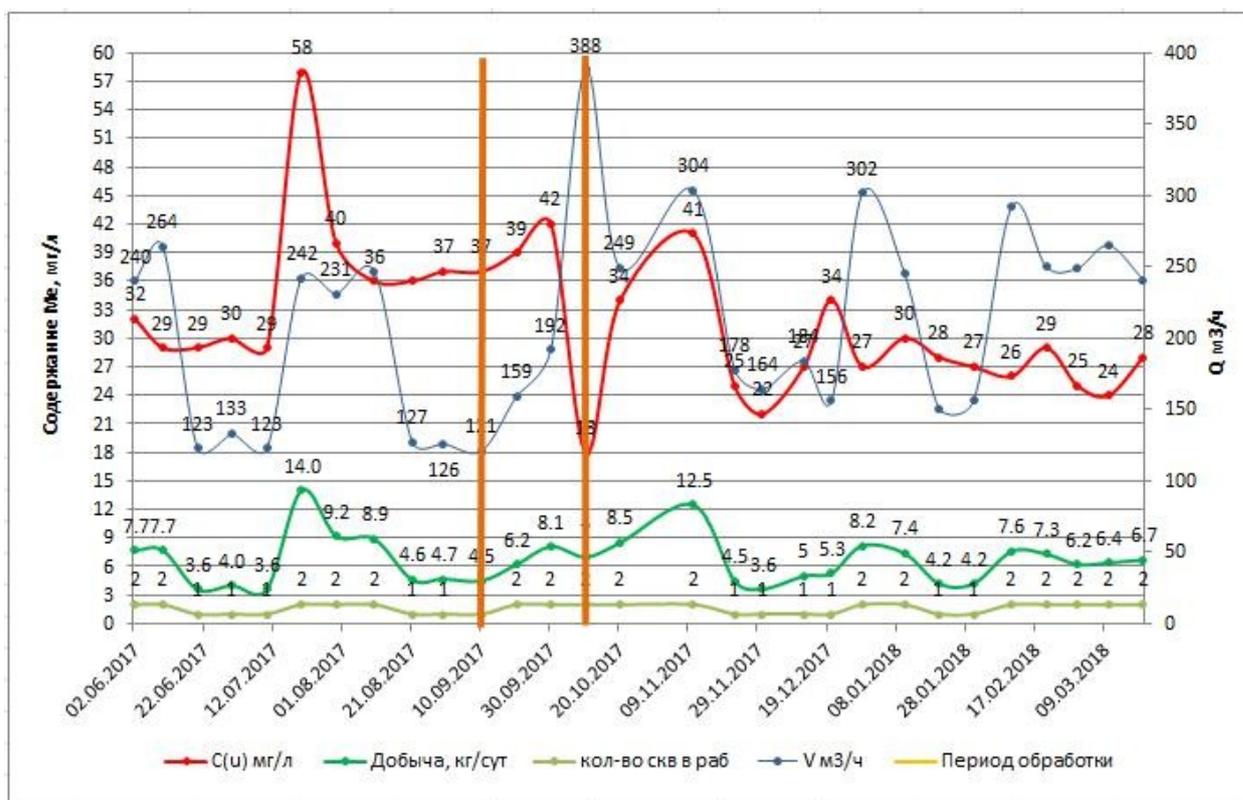


Рисунок 10 – Параметры отработки эксплуатационного блока 13-3 до и после проведения ОПИ

ОПИ на блоке №13-3 проводились на откачной скважине №13-3-08б и близлежащих нагнетательных скважинах. Как можно увидеть из таблицы 5 и

рисунка 10 до проведения ОПИ на скважинах в сентябре производительность блока составила 145,2 кг в пересчете на уран, и не превышала 8,1 кг в сутки (зеленый цвет). После подачи комплекса химических реагентов в продуктивный горизонт скважины значения добычи увеличились до 262,1; 302,7; и 184,9 кг за октябрь, ноябрь и декабрь месяцы соответственно. Суточная добыча в пересчете на урана увеличилась с 8,1 кг до 12,5 кг за сутки при одинаковых количествах работающих откачных скважин на блоке (2 единицы) и без проведения дополнительного РВР. На данном блоке прирост добычи обусловлен повышенной производительностью по ПР откачной скважины 13-3-086 после обработки и увеличением содержание урана по скважине, что повлекло незначительные повышения содержание урана в ПР по блоку в целом с 37 до 41 мг/л. Однако дальнейшее понижение производительности блока по урану до прежних значений связано с уменьшением содержание урана в ПР до 26 мг/л при стабильных значениях производительности блока по ПР.

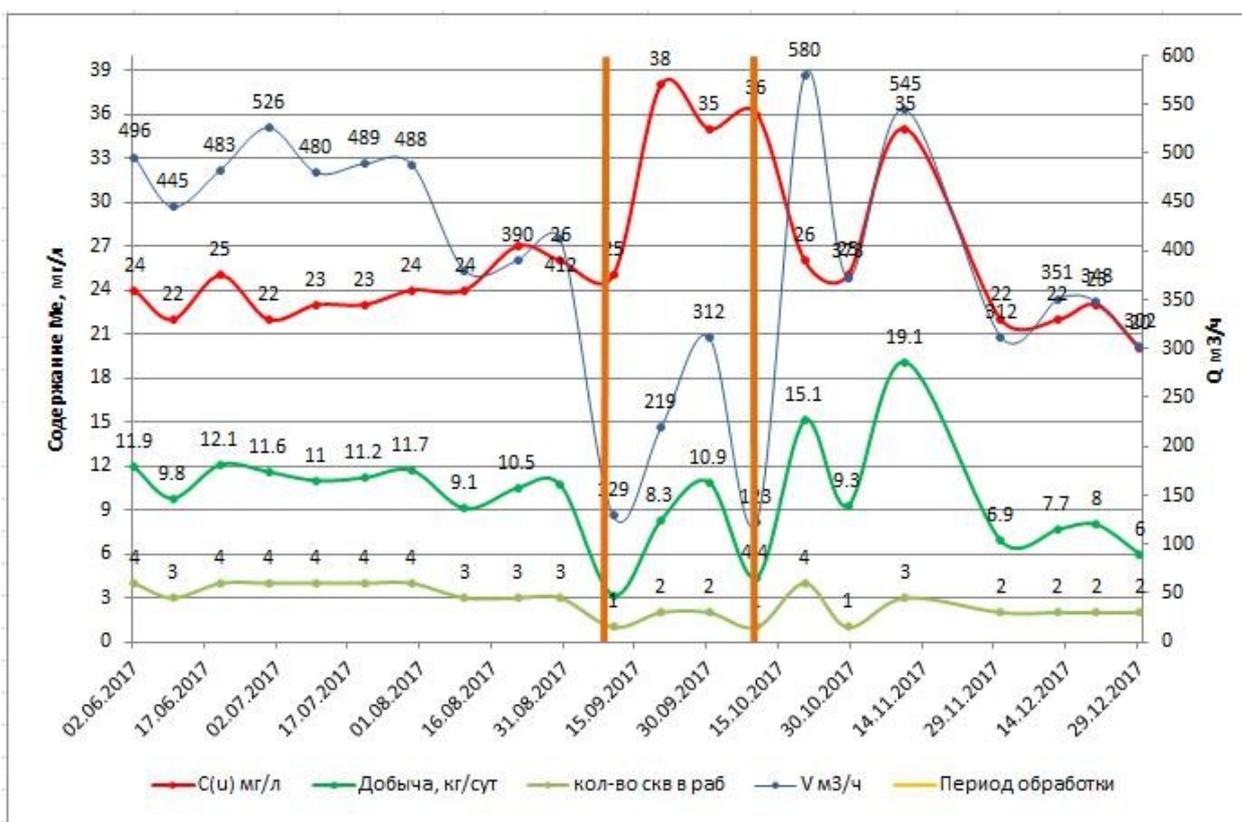


Рисунок 11 – Параметры отработки эксплуатационного блока 11-10 до и после проведения ОПИ

Проведение ОПИ на блоке №11-10 включало обработку откачной скважины №11-10-186 и близлежащих нагнетательных скважин. Как видно из рисунка №19 средние содержание урана в ПР по блоку в период с мая месяца до проведения ОПИ не превышало 26 мг/л при извлечении в 12 кг в сутки при 4 – 5 откачных скважин в работе. Повышение содержание урана в

ПР и понижение добычи по урану в период обработки сентябрь – октябрь месяцы обусловлено остановкой откачной скважины с низким содержанием урана в ПР и тем самым понижением уровня добычи до значений менее 5 кг за сутки.

После проведение обработки скважин и запуска откачной скважины в добычу можно увидеть повышение производительности блока по ПР до 580 м<sup>3</sup> за сутки и повышение среднего содержание урана в ПР по указанному блоку, что повлекло к повышению добычи урана с 10,9 до 19,1 кг за сутки. Повышение производительности блока по урану вызвано повышению среднему содержанию урана в ПР с 23 до 35 мг/л и увеличению производительности блока по ПР с 480 м<sup>3</sup> до 545 м<sup>3</sup> за сутки при работе откачных скважинах на блоке равное двум единицам при помощи проведения дополнительного РВР и запуска в работу откачной скважины. Однако производительность скважины по ПР и содержание урана в ПР не стабилизировались и понизились до прежних до экспериментальных значений, что привело к снижению добычи по урану.

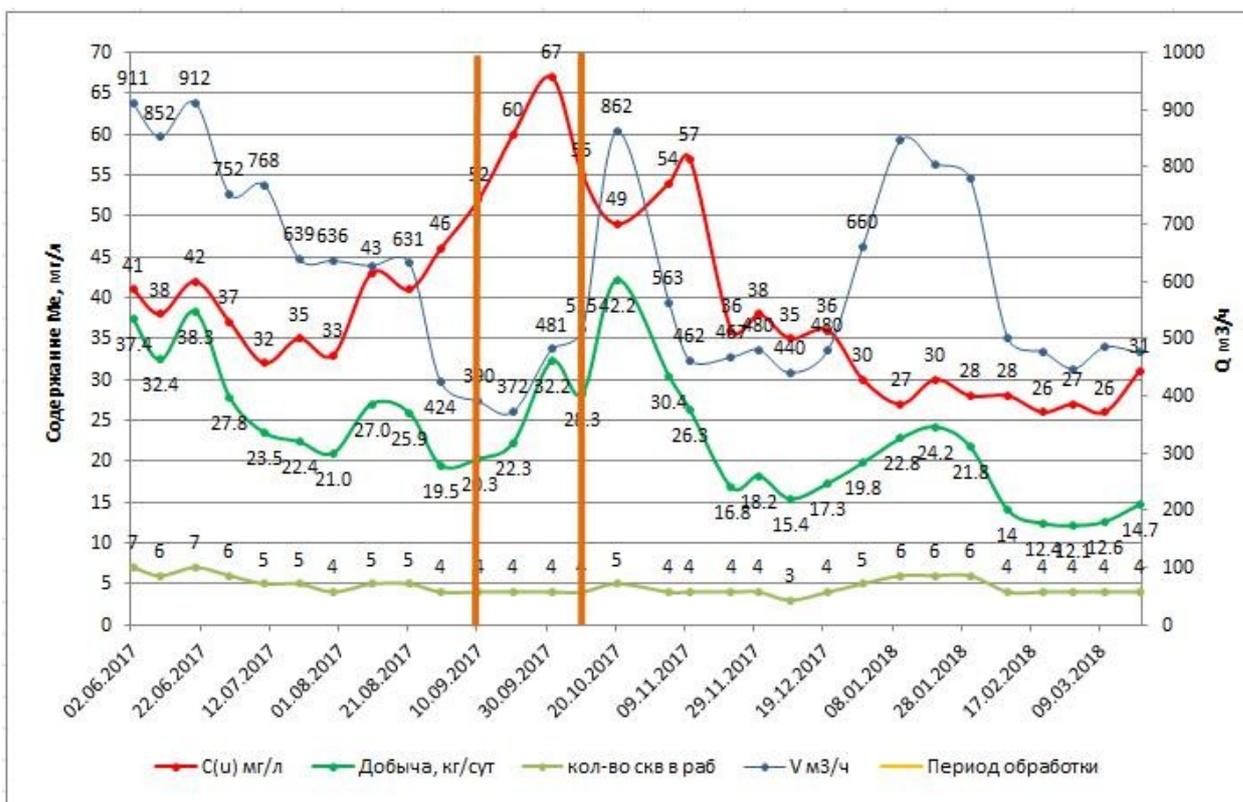


Рисунок 12 – Параметры отработки эксплуатационного блока 11-5-2 до и после проведения ОПИ

Откачная скважина №11-5-56б/1 и две близлежащие нагнетательные скважины № 11-225а и 11-227а были обработаны на блоке №11-5-2 при проведении экспериментальных работ. На данном эксплуатационном блоке добыча урана до проведение ОПИ составляла 727 кг в сентябре, или 22,3 кг в сутки. На рисунке 12 можно увидеть постепенное повышение среднего

содержания урана в ПР на блоке период август–сентябрь и понижение производительности блока по ПР вызванное уменьшением количество откачных скважин в работе с 5 до 4 единиц. После обработки скважин и запуска откачной скважины №11-5-566/1 в работу, добыча урана постепенно повысилась до 948,7; 836,7 в период октябрь – ноябрь месяцы. Средняя производительность блока по ПР увеличилась с 480 м<sup>3</sup> до 862 м<sup>3</sup> за сутки, в ежесуточная добыча в пересчете на уран повысилась до 42,2 кг за сутки при неизменном количестве работающих откачных скважин – 4 единицы и без дополнительного проведения РВР. Однако последующее снижение среднего содержание урана в ПР и производительности блока понизило уровень добычи на блоке. Повышение производительности ПР на блоке в период январь – февраль 2018 года обусловлено дополнительном задействовании откачных скважин до 6 единиц и проведением РВР на скважинах. Понижение производительности блока по урану вызвано снижением среднего содержание урана в ПР по блоку и понижением производительности скважин.

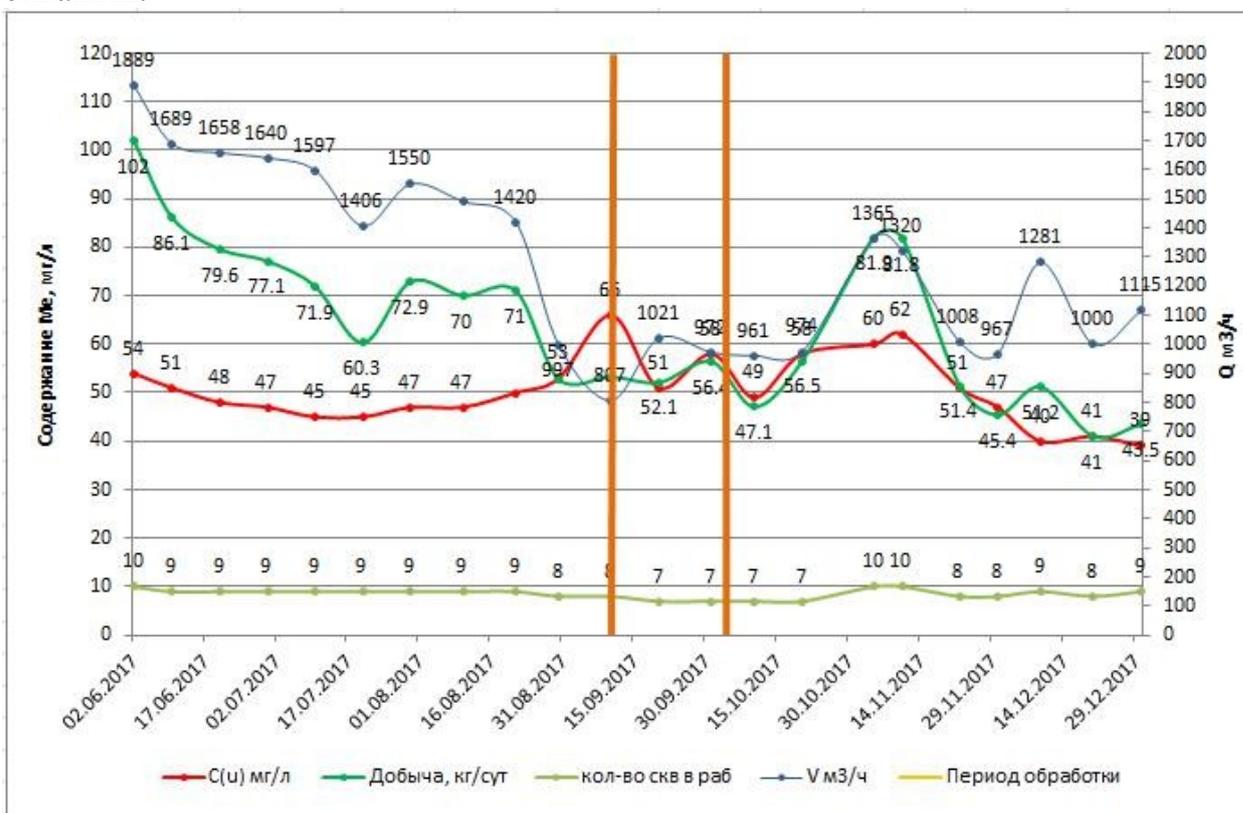


Рисунок 13 – Параметры обработки эксплуатационного блока 22-1-2 до и после проведения ОПИ

Согласно мониторингу параметров обработки эксплуатационного блока №22-1-2 в которой была обработана откачная скважина №22-1-1-11а/1 и ряд нагнетательных скважин приведен в рисунке 13. Из рисунка видно что среднее содержание урана в ПР по блоку до проведение экспериментальных работ на скважинах не превышало 50 мг/л, при высокой интенсивности добычи в 70 кг урана за сутки. Высокая производительность блока по ПР

обеспечивалась работой 9 откачными скважинами. После обработки откачной скважины №22-1-1-11а/1 и близлежащих нагнетательных скважин и запуска в работу среднее содержание урана в ПР по блоку повысилась с 47 мг/л до 60 мг/л, однако в период ноябрь – декабрь оно плавно снизилось до 41 мг/л. Повышение извлечение урана на блоке с 52 кг до 80 кг за сутки обусловлено добавлением работу дополнительной откачной скважины и повышением производительности блока по ПР благодаря проведению РВР. Добыча урана на блоке продолжает снижаться и добиться повышение производительности откачной скважины №22-1-1-11а/1 не удалось. Последующие колебания производительности блока по ПР и урану вызваны подключением откачных скважин в работу.

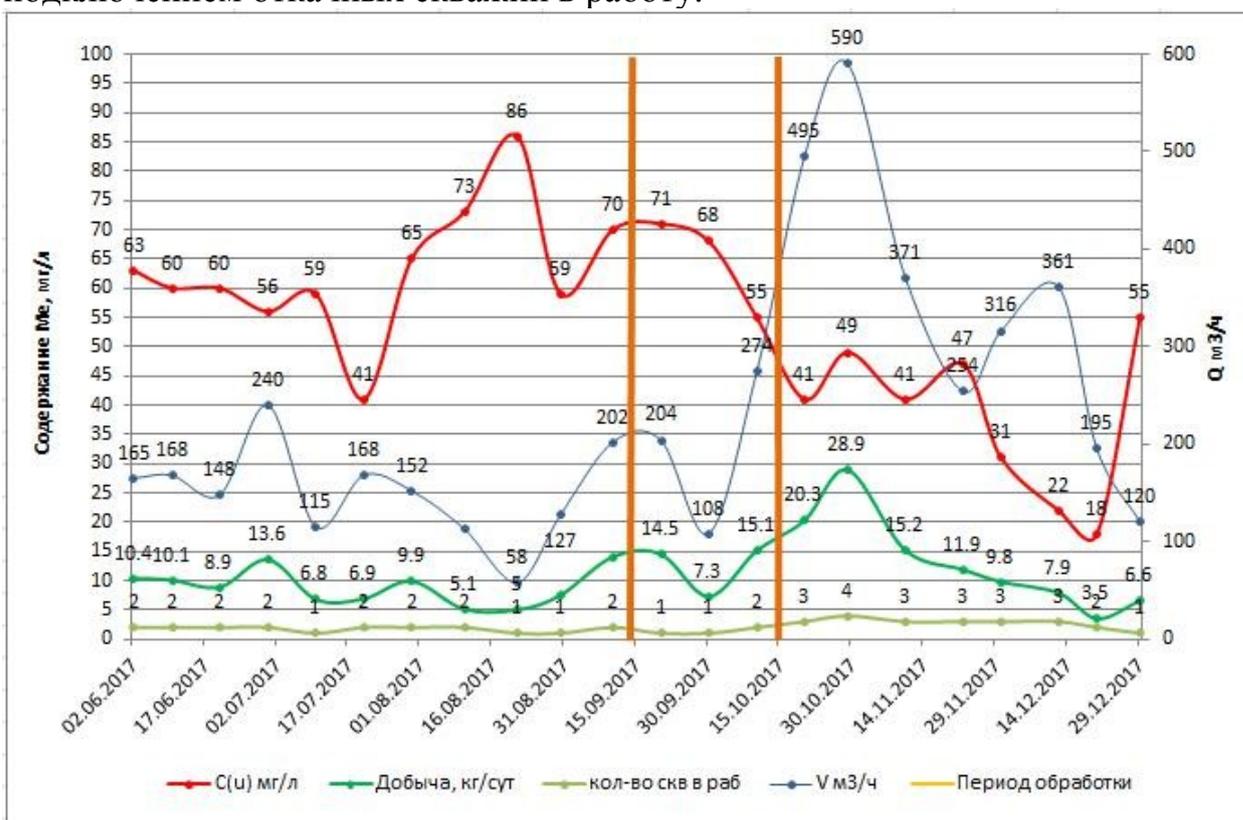


Рисунок 14 – Параметры отработки эксплуатационного блока 9-2-2 до и после проведения ОПИ

Согласно данным мониторинга параметров работы эксплуатационного блока 9-2-2, в котором была обработана одна откачная скважина № 9-2-ба и близлежащие нагнетательные скважины, по которым был построен график приведенный на рисунке 14. Из рисунка видно, что среднее содержание урана по блоку в период май – сентябрь было на уровне 60 – 86 мг/л, при низкой производительности блока по ПР в 165 – 202 м³ за сутки. При этом извлечение оставалось на низком уровне по причине того, что количество откачных скважин в работе было равно двум. После обработки откачной скважины и запуска ее в эксплуатацию производительность ПР по блоку повысилась до 590 м³ за сутки, а среднее содержание урана в ПР понизилось

с 71 до 41 мг/л. Однако суточные значения добычи урана показали прирост с 7,3 кг до 28,9 кг за сутки при равном количестве откачных скважин в работе – 2 единицы. Значения добычи урана в месяц увеличилось с 310 кг за сентябрь до 455 кг и 541 кг за октябрь и ноябрь месяцы соответственно. Последующее понижение среднее содержание урана в ПР повлекло уменьшению уровня добычи с 15 кг до 7,9 кг урана в сутки. Прирост добычи на блоке обусловлен запуском в работу откачной скважин №9-2-ба, и повышении производительности блока по ПР в период октябрь - ноябрь, однако содержание урана в ПР понизилось.

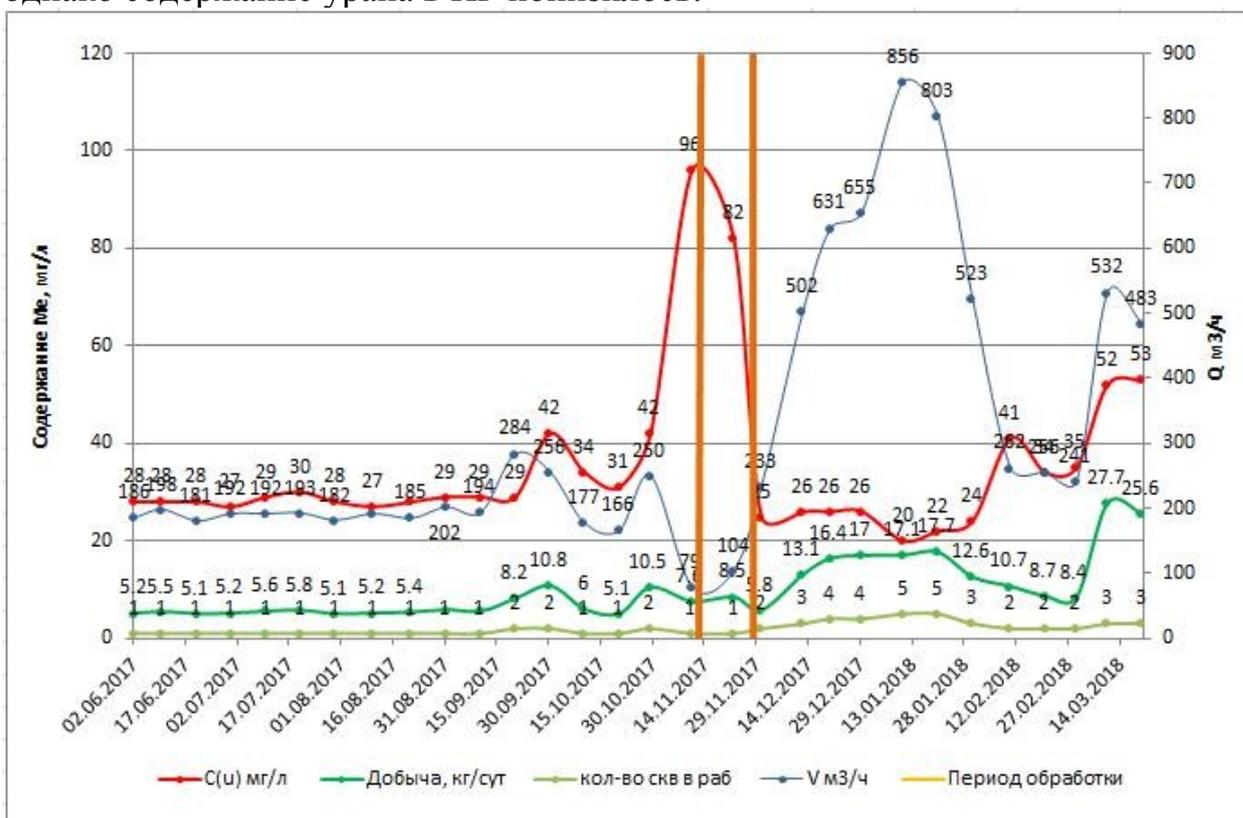


Рисунок 15 – Параметры отработки эксплуатационного блока 5-1 до и после проведения ОПИ

Для определения эффективности комплекса химических реагентов для интенсификации отработки эксплуатационных блоков было решено применить химические реагенты на нескольких скважинах одного блока. На эксплуатационном блоке №5-1 было обработано 4 откачных скважин и 7 нагнетательных скважин. Из таблицы видно, что на блоке 5-1 ежемесячная добыча урана до проведение экспериментальных работ не превышала 238,5 кг в месяц. После проведение обработок технологических скважин и запуском их добычу производительность блока по урану увеличилась до 439 кг, 426 кг, 360 кг и 659 кг за декабрь, январь, февраль и март месяцы соответственно. Из рисунка 15 видно, что до проведения ОПИ в период июнь – ноябрь среднее содержание урана в ПР, производительность блока по ПР, а значит и добыча урана были стабильны при одной откачной скважиной в

работе. После обработки откачных скважин и запуска их работу производительность блока по ПР увеличилась с 170 м<sup>3</sup> в сутки до 856 м<sup>3</sup> в сутки при работе 5 откачных скважин на блоке. Добыча урана на блоке увеличилась с 5,8 кг до 17 кг за сутки при. Однако приемистость нагнетательных скважин оставалась на низком уровне и требовала постоянного проведения РВР. Повышение среднего содержания урана ПР в марте месяце обусловлено проведением химической обработки нагнетательных скважин.

Согласно мониторингу параметров отработки эксплуатационных блоков, на скважинах которых были проведены ОПИ с применением химических реагентов на основании ежесуточных данных были построены графики добычи урана и производительность блока по ПР и среднее содержание урана в ПР по блоку. На этих графиках прослеживается отчетливое влияние комплекса химических реагентов на производительность откачных скважин и повышение содержания урана в ПР, значения которых в свою очередь влияют на производительность блоков по ПР и по урану без увеличения количества работающих откачных скважин. В некоторых случаях производительность блоков повышается в двое, однако при незначительном повышении содержания урана в ПР по блоку добыча урана повышается незначительно. При снижении производительности скважин (ПР) значения добычи сокращаются с большей интенсивностью.

Данные мониторинга отработки эксплуатационных блоков и экспериментальных работ свидетельствуют о сложности горно-геологических условий залегания вмещающих пород. Интенсификация ПСВ урана в данных условиях сопряжена с поиском эффективных научно-обоснованных подходов, применение которых позволит повысить добычу урана и стабилизировать протекающие процессы.

#### **4.5 Мониторинг геотехнологических параметров скважин после обработки нагнетательных скважин растворами БФА**

Проектные значения производительности добычных и приемистости нагнетательных скважин эксплуатационных блоков непосредственно влияют на параметры отработки и являются одним из приоритетных условий технологии ПСВ урана. При снижении приемистости большинства нагнетательных скважин на одном блоке происходит дисбаланс растворов, при которых суммарная производительность откачных скважин превышает общую приемистость нагнетательных скважин на блоке. Дисбаланс растворов приводит к нарушению технологии ПСВ урана и влечет за собой разубоживание ПР, снижение содержания урана в ПР и увеличение периода отработки блоков.

Для проведения восстановления приемистости нагнетательных и производительность откачных скважин специалистами ТОО «Семизбай-У» был разработан метод сухой засыпки БФА в устье скважины с последующей

подачей сернокислотного раствора с концентрацией серной кислоты 200 г/л в объеме равный внутренней полости скважины. После производилось отстаивания скважины на 1 – 2 суток с последующей компрессорной прокачкой, после чего скважину включали работу. Результаты химических обработок по данной методики повышали МРЦ откачных скважин, однако МРЦ нагнетательных скважины повысился незначительно. Для повышения приемистости нагнетательных скважин было решено разработать методику обработки непосредственно фильтровой части скважин декольматирующими растворами. Методика обработки непосредственно фильтровой части скважин включает подачу заранее приготовленного декольматирующего раствора объемом 3 м<sup>3</sup> в фильтровую часть скважины с последующим отстаиванием и компрессорной прокачкой. Приготовление декольматирующего раствор включает заправка в специальные емкости-цистерны ВР укрепленного серной кислотой 50 г/л, загрузкой в емкости БФА 25 кг и транспортировка до технологической скважины. Обработка предусматривает спуск трубопровода в скважину до фильтра при помощи лебедки, далее нагнетание раствора в напорный трубопровод при помощи перекачивающего насоса. После на устье скважины подают 4 м<sup>3</sup> ВР укрепленного серной кислотой с концентрацией 50 г/л, наливным методом для продавливания декольматирующего раствора в пласт. Далее после отстаивании скважины производят компрессорную прокачку и запуск скважины в работу.

Для проведения ОПИ на геотехнологических скважинах рудника Ирколь был закуплен бифторид аммония, емкости-цистерны и перекачивающий насосный агрегат. Данное оборудование специалистами рудника было смонтировано и адаптировано на передвижную платформу УОС для проведение экспериментальных работ по подаче декольматирующего раствора в фильтр скважин. Результаты мониторинга параметров до и после обработки БФА нагнетательных скважин приведены в приложении Д.

Понижение приемистости нагнетательных скважин ниже проектных до частичной остановки нагнетания ВР в продуктивный горизонт вызвано перекрытие порового пространство набуханием глин и механической кольтмацией. Снизившие ниже проектных значений приемистости нагнетательные скважины подлежат обработке скважин БФА методом. Согласно результатам мониторинга, средние значения приемистости нагнетательных скважин до обработки варьируются 0,8 – 0,9 м<sup>3</sup>/ч, а средний МРЦ скважин составляет 14,9 дней после компрессорной прокачки. После проведение обработок непосредственно фильтровой части скважин значения приемистости скважин восстанавливаются до проектных значений 2,0 м<sup>3</sup>/ч, при среднем МРЦ скважины более 35 дней.

Методика обработки непосредственно фильтровой части скважин с применением БФА в составе декольматирующего раствора эффективно разрушает тонкие глинистые частицы закупорившие поровое пространство.

Последующая компрессорная прокачка позволяет выносить продукты реакции из фильтровой части на дневную поверхность, что влияет на повышение приемистость скважины на длительное время.

#### **4.5.1 Практические рекомендации по применению бифторидного комплекса в качестве химических реагентов при проведении РВР**

Ремонтно-восстановительные работы в скважинах выполняются с целью восстановить проектную производительность откачных и приемистость закачных скважин снизившаяся в результате осадкообразования в фильтре и прифильтровой зоны пласта до критически минимального уровня. Основное влияние на снижение производительности и приемистости скважин оказывает набухание глинистых минералов и перекрытию порового пространства. Понижение рН в продуктивном горизонте влечет растворение алюмосиликатов, которые при выпадении в осадок образуют геохимический барьер. Образованный геохимический барьер создает непроницаемые зоны, в которые не проникает выщелачивающий раствор в результате чего не выщелачивание урана затруднено. Комплекс химических реагентов многофункционального назначения включает реагенты, позволяющие диспергировать набухшие глинистые минералы и разрушать геохимический барьер. Уменьшение набухания глин и растворение осадков позволяет в значительной мере увеличить проницаемость продуктивного горизонта что обеспечивает достаточную интенсивность выщелачивания урана в продуктивном горизонте с повышенной глинистостью.

Также оказывает влияние и пескование в фильтре, которое обычно повышается в период закисления пластов. Песок в фильтре может частично остаться и после проведения откачек в период освоения скважин.

Попадание пластового песка в зону фильтра закачной скважины происходит в основном тогда, когда производительность закачки раствора мала (0,5-1,2 л/с). Длина фильтра и его пропускная способность по сравнению с расчетными данными завышены в 2 и более раз, из-за неправильного подбора типа фильтра и его параметров (величины и формы приемных отверстий). Причину запескованности фильтра можно объяснить тем, что во время подачи в пласт выщелачивающих растворов последние растворяют некоторые минералы и цементные связующие в песках, прилегающих к фильтру. Отмытый чистый тонкозернистый песок, расположенный около фильтра, где нет фильтрационного подпора, обрушаясь, попадает в полость фильтра и со временем заполняет ее. По мере заполнения нижней части фильтра выщелачивающий раствор в пласт попадает только через верхнюю зону фильтра, что приводит к неравномерному охвату рудных тел растворителем и, как следствие, к оставлению неотработанных целиком в районе закачных скважин.

Механическая кольматация происходит по следующим причинам: суффозия мелких частиц, кольматация развивается в песчаных отложениях в результате суффозии взвешенных частиц. Для обработки выбираются блока, фильтровая колонна скважин которых находится в тонко- и мелкозернистых песках. Причиной выхода из строя этих скважин является запесочивание фильтра. Комплекс химических реагентов для воздействия на механической кольматации готовится на основе бифторида аммония и связующих реагентов.

Результаты мониторинга геотехнологических параметров скважин, представленные в приложении показывают геотехнологические параметры скважин и данные опробования ПР до и после проведения ОПИ. Данные мониторинга геотехнологических параметров скважин показали видимый прирост содержание урана в ПР и производительности скважин после проведение экспериментальных работ. Значения среднего содержания урана в ПР из скважины №13-3-08б до обработки составлял 23 мг/л при производительности скважины в 3,5-4 м<sup>3</sup>/ч. После проведения комплекс мероприятий по интенсификации подземного выщелачивания урана содержание и запуска технологической скважины в работу содержание урана постепенно увеличилось до 41 мг/л и повышением производительности скважины до 8 м<sup>3</sup>/ч. Результаты опробования скважины №11-10-18б до и после проведения экспериментальных работ показывают повышение содержание урана в ПР с 20 мг/л до 35 мг/л после обработки скважины, и повышение производительности скважины с 3-5 м<sup>3</sup>/ч до 10 м<sup>3</sup>/ч. Значения опробования ПР эксплуатационной скважины №11-5-56б/1 до проведения ОПИ показывают наличие урана в ПР на уровне 23 мг/л, при производительности в 5-6 м<sup>3</sup>/ч. После проведения комплекс мероприятий производительность скважины увеличилась до 12 м<sup>3</sup>/ч, а содержание урана в ПР повысилось до 52 мг/л. На скважине №22-1-1-11а/1 до проведения ОПИ содержание урана в ПР составляло 111 мг/л при производительности 4-4,5 м<sup>3</sup>/ч. После подачи комплекса в продуктивный горизонт и запуска скважины в работу произошло увеличение содержание урана до 144 мг/л. Однако производительность скважины не увеличилась и составила 5 м<sup>3</sup>/ч. Геотехнологические значения до и после проведения ОПИ скважины №9-2-ба свидетельствуют о повышении урана в ПР с 12 мг/л до 32 мг/л, однако увеличении производительности скважины не наблюдалось. Экспериментальные работы, направленные на интенсификацию процессов выщелачивания урана на скважинах №5-30б, 5-28б, 5-22а, 5-63б, 5-12в показали значительное повышение производительности скважин с 5-6 м<sup>3</sup>/ч до 10 м<sup>3</sup>/ч. Однако опробования ПР показали незначительное увеличение содержание урана в ПР с 8-19 мг/л до 15 мг/л.

Методы интенсификации работ эксплуатационных скважин с низкой производительностью основаны на применение комплекса физико-химических работ. Комплекс работ включает подачу значительного объема химических реагентов в продуктивный горизонт, продавливание

выщелачивающим агентом на необходимое расстояние в продуктивном горизонте. После продавливание химических реагентов в технологические скважины, проведение компрессорной прокачки и запуск скважины работу. Высокой эффективностью диспергирования и растворения геохимического барьера в виде глинистых частиц и прочих осадкообразований в продуктивном горизонте обладает плавиковая кислота.

## **5 Охрана труда. Охрана окружающей среды. Пожаро-взрывобезопасность**

### **5.1 Охрана труда**

Все работы, связанные с эксплуатацией объектов рудника ПСВ филиала «Ирколь» должны проводиться в соответствии с требованиями нормативных правовых актов по соответствующим направлениям деятельности, а также внутренними нормативными и организационно-распорядительными документами.

При установке в процессе реконструкции и (или) модернизации технологического процесса (не предусмотренного первоначальным проектом), применения методов работ, материалов, веществ, технологической оснастки, оборудования и транспортных средств, не предусмотренных настоящими Правилами, следует соблюдать требования соответствующих государственных стандартов, а также правил, положений, регламентов и инструкций, утвержденных в установленном порядке.

При их отсутствии должна разрабатываться соответствующая документация и определяться допустимость использования такого оборудования в каждом конкретном случае с целью обеспечения требований охраны труда и безопасных условий производства работ с обязательным утверждением в установленном порядке.

Непосредственные обязанности, полномочия и ответственность персонала рудника определяются должностными инструкциями и инструкциями по безопасности и охране труда по профессиям и видам работ, производственной санитарии и пожарной безопасности, другими распорядительными и документами ТОО «Семизбай-У».

Основные правила действия персонала при ликвидации аварий устанавливаются в «Плане ликвидации аварий» и «Плане мероприятий по защите персонала и населения от радиационных аварий, и их последствий при обращении с источниками ионизирующего излучения в филиале «Ирколь».

Приказами по Товариществу определены лица, ответственные за состояние безопасности и охраны труда, за техническую эксплуатацию технологического оборудования, зданий и сооружений, электрооборудования, подъемно-транспортного оборудования, средств автоматизации, контрольно-измерительных приборов, реagentного хозяйства и пожарной безопасности.

Организация выполнения работ с повышенной опасностью осуществляется в порядке, определенном Положением «Организация работ с повышенной опасностью», для выполнения которых необходима выдача наряда-допуска. Ежегодно пересматривается Перечень работ с повышенной опасностью.

Все рабочие и служащие, поступающие на рудник ПСВ проходят

медицинское освидетельствование (предварительное), а также периодическое в соответствии с Правилами проведения обязательных медицинских осмотров», утв. постановлением Правительства Республики Казахстан от 25 января 2012 года № 166.

Запрещён прием на работу на рудники ПСВ лиц моложе 18 лет.

Руководство ТОО «Семизбай-У» и члены Центральной экзаменационной комиссии» прошли обучение и аттестованы по вопросам ОТ и промышленной безопасности.

Руководящие работники и лица организации, ответственные за обеспечение безопасности труда в организации (далее - руководящие работники), периодически, не реже одного раза в три года, проходят обучение и проверку знаний по вопросам безопасности и охраны труда на курсах повышения квалификации в соответствующих организациях образования. Рабочие объектов перерабатывающего и добычного комплексов проходят обучение и проверку знаний по промышленной безопасности не реже 1 раза в год.

Руководители и специалисты организации, связанные с организацией и проведением работы непосредственно на производственных участках, а также осуществляющие контроль и технический надзор, проходят периодическую проверку знаний по охране труда и промышленной безопасности:

в течение одного месяца со дня вступления в должность;

периодически - не реже одного раза в три года (если эти сроки не противоречат установленным специальными правилами требованиям);

производственное обучение безопасности труда при подготовке рабочих по профессиям, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, завершается экзаменом по безопасности труда в экзаменационной комиссии организации. Результаты проверки знаний оформляются протоколом. Проверка знаний осуществляется в объеме действующих инструкций по профессиям и видам работ, к которым допускается рабочий.

На предприятии разработаны должностные и рабочие инструкции, технологические регламенты в которых отражаются следующие положения:

- Правила поведения и обязанности персонала;
- Порядок проведения работ;
- Порядок и организация радиационного и токсического контроля на участках проведения работ;
- Перечень и порядок исполнения мероприятий по защите персонала, населения и окружающей среды от воздействия радионуклидов и ВХВ;
- Условия обеспечения безопасности при дезактивации оборудования и спец. Автотранспорта;
- Правила действий при возникновении аварийных ситуаций или пожаров.

Все работники производственных участков, подразделений рудника

обеспечены необходимыми спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, в соответствии с Нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты работникам ТОО «Семизбай-У».

Рудник ПСВ обеспечен душевыми, гардеробными помещениями, помещениями для стирки белья и сушки одежды. Дезактивация спец. одежды выполняется в спец. прачечной. Предусмотрено полное переодевание всего технологического и ремонтного персонала в санропускнике рудника с возможностью санитарной обработки тела и последующим контролем загрязненности участков тела.

Допуск к работе с вредными и токсичными веществами без спец. одежды и других защитных средств запрещён. Средства защиты перед началом работы должны быть проверены.

### **Общая характеристика производства**

При эксплуатации объектов рудника ПСВ на персонал возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- Поражение химически агрессивными веществами и их растворами (серная кислота и т.д.);
- Наличие источников радиационного излучения;
- Воздействие движущихся и вращающихся элементов оборудования (насосного, силового и других механизмов);
- Отравление парами и аэрозолями химически агрессивных веществ;
- Наличие оборудования и трубопроводов, работающих под давлением; опасность воздействия электрического тока или опасного уровня напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- Термические ожоги горячей водой и паром;
- Работа с пожара- и взрывоопасными жидкостями и веществами. Повышенного уровня шума и вибраций (в машинных залах насосных и воздуходувных станций и в других помещениях и сооружениях, где установлено технологическое оборудование);
- Недостаточной освещенности рабочей зоны (в колодцах, камерах каналов и т.п.).

### **Основные правила безопасной работы с серной кислотой**

Серная кислота пожара и взрывобезопасна. Пары токсичны. ПДК паров в воздухе рабочей зоны – 1 мг/л. При попадании на кожу вызывает сильные ожоги. При попадании в глаза может вызвать потерю зрения. Вдыхание концентрированных паров может привести к потере сознания и тяжёлому поражению лёгочной ткани.

При попадании серной кислоты на кожный покров необходимо немедленно промыть поражённый участок обильным количеством проточной воды, обработать 5 % раствором пищевой соды, доставить пострадавшего в медпункт.

При попадании серной кислоты в глаза необходимо немедленно промыть глаза обильным количеством проточной воды, промыть глаза 0,5 % раствором пищевой соды, доставить пострадавшего в медпункт.

Для безопасного ведения работ в технологических узлах должны быть укомплектованы шкафом с аварийным запасом СИЗ:

- Кислотостойкой спецодеждой;
- КЩС сапогами;
- ПВХ фартуками и нарукавниками;
- КЩС перчатками;
- Прозрачными защитными щитками (очками с непрямой вентиляцией);
- Противогазами для защиты от кислых газов.

Для безопасного ведения работ УРВР должны быть укомплектованы: запасом воды не менее 1 м<sup>3</sup>, аварийным комплектом спецодежды и СИЗ: комбинезон (костюм) кислотостойкий, сапоги КЩС, ПВХ нарукавники и фартуки, КЩС перчатки, защитные щитки (очки с непрямой вентиляцией), оборудованы фонтанчики для промывки лица и рук, аптечками первой помощи и дезактивирующими растворами согласно п. 395 ППБ ПС КВ 2006.

#### **Мероприятия по безопасности при обслуживании и эксплуатации электрооборудования**

Мероприятия по технике безопасности при работе с электрооборудованием должны выполняться в соответствии с: Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок Республики Казахстан РД 34 РК.03.202-04. Эти мероприятия обязательно включают в себя: наличие на рабочих местах защитных средств, защитное отключение, понижение напряжения, наличие защитного заземления.

Эксплуатация установок без наличия соответствующего квалифицированного электротехнического персонала не допускается. Все электроустановки снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с требованиями Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

На руднике ПСВ филиала «Ирколь» имеются общая схема электроснабжения предприятия в целом, отдельных зданий (цехов) и участков. Схемы соответствуют выполненным электроустановкам и утверждены лицом, ответственным за электрохозяйство.

Лицо, ответственное за электрохозяйство Рудника ПСВ урана, должно обеспечить:

- Надежную, экономичную и безопасную работу электроустановок;
- Организацию и своевременное проведение планово-предупредительного ремонта электрооборудования, аппаратуры и сетей;
- Организацию обучения, инструктирования и периодическую проверку знаний персонала, обслуживающего электроустановки;
- Наличие и своевременную проверку защитных средств и противопожарного инвентаря;

- Своевременную организацию расследований аварий и браков в работе электроустановок, а также несчастных случаев от поражения электрическим током в установленном порядке.

## **5.2 Охрана окружающей среды**

В целом, антропогенные воздействия на окружающую среду могут быть как положительные, так и отрицательные. Однако, оценить положительные моменты воздействия на исторически сложившиеся экосистемы чрезвычайно сложно, так как единого мнения общества, какие аспекты изменений относить к положительным, а какие к отрицательным, в настоящее время нет. Кроме того, положительность изменений практически всегда оценивается с точки зрения сиюминутной выгоды для какой-либо социальной группы или общества без учета долговременных последствий и общей эволюции экосистемы.

При характеристике воздействия на окружающую среду основное внимание уделяется негативным последствиям, для оценки которых разработан ряд количественных характеристик, отражающих эти изменения.

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

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

В настоящем проекте рассмотрено воздействие работ на период горно-геологических работ и период эксплуатации месторождения на 2012-2025 годы.

Используемый НАК АО «КазАтомПром» метод подземного выщелачивания (ПВ) оказывает минимальное отрицательное воздействие на окружающую среду, что подтверждено многолетними исследованиями. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признает данную технологию как самый экологически чистый и безопасный способ отработки месторождения.

Подземное скважинное выщелачивание является способом разработки рудных месторождений песчаникового типа без поднятия руды на поверхность путем избирательного перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах. При этом ураносодержащая руда остается под землей. В отличие от традиционных методов добычи (шахтный, карьерный), требующих значительных затрат на рекультивацию, в связи с чем данный метод ПВ отличается высокой экологической безопасностью, низкими затратами и упрощенностью технологических решений.

## **5.3 Пожаро-взрывобезопасность**

Самое основное это соблюдать меры противопожарной безопасности и профилактики. При организации лагерных стоянок выбранная площадка очищается от сухого мха лишайника, сухой травы, сучьев, валежника. Палатки в лагере устанавливаются на расстоянии не менее 3 м друг от друга. Костры разводить не ближе 10 м от палаток и от ближайших деревьев.

Склады ГСМ, гаражи размещаются вдали от деревьев и лагеря - на сухом пустынном месте, около водоемов.

При этом необходимо соблюдать чистоту водоемов. Для охраны водных ресурсов большое значение имеет санитарно-гигиеническая оценка химических веществ, используемых при буровых работах в промывочной жидкости.

Меры по охране почв включает в себя ликвидацию последствия геологоразведочных работ на поверхности земли и рекультивацию сельскохозяйственных угодий и лесных угодий.

Меры по охране лесов должны включать кроме мер противопожарной профилактики:

- Не допущение потерь древесины и перевода деловой древесины в дрова;
- Производить очистку лесосек и рабочих площадок от остатков порубка;
- На площадках, отведенных под буровые станки, станции и т.п. должны удаляться остатки нефтепродуктов, хозяйственный мусор.

Мероприятия по охране окружающей среды предусматриваются в проектах и сметах на производство геологоразведочных работ.

Проектом предусматриваются следующие мероприятия по охране окружающей среды:

- Выбор места заложения скважин задается исполнителем работ по возможности за пределами сельскохозяйственных угодий, т.е. на окраинах используемых площадей, вблизи дороги на незаметных сельскохозяйственными культурами, землях;

- Места хранения горюче-смазочных материалов должны быть удалены от источников водоснабжения на значительное расстояние и выбираются с таким расчетом, чтобы не допускать загрязнение поверхностных вод, источников питания подземных вод и полезных площадей;

- По окончании работ места хранения ГСМ, лагерные стоянки буровой установки должны быть очищены от мусора и спланированы;

- После проходки скважин и проведения опытных работ отстойники в обязательном порядке будут засыпаны и утрамбованы. На нарушенной поверхности уложен, предварительно снятый почвенно-растительный слой;

- Подъездные дороги к буровой предполагается прокладывать по окраинам пахотных угодий или по непригодным к использованию землям. По окончании работ колея будет спланирована:

- Скважины, вскрывшие подземные воды после проведения откачек

оборудуются бетонными подушками, закрываются крышками с замком во избежание попадания в подземные воды различных загрязняющих веществ;

- В местах стоянки отряда запрещается порубка деревьев, кустарников, осуществляются противопожарные мероприятия, случае возникновения лесных и степных или иных пожаров незамедлительно организовать их тушение;

- Все ИТР, рабочие, работающие в поле должны выполнять требования, обеспечивающие охрану фауны и флоры строго соблюдать правила, нормы и сроки охоты и рыболовства.

Проектом предусматривается рекультивация земель в местах бурения скважин. Для этого почвенный слой глубиной 20см снимается, складировается в 20м от площадки и после окончания работ возвращаются на место с последующей планировкой.

## **6 Расчет экономической эффективности при условиях филиала Ирколь**

Экономический расчет проведения химической обработки скважин в условиях добычи на руднике Ирколь приведен ниже.

Затраты на проведение РВР скважин складывается из суммы расходов на автотехнику, химических реагентов и ФОТ оператора ПРС и водителя автотранспорта.

1) Расходы на автотранспорт вычисляются из затраченного времени на обработку одной скважины (5,5 час) и стоимости 1 часа работы спец техники вместе с водителем составляет 2550 тенге/час на количество обрабатываемых скважин в год (1455):

$$5,5 \text{ ч} \times 1455 \text{ скв} \times 2550 \text{ тенге/час} = 204\,063\,750 \text{ тенге/год.}$$

2) Расходы на реагенты при проведении РВР вычисляются из суммы обрабатываемых скважин 1455 на количества бифторида аммония расходуемого на обработку одной скважины 50 кг, на стоимость бифторида аммония 1200 тенге/кг:

$$1455 \text{ скв} \times 50 \text{ кг} \times 1200 \text{ тенге/кг} = 87\,300\,000 \text{ тенге/год.}$$

3) Расходы на ФОТ операторам ПРС и амортизацию оборудования вычисляется из оплаты оператору ПРС 1230 тенге/час и расходов на содержание оборудования для проведения химической обработки в рабочем состоянии 20% от ФОТ:

$$1230 \text{ тенге/час} \times 11 \text{ часов} \times 365 \text{ дней} \times 2 \text{ оператора} + 20\% = 11\,852\,280 \text{ тенге.}$$

Итого:  $204\,063\,750 + 87\,300\,000 + 11\,852\,280 = 303\,216\,030$  тенге – это расход на все работы РВР в год.

При проведении опытно-промышленных испытаний расход на РВР сокращается вдвое и составляет:

$$\text{Итого : } 303\,216\,030 / 2 = 151\,608\,015 \text{ тенге/год}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было представлено изучение геологических, литологических характеристик рудовмещающих горных пород, физико-механических свойств и геолого-структурных особенностей месторождения Ирколь, что позволило более комплексно провести опытно-промышленные работы по методам РВР.

В работе приведен план Карамурунского рудного поля, схематично изображены оруденение и структура вмещающих пород, где можно увидеть, что урановое месторождение Ирколь расположена в породах с преобладанием глинистых минералов.

Был проведен анализ по состоянию на геотехнологическом полигоне

Приведено краткое описание технологии сернокислотного выщелачивания и описание процессов, протекающих при растворении урана и попутного осадкообразования.

Обзор применяемых методов интенсификации скважинной добычи урана на руднике Ирколь показывает назначение и метод осуществления каждого метода обработки геотехнологических скважин.

Проведение опытно-промышленного испытания, включало выполнение работ по подготовке эксплуатационных скважин, подача комплекса химических реагентов в скважинах с последующим ремонтно-восстановительных работы на участке геотехнологического полигона.

Количественный анализ проводимых методов ремонтно-восстановительных работ за 2016-2018 годы показывает, что увеличение химических обработок скважин с применением бифторида аммония обоснован высокой способностью повышать проницаемость продуктивного горизонта.

Описана технологическая схема проведения химической обработки откачных скважин специальным декольматирующим раствором на основе бифторида аммония.

Приведен экономический расчет проведения химической обработки скважин в условиях добычи на руднике Ирколь. Всего расходов на ремонтно-восстановительных работ скважин и обслуживание составляет 303 216 030 тенге.

При проведении опытно-промышленных испытаний расход на РВР сокращается вдвое и составляет:

Итого :  $303\ 216\ 030 / 2 = 151\ 608\ 015$  тенге/год

**Перечень принятых сокращений, терминов**

ЛЭП – линии электропередач  
ПСВ – подземное скважинное выщелачивание  
КС – кажущееся сопротивление  
ГИС – геофизическое исследование скважины  
ЗПО – зона пластового окисления  
СЗЗ – санитарно-защитная зона  
ПР – продуктивный раствор  
ВР – выщелачивающий раствор  
ПНД – полиэтилен низкого давления  
ПВХ – поливинилхлорид  
КДФ – каркасно-дисковый фильтр  
САБ – спасательно-аварийная бригада  
ЧС – чрезвычайная ситуация  
ПБ – промышленная безопасность  
ГТП – геотехнологический полигон  
УППР- участок по переработке продуктивных растворов  
ОТ – охрана труда  
РБ – радиационная безопасность  
ООС – охрана окружающей сред

## Список использованной литературы

1 Контракт (рег. № 1801 от 08.07.2005 г.) на проведение добычи урана на месторождении Ирколь между МЭМР РК и АО НАК «Казатомпром». Срок действия Контракта (пункт 3.2.) – 25 лет календарных лет с момента выдачи Лицензии ГКИ № 1527 от 04 марта 1999 г.

2 Рабочая программа на добычу урана на месторождении Ирколь. Разработчик – ТОО «Горно-экономический консалтинг», г. Алматы, 2005 г.

3 Постановление № 94 от 04 мая 2006 г. Акимата Кызылординской области «О предоставлении товариществу с ограниченной ответственностью «Горнорудная компания» права временного возмездного землепользования (аренды) на земельный участок для добычного полигона урана на месторождении Ирколь в Шиелинском районе.

4 Отчёт о поисково-оценочных работах на флангах месторождения Ирколь за 1982-1985 г.г. с оценкой прогнозных ресурсов урана по состоянию на 01.01.1986 г. Исполнитель – ГРЭ № 23 ПГО «Краснохолмскгеология», г. Ташкент, 1986 г.

5 Отчёт о результатах опытных работ на участке ПВ-82, выполненных в 1982-1985 г.г. Исполнитель – ГРЭ № 23 ПГО «Краснохолмскгеология», г. Ташкент, 1986 г.

6 Отчёт о геологоразведочных работах на месторождении Ирколь за 1975- 1985 г.г. Подсчёт запасов. Исполнитель – ГРЭ № 23 ПГО «Краснохолмскгеология», г. Ташкент, 1986 г.

7 Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан подтверждает, что запасы месторождения Ирколь утверждены ГКЗ СССР и числятся на Государственном балансе по состоянию на 01.01.2004 г. Экспертное заключение № 200 от 04.01.2005 г.

8 Протокол ТОО «Горнорудная компания» № 105 от 24.01.2006 г. технического совещания по проектированию Рудника «Ирколь».

9 Рабочий проект «Промышленная разработка месторождения урана Ирколь (горная часть)». Разработчик – ТОО «ПКО», г. Степногорск, 2006 г.

10 Рабочий проект «Промышленная разработка месторождения урана Ирколь (перерабатывающий комплекс)». Разработчик – ТОО «ПКО», г. Степногорск, 2006 г.

11 ТЭО промышленной отработки месторождения Ирколь. Разработчик – ТОО «Горно-экономический консалтинг», г. Алматы, 2010 г.

12 Планы развития горных работ на 2007-2011 г.г. по Руднику ПСВ урана месторождения Ирколь ТОО «Семизбай-У».

13 Технические отчёты ТОО «Семизба-У» приложениями № 1 за 2007-2011 г.г.

14 Технологический регламент «Проведения геофизических исследований скважин при разведке, подготовке и эксплуатации урановых месторождений пластово– инфильтрационного типа». Алматы, 2006 г.

**Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем**

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

**Автор:** Тұңғышбаев Талғат Қыдырбайұлы

**Название:** маг.дисс.прав. .doc

**Координатор:** Алма Бекботаева

**Коэффициент подобия 1:** 9,5

**Коэффициент подобия 2:** 3,7

**Тревога:** 4

**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:

*Добросовестно использованы ссылки*

*ТБ*

Дата

*Алма Бекботаева А.А.*

Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

Автор: Тұңғышбаев Талғат Қыдырбайұлы .

Название: маг.дисс.прав. .doc

Координатор: Алма Бекботаева

Коэффициент подобия 1:9,5

Коэффициент подобия 2:3,7

Тревога:4

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:

Работа выполнена самостоятельно, коэффициент подобия КП1-9,5, экспертиза работы подтверждает о добросовестном копировании с сайтов

9.12.2019



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допустить к защите

9.12.2019

Дата

Иван Белевгават

Подпись заведующего кафедрой / ИТМ.ИИИ

начальника структурного подразделения



**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию магистранта

**Тұңғышбаева Талғата Қыдырбайұлы**

«6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений полезных  
ископаемых/Геохимия»

**Тема «Геологическая характеристика и особенности интенсификации  
обработки геотехнологических скважин на месторождении Ирколь»**

Магистерская диссертация составлена Тұңғышбаевым Талғатом Қыдырбайұлы с рисунками и таблицами и состоит из введения, шести разделов и заключения. Диссертация посвящена изучению геологической характеристики и особенностей интенсификации обработки геотехнологических скважин на месторождении Ирколь (Южный Казахстан). Исследования по данной диссертаций были проведены во время производственных практик магистранта непосредственно на руднике и собственной производственной деятельности.

Научная новизна предлагаемой диссертаций магистранта заключается в комплексном изучении условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных залежей и вещественного состава руд и влияние всех этих характеристик на геотехнологические параметры.

В первом разделах магистрант дает общую административно и физико-географическую характеристику района работ. Вторая глава посвящена обзору и анализу ранее проведенных работа на месторождении Ирколь, геологической и геофизической изченности района. В третьей главе автор приводит геологическую характеристику, геолого-литологические особенности рудовмещающих толщ и характеристику урановой минерализации изучаемого месторождения. В магистерской диссертации подробно описаны фациально-генетические и лито-фильтрационные особенности мезозойско-кайнозойских отложений, которые отличаются слабодислоцированными и слабо уплотненными характеристиками породы, вмещающими промышленное урановое оруденение В специальных главах диссертации приведены результаты лабораторных и опытных работ разработки комплекса химических реагентов для регенераций скважин и повышение содержания урана месторождения Ирколь. Проведение опытно-промышленного испытания, включало выполнение работ по подготовке эксплуатационных скважин, подача комплекса химических реагентов в скважинах с последующим ремонтно-восстановительных работы на участке геотехнологического полигона.

В заключении Тұңғышбаев Т. приводит результаты исследования. Исследования, выполненные магистрантом, повышают результативность геологических и технологических исследований подобных месторождений урана. Количественный анализ проводимых методов ремонтно-восстановительных работ показывает, что увеличение химических обработок скважин с применением бифторида аммония обоснован высокой способностью

повышать проницаемость продуктивного горизонта. Описана технологическая схема проведения химической обработки откачных скважин специальным декольматирующим раствором на основе бифторида аммония. Приведен экономический расчет проведения химической обработки скважин в условиях добычи на руднике Ирколь.

По содержанию, объему и структуре магистерская диссертация соответствует государственному образовательному стандарту. Магистерская диссертация выполнена самостоятельно на фактических производственных материалах, имеет большое практическое значение для внедрения его на производстве. 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,**  
доктор PhD, ассоц. профессор  
« 06 » 12 2019 г.



**Бекботаева А.А.**

Список научных трудов

Тунгышбаев Талгат Кыдырбайұлы

Сведения о работе					
№	Наименование работ	Вид работы: статья, доклад	Издательство, год издания	Объем, стр.	Соавторы
2.	Применение химического комплекса реагентов многофункционального назначения для увеличения межремонтного цикла геотехнологических скважин в условиях месторождения «Ирколь»	Статья	Труды Сатпаевских чтений Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом Секторах экономики РК Том I Алматы, 2019г., 229-232 стр.	4	А.А.Бекботаева



Директор Института геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова

Сыздықов А.Х.

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ

Бекботаева А.А.

Научный руководитель доктор PhD, ассоц.профессор

Бекботаева А.А.

Автор работ

Тунгышбаев Т.К.

**ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР - ҚР ЭКОНОМИКАСЫНЫҢ КЕН-БАЙЫТУ  
ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗ СЕКТОРЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛЫ  
МІСЕЛЕЛЕРІН ТАБЫСТЫ ШЕШУДІҢ КІЛТІ**

**СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ**

**ЕҢБЕКТЕРІ**

**I Том**

**ТРУДЫ**

**САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КЛЮЧ К УСПЕШНОМУ РЕШЕНИЮ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В РУДНОМ И НЕФТЕГАЗОВОМ  
СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ РК**

**Том I**

**PROCEEDINGS**

**SATPAYEV'S READINGS**

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES ARE THE KEY TO SUCCESSFUL SOLVING  
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS IN THE ORE AND OIL AND GAS  
SECTORS OF THE ECONOMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**I volume**

УДК 001 (063)  
ББК 72  
И 66

- Оргкомитет:  
**Кенжалиев Б.К.** – Проректор по науке, **председатель;**
- Жолтаев Г.Ж.** – Директор ТОО «Институт геологических наук имени К.И.Сатпаева»; **заместитель председателя;**
- Сыздыков А.Х.** – Директор Института геологии и нефтегазового дела, **заместитель председателя;**
- Бекботаева А.А.** – Заведующий кафедрой «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», **ответственный исполнитель;**
- Нусупова А.Б.** – Ученый секретарь ТОО «Институт геологических наук имени К.И.Сатпаева», **ответственный исполнитель;**
- Туйебахова З.К.** – Директор Института химических и биологических технологий;
- Саренова А.С.** – Директор Института базового образования;
- Умаров Т.Ф.** – Директор Института информационных и телекоммуникационных технологий;
- Омарбеков Б.О.** – Директор Института промышленной инженерии;
- Салькова Л.Н.** – Директор Института управления проектами;
- Узбаева Б.Ж.** – Директор Научной библиотеки;
- Сеитжанов Ш.** – Председатель Совета молодых ученых ТОО «Институт геологических наук имени К.И.Сатпаева»;
- Нигматова С.А.** – Руководитель лаборатории ТОО «Институт геологических наук имени К.И.Сатпаева»;
- Окашева Ш.К.** – Руководитель Центра исторического наследия Департамент по студентским вопросам;
- Машрапова М.А.** – Руководитель группы ГИС-технологии ТОО «Институт геологических наук имени К.И.Сатпаева», **секретарь конференции;**
- Баудагулова Г.Т.** – Специалист минералогического музея кафедры ГСПиРМПИ, **секретарь конференции;**

**«Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК»:** сборнике представлены материалы конференции Сатпаевские чтения.

И66 – Алматы: КазННТУ имени Сатпаева, 2019. – 1486 с.  
ISBN 978-601-323-145-7

В современном мире цифровые технологии играют все более важную роль в развитии стран, в том числе таких ключевых сфер как инженерия, строительство, высокие технологии, машиностроение и образование.

ISBN 978-601-323-145-7

УДК 001 (063)  
ББК 72  
И 66

© Казахский национальный  
исследовательский технический  
университет имени К.И.Сатпаева

## Выводы

При мониторинге вскрытия вертикальными буровыми скважинами и при отработке с линейным расположением скважин на руднике «Семизбай» была доказана его эффективность при сокращении отработки блоков, увеличении степени извлечения, снижения себестоимости, экономии серной кислоты и электроэнергии.

## Литературы:

1. Инструкция (методические указания) по подземному скважинному выщелачиванию урана. Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». - Алматы, 2006.
2. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана (методические рекомендации).- Алматы, 2006.
3. Якжин А.А. Поиски и разведка урановых месторождений. – Госгеолтехиздат. - Москва, 1961.
4. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Гылым, Алматы, 1997.
5. Закона Республики Казахстан "О недрах и недропользовании".

Түменбаева М.С.

«Семізбай» кенішінде уран кенін ашу сұлбасын және игеру ерекшеліктерін оңтайландыру ерекшеліктері

**Түйндеме.** Мақала «Семізбай» кенішінде уран кенін ашу сұлбасын және игеру ерекшеліктерін оңтайландыруды қамтиды, уранды өндіру мөлшерін көбейтеді, әрі өндеу уақытын кемітеді.

**Түйін сөздер:** жерастыңғыма шаймалау әдістері сызықты, гексогонды, «Семізбай» кеніші

Tumenbayeva M.S.

**Features of optimization of the opening scheme and mining of uranium deposits in the mine "Semizbay"**

**Summary.** The article contains information about the optimization of the pattern of opening and mining of uranium deposits, the conditions for increasing the degree of extraction and reducing the time of production in the Semizbay Deposit.

**Keywords:** underground leaching techniques, linear, hexagonal, mine Semizbay.

УДК 553.3/4-23

**Т.К. Тунгышбаев**

*Научный руководитель – А.А.Бекботаева, заведующий кафедрой ГСПиРМПИ,  
ассоциированный профессор, доктор PhD*

*Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И.*

*Сатпаева, г. Алматы, Казахстан*

*[talgattungyshbai@mail.ru](mailto:talgattungyshbai@mail.ru)*

## ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕАГЕНТОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕЖРЕМОНТНОГО ЦИКЛА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ИРКОЛЬ»

**Аннотация.** Статья содержит анализ геотехнологических параметров отработки эксплуатационных блоков и работы технологических скважин месторождения «Ирколь» и были подобраны химические реагенты для интенсификации извлечения урана из недр.

**Ключевые слова:** бифторит аммония, сульфаминовая кислота; лигносульфонат; хлорид железа.

<b>Ерназарова Д.Т., Мендыгалиев А.А., Аршамов Я.К.</b> Выбор оптимального метода подсчета вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере участка «Центральный» месторождения Мынкудук	194
<b>Жанденов Р.К., Мустапаева С.Н.</b> Применение дополнительного химического реагента (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) на руднике «Семизбай»	199
<b>Исмагулов Ш.Б., Бекботаева А.А.</b> Особенности химической обработки фильтров и прифильтровых зон в геотехнологических скважинах на месторождение «Ирколь»	202
<b>Касымбеков А.Д., Бекботаева А.А.</b> Особенности геологического и гидрогеологического строения Участка 4 месторождения Буденновское	205
<b>Муңылықов А.Р., Оралбаев А.Е.</b> Модификация – өмір талабы	209
<b>Мухашев А.Б., Ибраев К.О., Аршамов Я.К.</b> Геолого-структурные особенности формирования золотоносных кор выветривания на месторождениях Жананского рудного поля (Восточный Казахстан)	212
<b>Тагбергенов А.Ж., Байбатша А.Б.</b> Перспективность полиметаллического месторождения Дюсембай для попутного извлечения редких земель	216
<b>Тулєуов Н.К., Селезнева В.Ю.</b> Геолого-технологические особенности руд участка «Западный Мынкудук» и их влияние на добычу урана	222
<b>Туменбаева М.С., Лось В.Л.</b> Особенности оптимизации схемы вскрытия и отработка урановых залежей на руднике «Семизбай».	225
<b>Тунгышбаев Т.К., Бекботаева А.А.</b> Применение химического комплекса реагентов многофункционального назначения для увеличения межремонтного цикла геотехнологических скважин в условиях месторождения «Ирколь»	229
<b>Тутебаев Р.К., Байсалова А.О.</b> Проведения ремонтно-восстановительных работ по восстановлению дебита технологических скважин способом гидросвабирования рудника «Центральный Мынкудук»	232
<b>Шайыяхмет Т.К., Байбатша А.Б.</b> Некоторые особенности геологического строения золоторудного месторождения Бескемпир	236
<b>Юсуфи А., Бекботаева А.А. Muszynki A.</b> Петрография ультрабазитов Логарского района Афганистана	241
<b>Ashirov Zh. Zh., Mataeva G.G.</b> Gold resources of East Kazakhstan region	244
<b>Pugach Andriy M., Dereviahina Natalia I.</b> Study of dynamics of deformations of foundation base in conditions of technogenic stage-by-stage underflooding of a loess massif	249
<b>Секция «Нефтегазовая, инженерная геология и гидрогеология»</b>	
<b>Абдрасил Г.С., Ким Д.В.</b> Исследование и оценка степени загрязнения подземных вод после полного затопления рудника Миргалымсай и возникновение опасных геологических процессов	254
<b>Аскар А.Е.</b> Геохимическая характеристика материнских пород нижнего карбона в Кокпансорском прогибе	258
<b>Әлиасқар И.С.</b> Литолого-стратиграфическая характеристика и нефтегазоносность Северо-Устьюртско-Аральского осадочного бассейна	261
<b>Бостан А.Қ.</b> Подбарханые линзы пресных подземных вод пустыни и способы их эксплуатации	265
<b>Емберген Д.Е., Досхожаев А.С., Садыкова А.К.</b> Изучение подземных вод Каратальского р-на Алматинской области с целью комплексного проектирования систем водоснабжения в селе Кальпе	269
<b>Жукова Т.В., Ибраимов В.М., Султанмуратов Р.С.</b> Особенности разведки эксплуатационных запасов трещинных подземных вод для технического водоснабжения Верхне-Андасайского золоторудного месторождения	274
<b>Ким Д.В., Абдрасил Г.С.</b> Особенности строения и гидрохимическая зональность горняцкого месторождения подземных вод	278