

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

Жанденов Руслан Канатович

Интенсификация выщелачивания урана путем использования
дополнительного окислителя в условиях месторождения Семизбай

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

Жанденов Руслан Канатович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации – Интенсификация выщелачивание урана путем
использования дополнительного окислителя в
условия месторождения Семизбай

Направление подготовки - 6M070600 «Геология и разведка урановых
месторождений/геохимия»

Научный руководитель

Доктор PhD, ассоц.профессор

кафедры ГСПиР МПИ

_____ С.Н.Мустапаева

« ___ » _____ 2019 г.

Производственный руководитель

Начальник ГТО рудник Семизбай

ТОО «Семизбай-У»

_____ А.Т.Умираниева

« ___ » _____ 2019 г.

Рецензент

Доктор технических наук, профессор

_____ Х.А.Юсупов

« ___ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук, лектор

_____ С.К.Асубаева

« ___ » _____ 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ

доктор PhD, ассоц.профессор

_____ А.А. Бекботаева

« ___ » _____ 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц.профессор

А.А. Бекботаева

« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Жанденову Руслану Канатовичу

Тема «Интенсификация выщелачивания урана путем использования дополнительного окислителя в условия месторождения Семизбай»

Утвержденный приказом по университету №1193-М от «29» октября 2018 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) обзор геологических условий месторождения
- б) выбрать пути интенсификации добычи урана
- в) вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда
- г) расчёт экономической эффективности разработки
- д) приложения

Перечень графического материала:

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

Рекомендуемая основная литература:

1) Пересчет запасов месторождение Семизбай по кондициям для ПВ, Степногорск, 1988 Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на рудниках Казахстана. - Алматы, 2001.

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	В.Л.Лось Доктор геол.-мин. наук, акад. Академии мин.рес. РК		
Аналитический обзор			
Экспериментальная часть			
Заключение			
Нормо контролер	С.К.Асубаева канд. геол.-минерал.наук, лектор		

Научный руководитель _____ С.Н.Мустапаева
Задание принял к исполнению _____ Р.К.Жанденов

Дата

АННОТАЦИЯ

Казахстан является крупнейшим экспортером энергоресурсов, цветных, черных и благородных металлов. На Казахстан приходится 41 % добываемых в мире урана. В диссертационной работе представлен обзор по геологическим, гидрогеологическим и технологическим данным по месторождению Семизбай. Одной из основных задач добычного предприятия является снижение себестоимости готовой продукции. В связи с этим была предложена, проведена и использована методика по применению дополнительного окислителя на гидрогенных эпигенетических месторождениях в зонах полного вторичного восстановления в виду практически полного отсутствия железа в трехвалентной форме в пластовых водах и горнорудной массе. Применение дополнительного окислителя позволяет снизить время отработки и интенсифицирует добычу в блоке.

АНДАТПА

Қазақстан энергия ресурстары түрлі түсті, қара және асыл металдардан тұрады. Әлемде өндірілетін уранның 41%-ы Қазақстанға келеді.

Диссертациялық жұмыста Семізбай кен орны бойынша геологиялық, гидрогеологиялық және технологиялық мәліметтер бойынша шолу ұсынылған. Өндіруші кәсіпорынның негізгі міндеттерінің бірі дайын өнімнің өзіндік құндылығын төмендету болып табылады. Осыған байланысты толық қайталама қалпына келтіру аймақтарында гидргенді эпигенттік жерлерде қосымша тотықтырғышты қолдану бойынша әдістеме ұсынылды, жүргізілді және пайдаланылды. Қосымша тотықтырғышты қолдану кезінде жұмыс істеу уақытын азайтуға мүмкіндік береді және блоктың өнімділігін жоғарлатты.

ABSTRACT

Kazakhstan is the largest exporter of energy resources, non-ferrous, ferrous and precious metals. Kazakhstan accounts for 41 % of the world's uranium. The thesis presents an overview of geological, hydrogeological and technological data on the Semizbay field. One of the main tasks of the mining enterprise is to reduce the cost of finished products. In this regard, it was proposed, conducted and used a technique for the use of an additional oxidizer on hydrogenic epigenetic sites in the zones of complete secondary recovery of the introduction of almost complete lack of iron in the three-valence form in reservoir waters and ore mass. The use of an additional oxidizer reduces the working time and intensifies the production in the block.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА РАБОТ	10
1.1 Административная и физико-географическая характеристика района	10
2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	13
2.1 Геологические особенности	13
2.2 Стратиграфия	13
2.3 Гидрогеологические особенности	16
2.4 Категоризация сложности месторождения	21
2.5 Вещественный и химический состав руды	24
2.6 Горнотехнические условия месторождения	31
3 ПОДЗЕМНОЕ СКВАЖИННОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ	33
3.1 Основы подземного скважинного выщелачивания	33
3.2 Методы вскрытия технологических полей	35
4 МЕТОДЫ, УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ УРАНА	38
4.1 Окислительно-восстановительные процессы в технологии выщелачивания урана	38
4.2 Оптимальные режимы и параметры добычи урана с учетом пероксида водорода.	38
5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является месторождение Семизбай расположенное в Северо-Казахстанской и Акмоленской области, которое относится к III группе сложности по геологическому строению.

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

Месторождение Семизбай, в отличие от месторождений Шу-Сарысу и Сырдарьинской провинций, характеризуется глубоким вторичным восстановлением, приведшим к практически полному исчезновению трёхвалентного железа в составе пластовых вод и ГРМ, что приводит к необходимости задействовать в процессе дополнительные окислители.

Для повышения извлечения урана из руд, содержащих минералы урана (IV), необходимо применение окислителей для перевода труднорастворимой четырёхвалентной формы урана в шестивалентную.

Предложена технологическая схема подачи пероксида водорода.

Диссертационная работа выполнялась на реальных производственных материалах рудника Семизбай.

Целью настоящей работы является изучение путей интенсификации добычи урана с помощью дополнительного окислителя.

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

Задачами исследования являются:

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

Предметом исследования является сложное гидрогенное месторождение урана «Семизбай».

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

Личный вклад автора: Непосредственно принимал участие в разработке методике подачи пероксида водорода через технологический узел закисление.

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

Публикации: по диссертации опубликована 1 статья.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА РАБОТ

1.1 Административная и физико-географическая характеристика района

Месторождение Семизбай расположено на северо-восточной окраине Казахского нагорья, постепенно переходящего в Западносибирскую равнину.

Административно площадь района месторождения относится к двум областям: Акмолинской и Северо-Казахстанской, причем значительная часть месторождения (около трёх четвертей площади) находится в Уалихановском районе СКО, а остальная часть в Енбекшильдерском районе Акмолинской области (Рисунок 1).

Рельеф района месторождения равнинный, холмистый. По характеру поверхности исследуемая территории расположена на стыке двух регионов - Западно-Сибирской низменности и области Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Западно-Сибирская низменность занимает крайнюю северную часть района работ.

Поисково-разведочные работы проведены на площади занимаемой Центрально - Казахстанским мелкосопочником, представленным здесь цокольной денудационной равниной (водораздельная часть области Центрально-Казахстанского мелкосопочника). Поверхность равнин мелкосопочная и холмистая. Абсолютные высотные отметки сопок от 90 до 100-147 м. Относительные превышения холмов над впадинами не превышают 5÷30 м. Повышенные скалистые равнины, осложненные группами и грядами крутых сопок, чередуются с пониженными пространствами межсопочных равнин, представляющих собой долинообразные или котловинообразные понижения, выполненные толщиной молодых рыхлых в основном глинистых континентальных отложений неоген-четвертичного возраста.

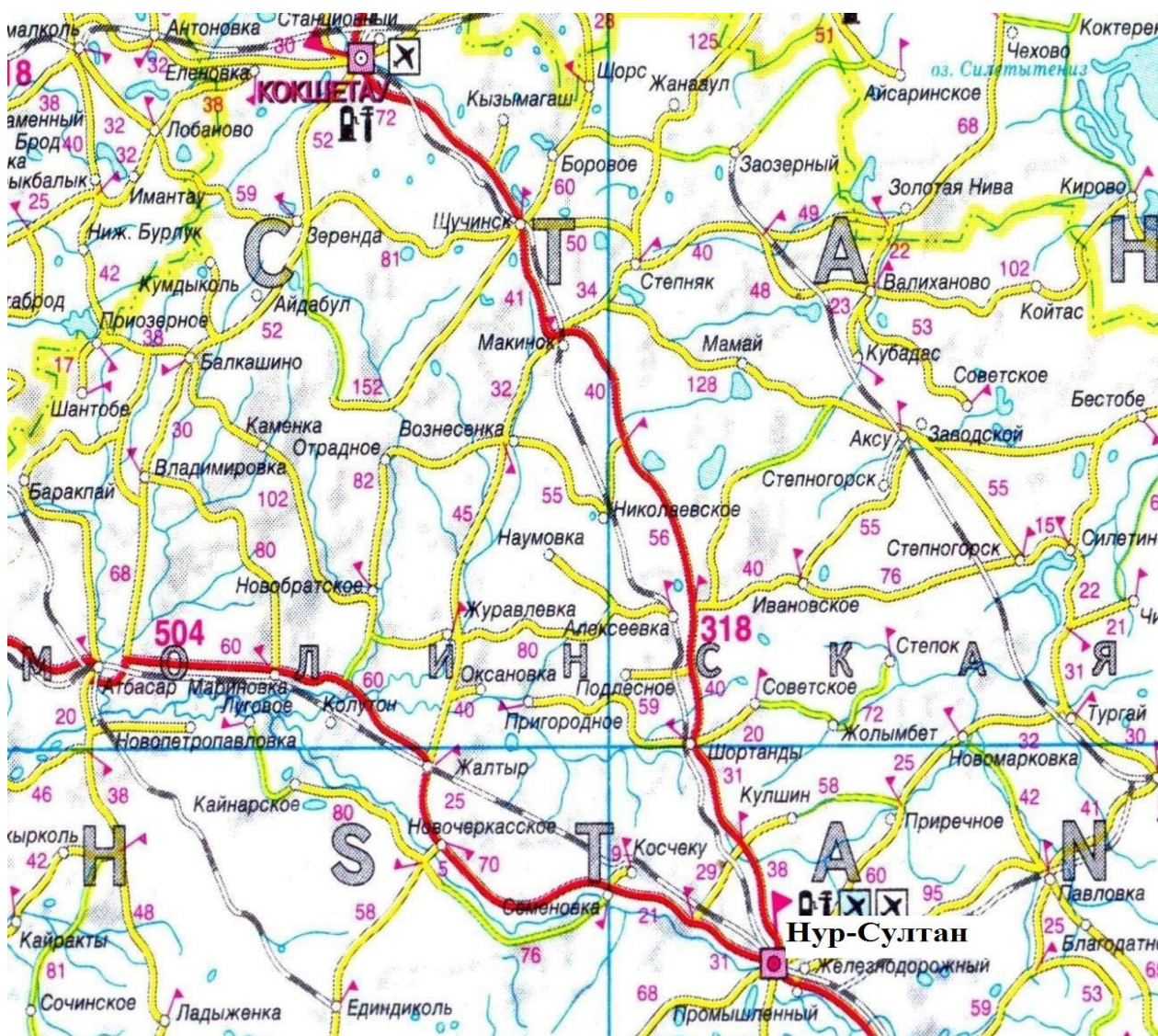
Хорошие фильтрационные свойства пород зоны аэрации и сравнительно большое здесь количество осадков создают благоприятные условия для формирования подземного стока.

Аллювиальные аккумулятивные равнины в пределах рассматриваемой территории связаны с малыми реками внутреннего стока, оканчивающимися в озерах внутри области мелкосопочника или на ее окраинах. Долины этих рек здесь неширокие, террасированные, с узким руслом, имеющим перепады из скальных пород. В долинах развиты пойма и одна или две надпойменных террасы современного и верхнечетвертичного возраста. Террасы прослеживаются в долинах не повсеместно.

Рельеф на изучаемой территории является важным фактором в формировании подземных вод. Выходы коренных пород на поверхность создают благоприятные условия для интенсивной инфильтрации атмосферных осадков. В ложбинах аккумулятором подземных вод являются песчано-гравийные отложения.

Ландшафт типичный для Северного Казахстана – степной с типчаково-ковыльной растительностью и сухостепным разнотравьем. Редко встречаются небольшие колки кустарников и деревьев.

Климат района резко континентальный со среднемесячной температурой летом $+18^{\circ}\text{C} \div +22^{\circ}\text{C}$ (максимум 35°C), зимой – $-17 \div -20^{\circ}\text{C}$ (минимум 45°C). Зима малоснежная, продолжительная, лето жаркое и сухое. Среднегодовое количество составляет 300 - 350 мм. Большая часть осадков выпадает в теплый период — с апреля по октябрь, в основном в течение июня и июля. Наименьшее количество осадков выпадает в январе и марте. Основная масса осадков обычно выпадает в виде малоинтенсивных дождей или снегопадов.



Участок работ

Рисунок 1 - Обзорная карта района работ

При высоких температурах воздуха летние осадки большей частью

смачивают лишь поверхность почвы и сразу теряются на испарение, за исключением участков, где на поверхности развиты хорошо проницаемые отложения. Чаще всего без дождевыми месяцами бывают август и сентябрь, а нередко и июль. В зависимости от рельефа снеготзапасы резко меняются, неравномерность их распределения обуславливает разнообразные условия поверхностного и подземного стока. Основные снеготзапасы приурочиваются к пониженным участкам рельефа - овражно-балочной сети, западинам и ложбинам, а также к древесной растительности, которые и представляют основные участки питания подземных вод поверхностными водами. Глубина промерзания грунта от 1,6 до 2,8 м. Характерной особенностью климата являются почти постоянно дующие ветры с преобладанием юго-западного и северо-восточного направлений с максимальной скоростью 18÷20 м/сек.

В связи с сухостью климата гидрографическая сеть на участке развита слабо. Водотоки, отмечающиеся в межсопочных понижениях, имеют временный характер. В районе месторождения имеются соленые озера (наиболее крупное оз. Жамантуз) и временные водотоки рек Кызылмыркасу, Семизбай и Шат. Реки питаются в основном за счет таяния снегов и характеризуются непродолжительным пиком весеннего паводка. Сток речной сети направлен на север и северо-восток к Западно-Сибирской низменности и осуществляется к местному базису оз. Жамантуз. Реки региона относятся к типу степных. Поэтому их режим резко меняется в течение года и в многолетнем цикле. Период половодья наступает в апреле - мае, в июне они пересыхают. Вода сохраняется только в искусственно созданных водохранилищах.

Район месторождения является одним из наименее экономически освоенных в Северном Казахстане. Ближайшие к месторождению промышленные центры, крупные населенные пункты и железнодорожные станции – города Степногорск (110 км), Заозерное (120 км), пос. Бестобе (50 км) и железнодорожная станция Кызылту (100 км) – не имеют с ним транспортной связи. Грейдерная дорога к месторождению соединяет пос. Кирово с посёлками Байлюсты и Койтас и далее – с райцентром Енбекшильдерского района п.г.т. Степняк; ответвление между посёлками Байлюсты и Заводской значительно улучшает сообщение между г. Степногорском и районом месторождения. Передвижение по району работ возможно при помощи транспорта повышенной проходимости. Это вахтовки, автобусы типа ВАЗ. Для выполнения производственных работ по бездорожью и для передвижения жилых вагонов, оборудования, передвижения передвижных лагерей между участками необходимо использовать тракторы.

Обеспечение питьевой водой осуществляется из 2 водозаборных скважин (6 км от месторождения). По данным анализов вода пригодна для использования в бытовых условиях. Подземные воды месторождения, в связи с их высокой минерализацией (от 2÷4 до 20 г/л), пригодны только для технических целей.

В районе работ развита структура энергоснабжения. Обеспечение

электроэнергией осуществляется от ЛЭП - 110 кВт, проведенной от рудника Бестобе, находящегося в 50 км от рудника Семизбай.

2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

2.1 Геологические особенности

Огромная территория Северного Казахстана сложена породами осадочного, магматического и метаморфического генезиса от архейского до современного возраста. Породы допалеозойского и палеозойского возраста, смятые в складки и разбитые многочисленными разломами, образуют жесткий скальный фундамент, который местами - в пределах Казахского нагорья - выходит на дневную поверхность. На остальной территории породы этого возраста перекрыты рыхлым чехлом мезозойских и кайнозойских песчано-глинистых отложений, слагающих обширные пространства Западно-Сибирской низменности к северу от Казахского нагорья. Песчано-глинистые осадки мезозойского и кайнозойского возраста встречаются и в пределах выходов на дневную поверхность пород фундамента, где они занимают сравнительно небольшие площади и наблюдаются в виде разрозненных останцовых полей в депрессиях скального ложа. Литологический состав пород, условия их залегания, характер нарушений и структурный план района обуславливают наличие или отсутствие подземных вод в тех или иных породах, их состав и динамику. Так, в общих чертах, монолитные породы складчатого фундамента содержат воду лишь в трещинах и зонах разломов, а рыхлые пласты песчано-глинистых пород мезо-кайнозойского чехла определяют сложную взаимосвязь водоносных горизонтов, комплексов и водоупоров. Геологическое строение территории семизбайского месторождения довольно простое. Основной структурой является одноименная эрозионно-тектоническая депрессия, которая представляет собой древнюю, длительно развивающуюся мезозойско-кайнозойскими отложениями долину.

Оруденение на месторождении пользуется широким площадным распространением в пределах рудоносных зон. В продуктивной толще мощностью до 80м оруденение является многоярусным, приурочено в основном к водопроницаемым породам верхне- и нижнесемизбайской подсвет, представленным (снизу вверх) конгломератами и галечниками на глинистом, песчаном и карбонатном цементе, грубозернистыми сероцветными песками с обломками обугленной древесины и прослоями лигнитов, плотными глинами с прослоями и линзами песков и глинистых песков (нижняя подсвета), и мелко-среднезернистыми песками и алевролитами (верхняя подсвета) верхнеюрского-нижнемелового возраста.

2.2 Стратиграфия

В геологическом отношении район месторождения располагается на северной окраине Ишкеольмесского антиклинория, в зоне погружения складчатого фундамента северо-восточной части Казахского щита под мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом Западно-Сибирской плиты.

Палеозойский фундамент (PZ) сложен многофазовым существенно гранитоидным массивом Жаманкойтас и его обрамлением, представленным преимущественно вулканогенными и осадочными комплексами среднего ордовика (O₂). Незначительно развиты в районе метаморфические комплексы протерозоя (PR) на западе, вулканогенно-осадочные породы кембрия (C) на севере, в центре и на юге, девона (D), и карбона (C) на севере. Жаманкойтасский существенно гранитоидный массив охватывает центральную часть района. Слагающие массив интрузивные тела относятся к Крыккудукскому нижний силур (S₁), Боровскому верхний девон (D₃). Мезокайнозойский (MZ-KZ) чехол представлен западной частью палеоречной системы, где в слабо литифицированных пестроцветах Семизбайской депрессии локализована семнадцатикилометровая зона промышленного уранового оруденения. Оруденение размещается в части Семизбайской палеодолины, где она «рассекает» гранитоиды Жаманкойтасского массива. В областях, где породы чехла перекрывают другие породы палеозойского фундамента, промышленное оруденение не установлено. Промышленные руды Семизбайского месторождения в восточной части ограничены областью каленообразного перегиба Семизбайской палеодолины с изменением ориентировки её оси с субширотной на субмеридиональную. Ориентировка палеодолины и её изгибы скорее всего унаследуют и пространственно связаны с довольно крупными субширотными и субмеридиональными северо-западными расколами в палеозойском фундаменте.

Разрез описываемого района распространен в пределах эвгеосинклинальной зоны и включает в себя вулканогенно-осадочные толщи островодужного типа.

В описываемом районе породы **кембрия** (C₁) слагают серию антиклинальных поднятий в западном эндоконтакте Жаманкойтасского массива и два горста на юго-востоке. К нижнему кембрию (C₁) относится толща вулканогенных образований, представленная диабазами, диабазовыми порфиритами, миндалекаменными порфиритами, конгломератами, также встречаются эффузивы и их туфы, линзы и прослои яшмовидных пород. В описываемом районе относимые к кембрию эффузивы и их туфы имеют ограниченное развитие и слагают небольшие по площади антиклинальные поднятия (горсты), ограниченные разломами. По своей формационной принадлежности вулканогенные образования бошекульской серии относятся к спилит-диабазовой формации, характерной для ранних этапов развития эвгеосинклинали. Мощность свиты превышает 500м.

Отложения ордовикской системы приурочены к геосинклинальным прогибам. Прослеживаются в виде полосы шириной 2,5-3,5 км от озера Алкасор на юге до урочища Семизбай на севере. Эта полоса имеет на юге близмеридиональное простираение, которое затем на севере меняется на северо-западное. Сложена свита, в основном, чередующимися алевролитами, песчаниками, а также пепловыми туфами и туффитами, появляющимися в верхах разреза, порфиритами андезит-базальтового состава,

туфоагломератами, кремнистыми аргиллитами. Отмечается постепенная смена крупнозернистыми алевролитами вверх по разрезу. Взаимоотношения свиты с кембрийскими отложениями на рассматриваемой площади тектонические, выше согласно, с постепенными переходами налегает толща осадочно-вулканогенных пород, относимая к сагской серии среднего ордовика (O₂). Песчаники и алевролиты часто несут следы эпигенетических изменений, проявившихся главным образом в окварцевании и эпидотизации. Мощность отложений свиты в районе превышает 500 м.

Отложения Лландейловского яруса, представленные флишеподобными терригенными образованиями, на юго-востоке района слагают серию синклинальных складок северо-западного простиранья. Для разреза яруса характерно двух- или трехчленное ритмичное строение, обусловленное закономерным чередованием конгломератов, песчаников и алевролитов, андезитовых порфиритов и их туфов. В основании яруса залегает базальный горизонт конгломератов, конглобрекчий, постепенно переходящих выше по разрезу в гравелиты и пудинговые конгломераты. В состав этих пород входят преимущественно обломки и галька нижележащих вулканогенных образований сагской серии, сцементированные песчаным цементом. Выше горизонта базальных конгломератов залегают линзующиеся известняки. Последние не выдержаны как по мощности, так и по простиранью и картируются только в южной части восточного фланга площади. Выше по разрезу залегают переслаивающиеся песчаники и алевролиты, они же и завершают разрез яруса. Мощность Лландейловского яруса - 1200 м.

Эффузивно-пирокластические и вулканогенно-осадочные образования этой серии имеют относительно широкое развитие на востоке и западе района. Преимущественным развитием в разрезе серии пользуются вулканогенные образования, представленные плагиоклазовыми андезитовыми, андезито-базальтовыми, андезито-дацитовыми, дацитовыми порфиритами и их туфами. В верхней части разреза преобладают туфы и туфобрекчии вышеперечисленных составов с редкими линзами и прослоями гравелитов, вулканомиктовых песчаников и алевролитов. В нижней части разреза породы имеют зеленовато-серую, серую и темно-зеленую окраску, в верхней, преимущественно туфовой части, преобладают бурые, красновато-бурые и коричневатые-серые цвета. Мощность разреза яруса превышает 1000 м.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

РАЙОНА РАБОТ

Масштаб 1 : 200 000

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Q Четвертичная система. Озерно-аллювиальные отложения. Суглинки, пески, глины. Озерные отложения; суглинки, галечники, пески, илы, глины (пойма и первая надпойменная терраса озера Селетытенгиз и других озер)
- P₃ Оligоцен. Кварцевые пески, гравелиты и галечники с линзами кварцевых песчаников, алевролиты и глины
- K₂ Верхний мел. Кварцево-глауконитовые пески, галечники, алевролиты, карбонатные глины
- C_{1,v} Визейский ярус. Известковистые алевролиты, песчаники, углистые сланцы и алевролиты, известняки
- C_{1,l} Турнейский ярус. Кремнистые и песчаные известняки и мергели
- D_{1,fm} Фаменский ярус. Серые известняки, лавобрекчии, туфы, лавы и порфириты
- D_{1,f} Франский ярус. Песчаники, конгломерат-песчаники, крупногалечные конгломераты
- S Силурийская система. Агломератные туфы кварцевых порфиров, флюидальные лавы, альбитофиты, андезитовые и базальтовые порфириты, прослой песчаника и конгломератов
- O_{1,as} Ащигильский ярус. Андезитовые и базальтовые порфириты и их туфы, туфоагломераты, конгломераты, песчаники и алевролиты
- O_{1,k} Карадокский ярус. Пески, алевролиты, порфириты и их туфы, туфобрекчии с прослоями гравелитов, вулканомиктовых песчаников и алевролитов
- O_{1,d} Лландейловский ярус. Песчаники, алевролиты, прослой известняков, конгломератов, андезитовые порфириты и их туфы
- O_{1,l} Лланвирнский ярус. Порфириты андезито-базальтового состава, туфоагломераты, пепловые туфы и туфиты, алевролиты, песчаники и кремнистые аргиллиты
- C₁ Кембрийская система, нижний отдел. Диабазовые порфириты, сплиты, миндалекаменные порфириты, конгломераты, эффузивы и их туфы, линзы и прослой шимовидных пород
- ¹S₂-D₁ Гипабисальные интрузии гранит-порфиров, биотитовых порфиридных, лейкократовых средне- и мелкозернистых гранитов
- Границы отложений
- Участок района работ



Рисунок 2 - Геологическая карта рудного поля и месторождения Семизбай

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА

Группа	Система	Отдел	Ярус	Индекс	Колонка	Мощн. (м)	Характеристика пород			
КАЙНО-ЗОЙСКАЯ	ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ПАЛЕОГЕНОВАЯ	ОЛИГОЦЕН		Q		10-12	Озерно-аллювиальные отложения. Суглинки, пески, галечники, илы, глины			
				P ₃		20-40	Кварцевые пески, гравелиты и галечники с линзами кварцевых песчаников, алевролиты и глины			
МЕЗО-ЗОЙСКАЯ	МЕЛОВАЯ	ВЕРХНИЙ		K ₂		150	Кварцево-глауконитовые пески, галечники, алевролиты, карбонатные глины			
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	КАМЕННОУГОЛЬНАЯ	НИЖНИЙ	ТУРНЕЙСКИЙ	ВИЗЕЙСКИЙ	C _{1v}		150-200	Известковистые алевролиты, песчаники, углстые сланцы и алевролиты, известняки		
					C _{1t}	150-200	Кремнистые известняки и мергели			
			ДЕВОНСКАЯ	ВЕРХНИЙ	ФАМЕНСКИЙ	D _{3fm}		800	Серые известняки, лавобрекчии, туфы, лавы и порфириты	
						ФРАНКСКИЙ	D _{3f}		250-500	Песчаники, конгломерат-песчаники, крупногалечные конгломераты
	СИЛУРИЙСКАЯ				s				Агломератовые туфы кварцевых порфиров, флюидалные лавы, альбитофиры, андезитовые и базальтовые порфириты, прослои песчаника и конгломератов	
	ОРДОВИКСКАЯ	ВЕРХНИЙ	АШГИЛСКИЙ	O _{3as}		>500	Андезитовые и базальтовые порфириты и их туфы, туфоагломераты, конгломераты, песчаники и алевролиты			
				СРЕДНИЙ	КАРАДОКСКИЙ	O _{2k}		>1000	Пески, алевролиты, порфириты и их туфы, туфобрекчии с прослоями гравелитов, вулканомиктовых песчаников и алевролитов	
						ЛЛАНДЕЙЛОВСКИЙ	O _{2ld}		1100-1200	Песчаники, алевролиты, прослои известняков, конгломератов, андезитовые порфириты и их туфы
							O _{2l}		500	Порфириты андезито-базальтового состава, туфоагломераты, пепловые туфы и туффиты, алевролиты, песчаники и кремнистые аргиллиты
	КЕМБРИЙСКАЯ		НИЖНИЙ			Є ₁		>1000	Диабазовые порфириты, спилиты, миндалекаменные порфириты, конгломераты, эффузивы и их туфы, линзы и прослои яшмовидных пород	

Рисунок 3 - Стратиграфическая колонка месторождения Семизбай

Силурийская система занимает незначительную часть площади. Породы этого возраста обнажаются на дневной поверхности в западной части района. Небольшой блок аналогичных образований проявлен малочисленными выходами и высыпками в тектоническом блоке в северо-западной и южной части Семизбайской депрессии. Границы серии с вышележащими породами повсеместно тектонические. Система сложена агломератовыми туфами кварцевых порфиров, флюидалные лавы, альбитофиры, андезитовые и базальтовые порфириты, прослойки песчаника и конгломератов. Мощность отложений составляет около 500 м.

Девонская система Северного Казахстана чрезвычайно разнообразна и представлена как континентальными, так и морскими отложениями; среди тех и других значительное место занимают вулканогенные образования. Песчаники, конгломерат-песчаники, крупногалечные конгломераты, относимые к верхнему девону, на исследуемой площади имеют ограниченное распространение и развиты на локальных участках на юге территории к западу от озера Кызылсор и северо-западнее Аркалыкского массива. Мощность песчаников 500 м.

В юго-восточном углу района образования *фаменского яруса* слагают Айбасскую вулканическую структуру, заходящую в контур описываемого района своей южной частью. Ярус сложен существенно эффузивными породами и представлен серыми известняками, лавобрекчиями и туфами кислого состава, порфиритами. Суммарная мощность яруса в пределах описываемого района около 800 м.

Разрез отложений *турнейского яруса* представлен светло-серыми, белыми, желтовато-бурыми слабо окрашенными мергелями и мергелистыми известняками, серыми окремненными пористыми известняками и серыми пористыми мергелями. По многочисленным определениям фауны, возраст известково-мергелистых отложений однозначно определяется как турнейский ярус (русаковский горизонт). По северной периферии отложений турнейского яруса выделены имеющие крайне ограниченное развитие массивные и слоистые, часто песчанистые известняки темно-серого цвета. А по обильной фауне фораминифер и брахиопод возраст их установлен как раннерифейский. Мощность отложений 200 м.

Турнейские отложения вверху по разрезу сменяются согласно залегающими известково-глинистыми отложениями, относящимися к *визейскому ярусу*. Разрез этих отложений представлен снизу-вверх темно-серыми аргиллитами, известковистыми алевролитами, светло-серыми полимиктовыми мелкозернистыми песчаниками, черного цвета аргиллитами, крупно- и среднезернистыми песчаниками, темно-серыми аргиллитами с углефицированной органикой и окремненными песчаниками темно-серого цвета, известняками. Мощность отложений -200 м.

Отложения верхнего мела (K_2) распространены ограниченно, в пределах собственного месторождения не отмечены, вскрываясь скважинами лишь в северной, северо-восточной части моноклизы и во внутренней части моноклизы к югу и северо-востоку от озера Селетытенгиз, где выполняют

неглубокие депрессии. Представлены они морскими зеленовато-серыми глинами с большим количеством светлой слюды; к западу (в прибрежной зоне), породы обогащаются алевролитами и мелкозернистым песчаным материалом. Также в нижней части наблюдается кварц-глауконитовый гравийник и песками с фосфоритовыми конкрециями, и мелководно-морские преимущественно песчаные и песчано-глинистые образования. Мощность отложений составляет около 150 метров. [11]

Отложения олигоцена (P_3) развиты в северной, северо-восточной и центральной частях района, переходящий на складчатый фундамент. Представлены они аллювиальными русловыми образованиями, кварцевыми песками гравелитами переслаивающимися с пойменными, алевритами и глинами, содержащими углефицированные растительные остатки. Озерно-болотные отложения - алевриты, глины с обилием растительной органики. Мощность отложений колеблется в пределах 240 м.

Четвертичные отложения (Q) пользуются повсеместным распространением. В западной части района, в области сводового поднятия, к ним относятся нерасчлененные элювиально-делювиальные образования водораздельных пространств и склонов. На остальных площадях, в бассейнах речных долин (Селеты, Оленты и другие), четвертичные образования представлены озерно-аллювиальными песками, глинами, галечниками, суглинками. Озерными отложениями в виде разнообразных глин, суглинок, песков, покрывающими почти сплошным маломощным чехлом всю территорию Семизбайской депрессии. Мощность их обычно до 12 м.

2.3 Гидрогеологические особенности

Северо-Казахстанский регион располагается в пределах полуаридной зоны. Гидрогеологические условия края определяются многочисленными чрезвычайно разнообразными факторами, основными из которых являются климат, рельеф, характер зоны аэрации, геологическое строение и физико-механические свойства водовмещающих пород. Особенности континентального засушливого климата с небольшим количеством атмосферных осадков и неравномерным их распределением по площади, а также высокая температура поверхности почвы создают резкий дефицит влаги в общем балансе, что сказывается на формировании подземных вод весьма различных по качеству и количеству. Мелкосопочный рельеф, характерный для южной части края, включая исследуемый район, благоприятно влияет на формирование подземного стока и способствует интенсивному водообмену, значительно более активному, чем на равнинах Западно-Сибирской низменности.

Важнейшими геолого-структурными особенностями края, определяющими характер накопления, движения и разгрузки подземных вод, является наличие приподнятых горно-складчатых областей и примыкающих к ним прогибов скального фундамента, заполненных мощной толщей рыхлых мезо-кайнозойских осадочных отложений. Основное гидрогеологическое

отличие этих частей территории края заключается в том, что в горно-складчатых областях развиты в основном безнапорные трещинные, реже пластово-трещинные воды неглубокой циркуляции, а на равнинах широко распространены в основном пластово-поровые воды, горизонты которых разделены водоупорными толщами и образуют крупные артезианские бассейны. Наличие глинистых водоупоров создает условия для формирования напорных вод. Пресные воды в основном приурочены к выходам на дневную поверхность трещиноватых пород. В южной части исследуемого участка, где скальные породы перекрыты водонепроницаемыми породами меловых отложений, глинами палеогена, неогена и четвертичного возраста, воды, развиты как правило, солоноватые и соленые.

Согласно принятой в настоящее время схемы гидрогеологического районирования (Л.А.Осторовский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова, 1990г.) на исследуемой территории выделяются два региона - системы бассейнов безнапорных и напорных вод: Западно-Сибирская(II), Центрально-Казахстанская (X); и включенные в них следующие гидрогеологические районы первого порядка: II-2 – Западно-Сибирский; X-1 – Чингиз-Кокшетауский.

Западно-Сибирский регион (II) располагается в периферийной части древней Сибирской платформы, заходит на исследуемую территорию южным краем, административно занимая практически всю территорию Северо-Казахстанской области.

В строении фундамента плиты участвуют отдельные блоки древних платформ байкальского и добайкальского возраста. Плитный комплекс повсеместно представлен практически всеми типами платформенных формаций мезозоя и кайнозоя, начиная с нижней юры. Мощность плитного комплекса в среднем составляет 3,5-4,7 км, изменяясь от 300-500м севернее Казахского мелкосопочника и до 5,2 км в центральной части плиты. Бассейны пластовых вод приурочены к крупным отрицательным структурам складчатого фундамента. На исследуемой территории в пределах Западно-Сибирской плиты выделяется один сложный бассейн - Западно-Сибирский (II-8), более дробной его единицей распространенной в пределах исследуемого края является Нижневартовско-Петропавловский бассейн (II-8А).

В орографическом отношении последний представляет собой полого наклоненную с юга на север и северо-восток слабоволнистую равнину, расчлененную долинами рек – Ишим, Иртыш. Бассейн сложен рыхлыми образованиями юры, мела, палеогена и маломощным покровом пород четвертичного возраста. По характеру залегания в бассейне выделяются грунтовые и напорные воды. Грунтовые воды приурочены к верхней части разреза и распространены преимущественно в четвертичных и плиоценовых отложениях различного генезиса. Широко распространен также комплекс олигоценых и меловых отложений, перекрытые глинами неогенового возраста. Выделяются песчаные аллювиальные отложения древних

погребенных речных долин и песчано-глинистые отложения водоразделов. Пресные воды распространены вблизи областей питания на хорошо дренированных участках.

Подземные воды олигоценовых отложений представляют большой практический интерес как источник мелкого водоснабжения. Водоупором служат глины чеганской свиты. Повсеместно распространены образования эоцена, которые содержат - наряду с солончатыми и солеными - пресные подземные воды, приуроченные к прослоям песков, песчаников, залегающих среди глин. Подземные воды меловых отложений широко распространены в рассматриваемом бассейне. Они состоят из нескольких водоносных горизонтов имеющих между собой гидравлическую связь. В кровле водоносной толщи лежит региональный водоупор, представленный глинами славогородской, ганьковской, люлинворской и чеганской свит.

Центрально-Казахстанский регион (X) приурочен к Центрально-Казахстанской складчатой области, сложенной каледонидами с подчиненными блоками герцинид. В пределах территории работ выделяется один сложный бассейн I порядка - Чингиз-Кокшетауский (X-I).

Для этого бассейна характерно формирование пестрых по степени минерализации и солевому составу подземных вод. Выходы на поверхность скальных трещиноватых пород создают благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации поверхностного стока по трещинам, а расчлененность рельефа способствует интенсивной циркуляции подземных вод и облегчает их разгрузку.

Наиболее приподнятые участки скального фундамента перекрыты маломощным покровом коры выветривания и четвертичных отложений. Эти участки благоприятны для формирования и накопления пресных подземных вод. Относительно пониженные районы с равнинным и полого всхолмленным рельефом сплошь или частично перекрыты чехлом мезозой-кайнозойских отложений различного литологического состава от щебня до глины. В зависимости от проницаемости перекрывающих отложений, на таких участках формируются, наряду с пресными, воды повышенной минерализации.

Тектонические нарушения имеют различное гидрогеологическое значение, что определяется возрастом, характером трещиноватости и степенью выветрелости пород. Древние зоны нарушений часто вторично окварцованы, залечены глинистым материалом и практически непроницаемы. Тем не менее, именно тектонические нарушения являются основными путями циркуляции подземных вод, к ним приурочены потоки пресных вод.

На формирование подземных вод существенно влияют литология водо-вмещающих пород, предопределяющая характер трещиноватости, фильтрационные свойства, качество и состав растворимых солей, высвобождающихся в процессе выветривания. Наиболее водообильные породы наложенных верхне-палеозойских структур – известняки, песчаники, алевролиты.

2.4 Категоризация сложности месторождения

Месторождения полезных ископаемых являются сложными для классификации объектами, так как каждое из них характеризуется совокупностью признаков, по которым их можно разделять на однородные группы. Эти признаки таковы: генезис; состав вмещающих пород, руд и околорудных метасоматитов; морфология рудных тел; характер связи оруденения с элементами геологического строения и тип рудоконтролирующей структуры; размер месторождения и т.д. Ни один из этих признаков, взятый в отдельности, не обеспечивает полноты и чистоты классификации. Поэтому, используя термин «классификация» применительно к месторождениям полезных ископаемых, учитывают его определенную условность.

Для изучения геологии, прогнозирования, проведения поисков и разведки месторождений урана, также, как и всех остальных рудных месторождений, разработаны генетические и промышленные классификации.

Основу генетических классификаций составляют представления о генезисе месторождений. Авторами таких классификаций месторождений урана были А.Г. Бетехтин, В.И. Данчев, Т.А. Лапинская, Ф.И. Вольфсон, Я.Д. Готман, В.Н. Котляр, Д.Я. Суражский, Э.У. Хейнрих, Д.Л. Эверхард и др.

Согласно «Инструкции по классификации запасов...» в зависимости от характера рудоносных гидрогеологических структур одним из выделяемых типов являются пластово-инфильтрационные месторождения, связанные с малыми артезианскими бассейнами палеодолинного типа. Сюда относятся такие пластово-инфильтрационные месторождения Девладово, Братское - Украина; Самарское, Далматовское, Хиагдинское – Россия, а также и месторождение Семизбай. Урановая формация в отложениях палеодолин платформенного типа развития стабилизированных областей в связи с зонами грунтового и пластового окисления.

На месторождениях пластового окисления рудные тела в плане представлены линейно-вытянутыми и лентообразными залежами, субсогласными с залеганием вмещающих пород. В разрезе они имеют серповидно-роллерную или пластово-линзообразную форму. Месторождения пластового окисления нередко отличаются многоярусным строением (до 6-7 рудных горизонтов), значительным количеством рудных тел (от 25 до 35-40). Часто устанавливаются несколько стратиграфических уровней оруденения с определенными различиями морфологических особенностей и положения оруденения в различных литолого-фациальных типах разреза и рудной эпигенетической зональности.

Принадлежность месторождений (участков) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных залежей, заключающих не менее 70 % общих запасов месторождения. При отнесении месторождений к той или иной группе используются также количественные показатели оценки изменчивости

основных свойств оруденения, характерные для инфильтрационных месторождений.

Классические гидрогенные (пластово-инфильтрационные) месторождения, к которым относятся практически все отрабатываемые объекты Шу-Сарысуйской (ШС) и Сырдарьинской (СД) провинций, состоят из рудных залежей, сформированных в меловых и палеогеновых песчаных (водоносных) горизонтах, заключенных между водоупорными горизонтами глин.

С учетом простой морфологии рудных тел гидрогенные месторождения отнесены к пластовому типу (II группа сложности по классификации ГКЗ СССР, 1986 г.). А материалы промышленной отработки указанных месторождений явились основой при составлении Инструкции АО «НАК «Казатомпром» для способа подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

Семизбайское месторождение по всем прямым и косвенным признакам относится к гидротермальному типу III группы сложности. Оно отчетливо контролируется широтным блоковым разломом глубокого заложения с амплитудой вертикального перемещения гранитного ложа до 100 с лишним метров. Разломная зона протяженностью до 20 км и шириной до 2 - 3 км, сопровождаемая многочисленными оперениями разных направлений, представляет собой трогообразную наклоненную к южному борту палеодолину, заполненную рыхлыми преимущественно верхнемеловыми и в меньшей степени палеогеновыми и неоген-четвертичными отложениями. Наблюдается очень слабая сортированность материала, мелколинзовый и тонкослоистый характер оруденелых песков и глин, сильно осложняющих и даже исключаящих уверенную увязку литологических разновидностей на разрезах (при шаге скважин 25 м). Кроме того, часто встречающиеся резкие переходы рудных песков в глины связаны с перемещениями глыб и обрывков при тектонических активизациях, в том числе пострудной стадии. По геотехнологическим особенностям для отработки способом ПСВ месторождение Семизбай относится к категории самых сложных. В таблице 1 сравниваются некоторые наиболее важные для ПСВ характеристики с действующими объектами южных провинций (ШС и СД). Из сопоставления показателей видна сравнительно трудная извлекаемость урана, а также разительно низкие фильтрационные свойства руды Семизбайского месторождения, что всецело связано с геологической средой рудообразования, совершенно несопоставимой с южноказахстанскими объектами.

Таблица 1 - Сравнительная таблица месторождения Семизбай с объектами южных провинций по характеристикам ПСВ

Показатели	Семизбай	ШС и СД
Рудовмещающие отложения	Тонкое чередование песков, алевроитов и глин; пески линзовидные, неоднородные, плохо промытые	Пески прибрежно-морские, однородные, промытые; залегание в виде выдержанных горизонтов

Продолжение	таблицы 1	
Глинистость рудных песков, %	20-30	10-15
Фильтрационные свойства руд Кф, м/сут	1 - 1,5	5 - 10
Наличие нижних водоупорных горизонтов глини	Практически отсутствуют	В основном имеются
Извлекаемость урана из недр (%) растворами H ₂ SO ₄ , г/л: -10-15 (для легко извлекаемого 1 урана) -20-25 (для трудно извлекаемого 5 урана)	-50 ~80	~80 – 90 -100

Рудные тела залегают кулисообразно в пределах верхнего рудоносного горизонта и нижнего и группируются вблизи прибортовых частей депрессии. Рудные пересечения по скважинам имеют резко переменную мощность.

Продуктивные толщи, залегают на глубине 60-95 м от поверхности и имеют переменную мощность от 0,5 до 7,3 м. Руды месторождения визуально не отличаются от вмещающих пород и выделяются только по результатам опробования. Уран в них находится в минеральной сорбированной форме. Линия выклинивания промышленного оруденения в плане имеет извилистую конфигурацию. В связи с прерывистостью оруденения в вертикальном сечении отмечается сложное расщепление рудных залежей с образованием в разрезе цепочки уплощенных линз с многочисленными языкообразными ответвлениями.

На участках сочленения зачастую создаются роллообразные формы. Конфигурация рудной залежи не всегда подчиняется слоистости вмещающих пород, в большей степени она обусловлена прихотливыми литолого-фациальными границами, определяющими положение рудных концентраций. В плоскости залегания и по простиранию рудных залежей параметры оруденения характеризуются не закономерной умеренной изменчивостью. Рудные залежи, отличающиеся большой мощностью до 10 м, повышенным содержанием урана слагает отдельные изолированные участки, которые не образуют крупных четких зон или струй.

Содержание урана в контурах рудных залежей колеблется от тысячных долей процента до первых процентов. Средние содержания по рудным залежам изменяются от 0,020 % до 0,127 %, продуктивность - от 1,9 до 9,13 кг/м². Среднее содержание урана в рудах по месторождению - 0,056 %.

2.5 Вещественный и химический состав руды

Руды месторождения, как правило, не отличаются от вмещающих пород. По содержанию урана они относятся к рядовым (содержания урана – 0,25-0,09%) и бедным (содержания урана – 0,09-0,02%).

Руды монометалльные урановые. Они подразделяются на типы только по их литологическому составу, поскольку по другим признакам они существенно не различаются.

Установлено четыре типа руд:

А) алюмосиликатные ($\text{CO}_2 < 2\%$):

- в глинах и алевролитах,
- в глинистых песках и песчаниках,
- в гравелитах и конгломератах с песчано-глинистым цементом;

Б) карбонатные ($\text{CO}_2 > 2\%$):

- в песчаниках и конгломератах с карбонатным цементом.

Выделенные природные типы руд не образуют самостоятельных рудных тел или значительных по размерам участков в их пределах, а встречаются в переслаивании друг с другом. Карбонатные руды в целом по месторождению составляют 20 %.

По своим фильтрационным свойствам и установленным условиям ограничению ($K_f = 0,5$ м/сут.) руды разделены на два типа:

- преимущественно песчаные с $K_f \geq 0,5$ м/сут;
- преимущественно глинистые с $K_f < 0,5$ м/сут.

По химическому составу урановые руды месторождения являются алюмосиликатными, малокарбонатными (менее 2 % двуокиси углерода), частично сульфидизированными (сульфидов менее 2 % по сере общей), содержат значительное количество углефицированных растительных остатков. Органическое вещество распространено довольно широко. Его содержание в пересчёте на Сорг. варьирует от десятых долей до 5 %. Представлено оно углефицированными растительными остатками (листья, корни, стебли, кора, стволы). Другими сорбентами являются гидроокислы железа (гётит, гидрогётит, гидрогематит) и сульфиды: пирит, марказит, реже бравоит, сфалерит, халькопирит, галенит.

На месторождении Семизбай довольно в широких пределах изменяется минеральный состав руд

Обломочный материал представлен, в основном, кварцем, полевыми шпатами, гидрослюдой, обломками кремнистых и кислых вулканогенных пород. В составе руд преобладает кварцево-кремнистая составляющая, нерастворимая в кислотной среде. Полезные компоненты в руде представлены легко растворимыми в сернокислотных растворах минералами, к тому же локализованными среди основной массы нерастворимых и труднорастворимых минералов. Урановые минералы установлены в глинистом и карбонатном цементе, в органическом веществе и в ассоциации с минералами железа – пиритом, марказитом, гидроокислами железа. Кроме того, установлен ряд урансодержащих минералов и присутствие урана в породообразующих минералах. Помимо этих компонентов руд к

растворимым минералам относятся карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), слоистые алюмосиликаты (хлорит, монтмориллонит, каолинит), главным образом определяющие расход кислоты при добыче урана методом подземного выщелачивания.

Руды и рудовмещающие породы по гранулометрическому составу являются песчано-глинистыми с низкими коэффициентами фильтрации. Выход класса крупности (3+0) мм составляет 56,3-85,2 %. Значительную долю в рудах занимает алеврито-глинистая фракция – 22-45 %. Глинистая фракция по сравнению со всей рудой содержит меньше кремния (59-62%) и больше алюминия (15-17%).

Наиболее распространенным глинистым минералом, встречающимся практически во всех типах рудовмещающих пород, является гидрослюда. Её содержание варьирует в зависимости от литологического типа пород от 3-5% до 15-25 %. Каолинит встречается практически повсеместно, но в относительно меньших количествах, чем гидрослюда. В проницаемой части разреза его количество не превышает 1-10 %. Содержание монтмориллонита колеблется от 0 до 10-15 %, составляя в среднем по отдельным разрезам (с учетом глинисто-алевритистых отложений) 6-7%.

Важной составной частью цемента являются карбонаты. В проницаемых разновидностях их содержание не превышает 6-10 %. Среднее содержание CO_2 в рудах, рассчитанное по пробам, суммарной мощности в 2739,4 м, составляет 1,51 %. Содержание CO_2 отдельно для алюмосиликатных и карбонатных руд составило, соответственно, 1,02 % и 7,96%. Основная масса карбонатов представлена кальцитом и сидеритом, в подчиненном количестве присутствуют железистый доломит и анкерит. Карбонаты образуют вкрапленность в глинистом цементе, отдельно изолированные стяжения или пойкилитовый цемент (в интенсивно карбонатизированных породах), часто полностью замещая глинистые минералы.

Руды месторождения относятся к неравновесным. Имеет место систематическое смещение равновесия в промышленных рудах в сторону урана, а в забалансовых – в сторону радия, что объясняется диффузионным перераспределением последнего.

Урановая минерализация на месторождении установлена во всех литологических разностях осадочных пород. Основное количество урана сосредоточено в песчано-глинистой фракции. Уран в рудах находится в минеральной и сорбированной формах. Сорбированный уран связан с углефицированными обломками растений, глинистыми минералами цемента и гидроокислами железа. Минералы урана представлены коффинитом, настураном, урановыми чернями и редко встречающимися вторичными минералами. Кроме того, в незначительном количестве присутствуют ураносодержащие ильменит, титаномагнетит и лейкоксен.

Распределение урановых минералов, в основном, тонкодисперсное, образующие вкрапленность в межзерновом глинисто-алевритовом заполнителе. Хорошо растворимые урановые минералы находятся в

тонкодисперсной форме, в основном, в карбонатно-алевритно-глинистом заполнителе рудных песчаников, где они присутствуют в тесной ассоциации с углефицированным веществом и дисульфидами железа и легко переходят в раствор слабоконцентрированной серной кислоты.

Распределение урановых минералов в рудах неравномерное (Рисунки 4, 5) – в бедных они отмечаются лишь в виде мелких и редких выделений, в участках богатого оруденения – образуют густую вкрапленность и небольшие стяжения, иногда полностью замещая глинистый цемент и частично развиваясь по обломкам. В большинстве случаев настуран и коффинит находятся в тесной ассоциации с пиритом и марказитом. В рядовых рудах наиболее распространены равномерно-рассеянная, пятнистая и смешанная текстуры; в богатых – обычно вкрапленная, сгустковая и цементации. Руды других текстур – полосчатая, конгломератовидная встречаются эпизодически. Рудам в глинистых песчаниках и гравелитах, урановая минерализация в которых связана с углефицированной растительной органикой, свойственна органогенная текстура.

В рудоносных глинах и алевролитах уран связан, главным образом, с разностями глин, обогащённых органическим веществом и сульфидами железа. Содержание $C_{орг}$ колеблется от 0,2 до 3,5%; количество сульфидов – 1-5%. Уран присутствует, в основном, в виде тонко рассеянной фракции, главным образом, в сорбированной форме. Настуран, коффинит, черни фиксируются лишь в обогащённых рудах.

Рудоносные песчаники разной зернистости являются наиболее распространённым типом руд. Это, главным образом, серые и зеленовато-серые разности с повышенным содержанием $C_{орг}$ (0,25-7,0 %) и сульфидов железа (0,5-5,0 %). Урановое оруденение представлено настураном, коффинитом и чернями, которые в участках, обогащённых сульфидами.

Рудоносные глины и алевролиты встречаются преимущественно в виде маломощных прослоев среди оруденелых песчаников или в ограничивающих их со стороны кровли и почвы, более мощных пластах. Уран связан главным образом с темно-серыми и серыми разностями глин, обогащённых органическим веществом и сульфидами железа. Содержание $C_{орг}$ колеблется от 0,2 до 3,5%, хотя и наблюдаются очень редко ураганские содержания до 19,8%; количество сульфидов по данным химических анализов 1-5%, в отдельных случаях до 10%. Содержание урана тонко рассеянное, главным образом, в сорбированной форме. Настуран, коффинит, черни фиксируются лишь в обогащённых участках.

Рудоносные песчаники разной зернистости являются наиболее распространённым типом руд. Это главным образом серые и зеленовато-серые разности с повышенным содержанием $C_{орг}$ (0,25-7,0%) и сульфидов железа (0,5-5,0%). Урановое оруденение представлено настураном, коффинитом и чернями, которые встречаются в участках, обогащённых сульфидами, образуют вкрапленность и сгустки. Значительная часть урана находится в сорбированной форме в глинистом цементе и в углефицированной органике. Содержание урана колеблется в широком

диапазоне, достигая 5-8% в обломках углефицированной древесины и близ скоплений сульфидов.

Рудоносные гравелиты и конгломераты серой, зеленоватой и пятнистой окраски характеризуются плохой сортировкой материала. В них также широко распространены сульфиды железа и обломки углефицированной древесины. Урановое оруденение имеет неравномерно-пятнистый характер распределения. Уран находится в сорбированной форме в глинистых минералах и обломках органики, но значительная часть его заключена в скоплениях настурана, коффинита и урановых чернях в ассоциации с сульфидами железа.

Руды в песчаниках и конгломератах с карбонатным цементом широко распространены в НРГ. Содержание кальцита в них от 5-10 до 45%. Для руд наиболее характерна пятнистая (серая с вишнево-красными пятнами) окраска, которая обусловлена гидроокислами и окислами железа. В серых песчаниках с карбонатным цементом гидроокислы железа в виде реликтов сохраняются иногда лишь внутри зерен. Уран в этих рудах заключен в коффините, настуране, чернях, находится в сростании с сульфидами железа. В небольшом количестве присутствуют урансодержащие минералы титана (типа лейкоксена).

Из описанных типов по содержанию и распределению урана резко выделяются руды в глинистых породах. Они характеризуются равномерным распределением металла и пониженным средним содержанием его (в 1,5-2,0 раза ниже среднего по горизонту). Все другие типы по концентрации урана не отличаются существенно друг от друга и характеризуются пятнистым распределением оруденения. Обогащенные участки (сгустки) в них связаны с концентрацией урановых минералов около пиритовых скоплений и в обломках углефицированной древесины.

Выделенные природные типы руд не образуют самостоятельных рудных тел или значительных по размерам участков в их пределах, и встречаются в сложном тонком переслаивании друг с другом.

Среднее содержание CO_2 в рудах, рассчитанное по пробам, суммарной мощности в 2739,35м, составляет 1,51%. Содержание CO_2 отдельно для алюмосиликатных и карбонатных руд составило соответственно, 1,02% и 7,96%. Эти содержания, с некоторой долей условности, можно распространить на все месторождение.

Поскольку карбонатизация является наложенным пострудным процессом и карбонатные руды отличаются от алюмосиликатных только содержанием в них углекислоты, то расчеты среднего содержания $\text{C}_{\text{орг}}$ (1,18%) и общего (1,51%) для единого технологического типа руд являются справедливыми для всех литологических типов руд.

Нейтронно-активационным анализом, рентгеноспектральным и химическими анализами в рудах месторождения установлены повышенные содержания селена (5-80 г/т), германия (1-15 г/т) и скандия (2-7 г/т). В отдельных пробах по рудным интервалам содержание германия – 320 г/т и скандия – 76 г/т. Повышенные содержания германия отмечаются в пробах,

обогащенных $C_{орг}$. Связь повышенных содержаний скандия с какими-либо составными компонентами руд не установлена. Какие-либо минеральные формы нахождения германия, скандия и селена в рудах не установлены. Предположительно селен находится в виде изоморфной примеси в сульфидах железа. Германий связан с $C_{орг}$ (коэффициент корреляции 0,7) и распространен не только в рудах, но и во вмещающих породах. Природа скандия не ясна.

Поглотители кислоты. Таковыми являются минералы, слагающие цементирующую массу пород. Главными минералами цемента являются: гидрослюда, каолинит, монтмориллонит, железистые хлориты или смешаннослойные минералы хлорит-монтмориллонитового состава, карбонаты, гидроокислы железа, минералы группы аллофана и другие трудно диагностируемые минералы.

Наиболее распространенным глинистым минералом, встречающимся практически во всех типах рудовмещающих пород, является гидрослюда. Ее содержание варьирует в зависимости от литологического типа пород от 3-5% до 15-25%. Гидрослюда слагает криптокристаллические агрегаты и развивается в основном по обломочным слюдам и полевым шпатам.

Каолинит встречается практически повсеместно, но в относительно меньших количествах, чем гидрослюда. Наиболее высокие его содержания до 15-20% отмечаются в сероцветных и обеленных сероцветных тонкозернистых породах. В проницаемой части разреза его количество не превышает 1-10%.

Монтмориллонит, также как и гидрослюда и каолинит, является одной из основных составных глинистого цемента рудовмещающих пород. Его содержание колеблется от 0 до 10-15%, составляя в среднем по отдельным разрезам (с учетом глинисто-алевритистых отложений) 6-7%.

В зеленовато-серых и, особенно, в табачно-зеленых разновидностях рудовмещающих пород, в заметных количествах (иногда до 5-8%) появляется *смешаннослойная минерализация хлорит-монтмориллонитового состава.*

Важной составной частью цемента являются карбонаты. Их содержание в породе колеблется от десятых долей до 20-30%. В проницаемых разновидностях их содержание не превышает 6-10% (не более 4-5 CO_2). Основная масса карбонатов представлена кальцитом и сидеритом, в подчиненном количестве присутствуют железистый доломит и анкерит. Карбонаты образуют вкрапленность в глинистом цементе, отдельно изолированные стяжения или пойкилитовый цемент (в интенсивно карбонатизированных породах), часто полностью замещая глинистые минералы. Количество карбонатов в рудовмещающих породах варьирует в широких пределах (от 0,1 до 10-15% по CO_2). По содержанию углекислоты в литологических разновидностях руд более 5-6% они становятся практически непроницаемыми и по фильтрационным свойствам могут относиться к «технологическому забалансу».

Гидроокислы железа отмечены в окисленных породах и частично восстановленных красноцветных породах, чаще всего в прибортовой части

разреза.

По активности взаимодействия с серной кислотой минералы, слагающие цемент породы, можно расположить в следующем порядке: кальцит, железистый доломит, окислы железа, смешаннослойный хлорит-монтмориллонит, сидерит, хлорит, окислы железа, монтмориллонит, гидрослюда, каолинит, углефицированное органическое вещество. *Наиболее активными* «поглотителями» серной кислоты являются кальцит (в меньшей степени железистый доломит) и смешаннослойный хлорит-монтмориллонит, полностью реагирующие при контакте с выщелачивающими растворами. Меньшую скорость реакции имеют сидерит, хлорит, гидроокислы железа. С растворением этих групп минералов связаны основные расходы кислоты на стадии закисления рудовмещающего горизонта. Растворение глинистых минералов происходит значительно медленнее, практически на протяжении всего процесса выщелачивания, и доля расхода реагента на эту группу минералов находится в сложной зависимости от их количества, активной поверхности (размеров кристаллических агрегатов) и времени контакта с растворителем. При длительном времени выщелачивания расход реагента, падающий на эту группу минералов, может достигать ощутимых величин. Доля расхода кислоты на другие минералы, из-за малых их количеств, незначительна.

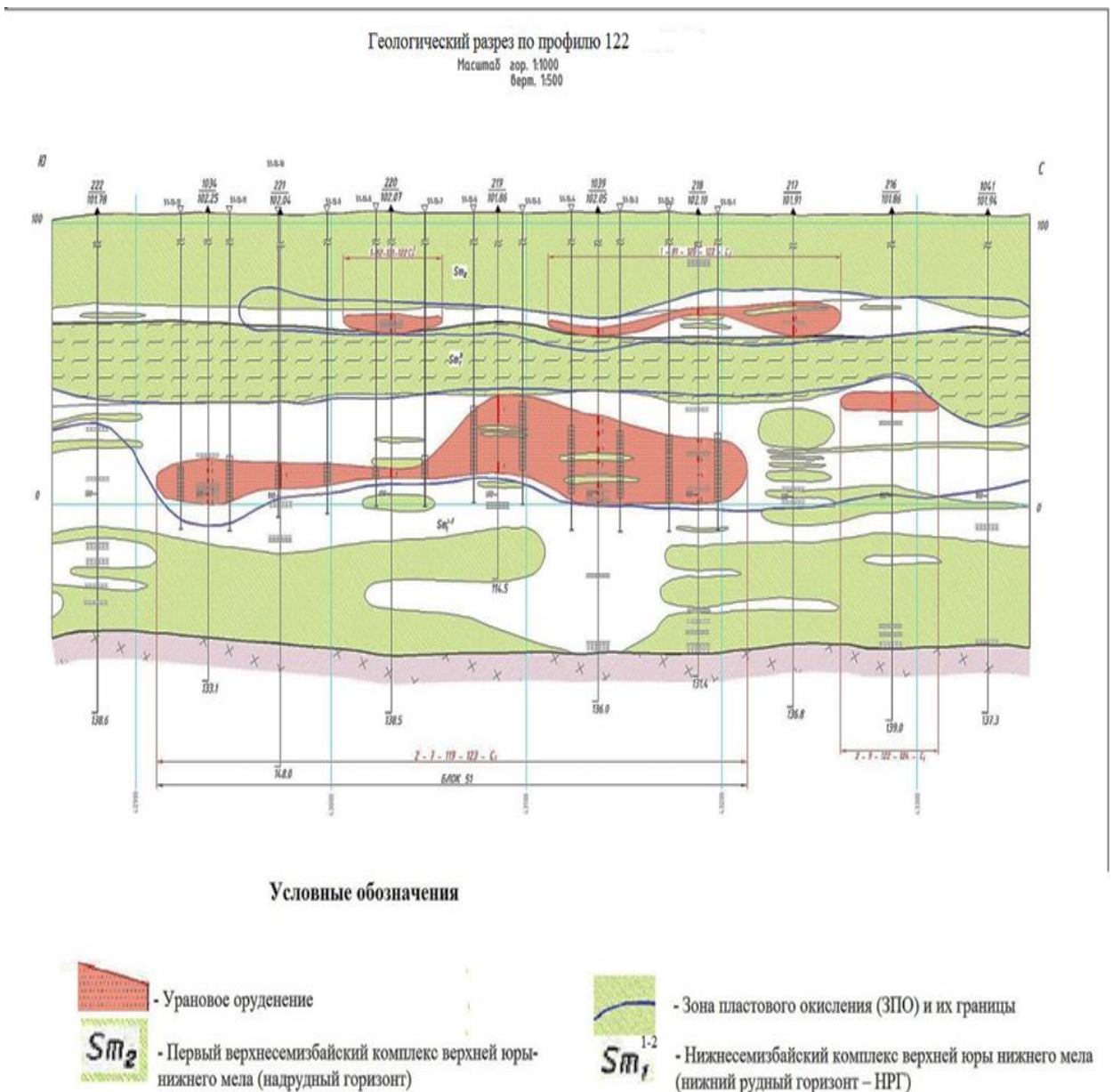


Рисунок 4 - Геологический разрез по профилю

2.6 Горнотехнические условия месторождения

Горнотехнические условия (факторы) - это совокупность компонентов геологической среды и (или) техногенных образований, обуславливающих выбор системы разработки месторождений.

Согласно инструкции ГКЗ, требуемый выход керна по полезному ископаемому, с учетом каждого рейса, должен составлять не менее 70%. Рудные тела месторождения Семизбай залегают в пределах глубин 60-130 м. Вмещающие породы и руды по происхождению рыхлые, пластичные и некоторые твердые, обладающие небольшой мощностью. Эти породы малоабразивные и обладают малой прочностью. По степени трещиноватости являются монолитными и слабо трещиноватыми.

Согласно классификации горных пород по буримости, крепость пород

разделяется на следующие категории:

- ПРС - к I- II категории;
- глины - ко II- IV категории;
- песчаники - к VI категории;
- алевриты - к V- VI категории.

Целостность пород будет нарушаться при буровых работах.

В 1976 году на основе проведенных исследований и трех вариантов подсчета запасов по результатам предварительной разведки ПромНИИ проектом был составлен ТЭД, в котором наиболее целесообразным признан вариант разработки месторождения открытым горным способом с переработкой балансовой руды на ГМЗ. С этого времени изучение применимости способа ПВ для отработки основных запасов месторождения было прекращено, поэтому детальная разведка выполнялась по требованиям открытой разработки, и по ее результатам (по состоянию на 01.07.1978 г.) утверждены запасы в ГКЗ СССР.

Гидрогеологические и инженерные исследования ГГЭ 16 МИИГЕО СССР [11] по осушению района будущих карьеров привели к заключению о практической неосуществимости этого проекта вследствие неустойчивости пород и большого водопритока - 443 млн. м³ воды за 18 лет отработки только карьера II, также проблемы сброса воды и т.д. Разработка месторождения открытым способом требовала больших капитальных вложений, получение которых было нереально. Учитывая, что месторождение Семизбай находится в неблагоприятных условиях для с/х землепользования были проведены опытно-промышленные работы и выдано заключение о целесообразности отработки месторождения способом подземного выщелачивания.

3 ПОДЗЕМНОЕ СКВАЖИННОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ

3.1 Основы подземного скважинного выщелачивания

Подземное выщелачивание, возникшее как идея в 50-х годах в США, сегодня превратилось в признанный метод получения урана, конкурентоспособный по отношению к традиционному горно-химическому способу.

В течение ряда лет ведущей страной в освоении и промышленной эксплуатации урановых руд способом подземного скважинного выщелачивания является Казахстан. Начаты добычные работы по подземному выщелачиванию урана в Австралии на месторождениях Хонимун и Биверли. Появилась информация об организации таких работ в КНР, интерес к подземному скважинному выщелачиванию проявляют Япония, Турция, Египет, Польша, Югославия.

Подземная без шахтная добыча металлов или подземное через скважины выщелачивание (ПСВ) является одним из геотехнологических методов добычи полезных ископаемых, основу которых составляет перевод полезного ископаемого в недрах в подвижное состояние на базе тепловых, массообменных, химических или гидромеханических процессов и выдача его из недр, как правило, через скважины.

Для добычи металлов из проницаемого руд метода ПСВ месторождения вскрываются системами технологических скважин, составляющими правильные сети. Каждая скважина оборудуется колонной труб из материала, устойчивого к применяемому растворителю и горно-геологическим условиям, с фильтром в рудном интервале. В одни скважины, называемые закачными, или нагнетательными, подаётся растворитель, из других, называемых откачными, или дренажными, откачиваются на поверхность вначале пластовые воды, а после их полного замещения – продуктивные растворы с полезными компонентами, сформировавшиеся в процессе фильтрации растворителя по рудовмещающему пласту от закачных скважин к откачным. На поверхности продуктивные растворы подвергаются технологическому переделу (извлечению полезных компонентов, доукреплению растворителем, другим видам необходимой обработки) и вновь направляются через закачные скважины в пласт для использования в новом цикле выщелачивания. Таким образом, метод ПСВ является наиболее прогрессивным способом разработки и представляет собой технологическую схему с замкнутым растворооборотом, в идеале не дающую жидких отходов производства в процессе отработки месторождений. Лишь по окончании отработки, подземные воды в рудовмещающем пласте оказываются замещёнными так называемыми «остаточными» технологическими растворами с непромышленными концентрациями полезных компонента и других металлов, перешедших в растворимое состояние из-за изменения условий среды за счёт воздействия на неё. Снятие воздействия, не исключает возможность самовосстановления среды до практически первоначального

состояния, что особенно важно при оценке влияния метода ПСВ на состояние экосистемы.

Проводимые научно-исследовательские, опытно-промышленные и промышленные работы, касающиеся различных аспектов метода ПСВ, позволили выявить главнейшие особенности метода, его преимущества перед традиционным горным способом и недостатки.

Основные преимущества этого метода заключаются в следующем:

- социальная привлекательность метода ПСВ, обеспечивающего безлюдную, безмашинную и поточную технологию. Применение метода позволяет вывести из забоя рабочих, создать им комфортные условия труда, отвечающие самым высоким современным требованиям, когда человек из придатка машин становится контролёром и регулировщиком;
- сокращение капиталовложений и сроков строительства в 2-3 раза, вследствие отсутствия сложных капитальных сооружений, неизбежных при проходке всех видов горных выработок, добыче руды, ее транспортировке, переработке и создания хвостохранилищ;
- повышение в несколько раз производительности труда за счет исключения целого ряда процессов и переделов;
- снижение себестоимости продукции в 2,0-2,5 раза, несмотря на то, что руды месторождений, обрабатываемых методом ПСВ, гораздо беднее по содержанию урана;
- высокая (80-90 %) степень извлечения урана из недр;
- возможность обработки месторождений со сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями залегания;
- исключение из цикла добычи урана самых дорогостоящих и опасных подземных горных работ, которые заменяются бурением скважин с поверхности;
- возможность полной автоматизации процессов добычи и переработки урансодержащих концентратов вплоть до получения конечной продукции;
- щадящее воздействие на недра и поверхность месторождений. [3]

Наряду с указанными преимуществами метода, в процессе проведения работ по ПСВ выявилось, что он не так прост в своем исполнении, как кажется на первый взгляд. Способ требует более пристального к себе внимания и творческого подхода во всех звеньях геотехнологической цепи, начиная от ранних этапов разведки месторождений, до получения химических концентратов природного урана.

При ПВ выбор растворителя обуславливается формой урановой минерализации и вещественным составом рудных залежей и вмещающих их пород. С точки зрения гидрометаллургической переработки, урановые руды подразделяются на пять основных минералогических классов в зависимости от химической природы урановых минералов и их поведения при выщелачивании.

1. руды, содержащие четырехвалентный уран, - эндогенные

минералы (уранинит, настуран, ураноторит);

2. руды, содержащие шестивалентный уран, - экзогенные минералы (урановые черни, коффинит, гидронастуран, карнотит, тюямунит, отенит, торбернит, уранофан);

3. руды, содержащие труднорастворимые урановые минералы (давидит, браннерит);

4. руды с ассоциацией урана и углерода;

5. фосфатные и прочие руды.

Из них наиболее благоприятными для отработки руд методом ПВ являются первые два класса.

Для ПВ урана мало пригодны руды, содержащие труднорастворимые урановые минералы, так как выщелачивание их обычно требует поддержания высокой концентрации кислоты и температуры. Руды с первичной и вторичной минерализацией (первого и второго класса) могут подвергаться как кислотному, так и карбонатному выщелачиванию.

По характеру вмещающих пород, определяющих расход реагента при выщелачивании, выделяют руды бескарбонатные и карбонатные.

3.2 Методы вскрытия технологических полей

Методические указания по вскрытию технологических блоков ПСВ на месторождении Семизбай.

Месторождение Семизбай по классификации ГКЗ относится к палеодолинному типу гидрогенных урановых месторождений, а по сложности геологического строения (наряду с некоторыми жильными месторождениями) — к 3-й (из 4-х) группе, (в отличие от южных гидрогенных урановых месторождений Казахстана, относимых ко 2-ой группе).

Месторождения в отложениях палеодолин образованы ленто — и линзообразными залежами, разделенными на геологические блоки, которые, в свою очередь, сложены ролловыми телами резко переменной мощности (от долей метра до 10 м), не выдержанных по латерали (от первых сотен до сотен тысяч квадратных метров), расположенными на разных гипсометрических уровнях. Общая сплошность промышленных руд в плане высокая (Кр 0,8-1,0), но в разрезе низкая.

Все вышеперечисленное обуславливает необходимость определенного методологического подхода при вскрытии для ПСВ геологических блоков месторождения Семизбай, отличного от принятого на южных месторождениях Казахстана.

Задача, стоящая перед геологической службой рудника при вскрытии технологического блока - максимально полное вскрытие всех, находящихся в площади блока балансовых рудных тел, обеспечивающее проведение добычи ПСВ в наиболее технологически благоприятных условиях.

Порядок работы:

1. Предварительно, на стадии проектирования, по данным ГРР и эксплуатационной разведки, должны быть выделены на разрезах и оконтурены в плане балансовые рудные тела, приуроченные к одному гипсометрическому уровню; одновременно строятся карты изомощностей, изогинс подошв рудных тел. изопродуктивностей. На основании полученных предварительных данных о характере и морфологии рудных тел проектируется схема вскрытия геологического (технологического) блока.

2. Принцип, положенный в основу последовательности проведения технологического бурения на месторождении, заключается в поэтапном сгущении существующей геологоразведочной сети (100x50м; 100 метров между профилями, 50 метров между скважинами в профиле) до проектной технологической сети (20x20x25; 25x25; 30x30x25 и т.д.), с целью постепенного пополнения и уточнения геологических данных, причём на конечном этапе бурятся откачные скважины. Основываясь на выше сказанном, технологическое бурение ведется по следующей схеме:

А). Первым разбуривается технологический закачной ряд, находящийся между геологоразведочными профилями. В нём через одну (через 50 м) бурятся закачные скважины, что позволяет довести разведочную сеть, совмещенную с геологоразведочными скважинами, до сети 50 (60)*50м;

Б). В первом закачном ряде и во втором, совмещенном с геологоразведочным профилем, бурятся промежуточные закачные скважины, доводя сеть общую с геологоразведочной до 50 (60)*25(20);

В). Основываясь на полученной геологической информации приступают к бурению откачных скважин, и с некоторым опережением, к бурению промежуточных технологических скважин рядом с разведочными скважинами в закачном ряде, совмещенном с геологоразведочным профилем.

Опережающее бурение откачных скважин допускается в исключительных случаях, связанных с конкретной геологической ситуацией. Решение принимает старший по геологической службе на вахте. Бурение всегда ведется от центра к периферии технологического блока. [1]

3. При сооружении технологического блока одновременно с бурением строится своеобразная объемная модель рудных тел: на плане блока масштаба 1:500 рядом со скважиной отображаются параметры:

а) скважины (номер скважины, глубина подошвы фильтра, глубина скважины, длина фильтра);

б) рудных тел (глубина подошвы нижнего рудного интервала, спрессованная мощность рудных интервалов в рудном пересечении, содержание урана, мощность рудного пересечения, и метропроцент. Рудные интервалы объединяются в рудные пересечения, характеризующие каждый рудный ярус).

Перед посадкой фильтра в технологической скважине в обязательном порядке производится сопоставление геофизических каротажей этой скважины с каротажными диаграммами (ГК, КС, ПС, ТК, ИК) смежных

скважин (создаётся оригинальная развёртка из геофизических каротажных диаграмм), что обеспечивает уверенный выбор интервала посадки фильтра.

Такой метод позволяет с достаточно высокой степенью точности сооружать скважины в пределах отработочной ячейки, ориентируя их не только на эту ячейку, но и смежные с нею. Отказ от ежедневного построения и пополнения поперечных и продольных разрезов без потери качества значительно экономит время специалистов — геологов. В особо сложных случаях по отработочной ячейке строятся рабочие геотехнологические разрезы в различных направлениях. На заключительном этапе, перед подсчётом запасов, строятся геотехнологические разрезы, желательны в одной системе координат с планами, и по ним уточняется полнота вскрытия рудных тел скважинами и необходимость дополнительного бурения.

4. В случае многоярусного строения рудных тел первыми сооружаются скважины на преобладающий в площади технологического блока рудный ярус. Одновременно, по мере поступления новых данных, ведётся корректировка контуров распространения остальных рудных ярусов. После получения достаточно полного представления об особенностях рудных тел в смежных с основным ярусах, производится проектирование и вскрытие руд в этих ярусах с образованием отработочных ячеек технологические скважины, в которых по своему назначению (откачные, закачные) увязаны с уже существующими. Длина фильтра в одной технологической скважине не должна быть менее 4 метров и более 8 метров; если рудная мощность в одном рудном ярусе превышает 8 метров- бурятся две скважины на разные уровни.

5. На последней стадии строится план технологического блока масштаба 1 :1000, на который переносятся в обобщённом виде оперативные данные по скважинам (номер, глубина подошвы фильтра, длина фильтра) и рудным ярусам (глубина подошвы рудного интервала (пересечения) спрессованная мощность рудных интервалов в пересечении, мощность пересечения, метропроцент). На плане проводятся границы технологического блока, по данным скважин составляются таблицы вывода средних мощностей, содержаний, метропроцентов, по которым делается оперативный (предварительный) подсчёт запасов. План является также основой для построения, изомощностей, гидроизогипс подошвы, изопродуктивностей каждого рудного яруса.

4 МЕТОДЫ, УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ УРАНА

4.1 Окислительно-восстановительные процессы в технологии выщелачивания урана

При наличии в выщелачиваемых рудах четырехвалентного урана, слабо растворимого в разбавленных растворах серной кислоты, требуется добавление окислителя для интенсификации процесса ПВ. В качестве его могут быть использованы кислород, перманганат, перекись водорода,

азотсодержащие, хлорсодержащие окислители и др. Промышленное применение нашли MnO_2 (в виде пиролюзита), азотная кислота (мельчайшие соли трехвалентного железа, хлорат натрия, кислород, перекись водорода, известны также способы бактериального выщелачивания автотрофными бактериями урановых руд.

Мерой окислительной активности кислорода в растворах служит окислительный потенциал.

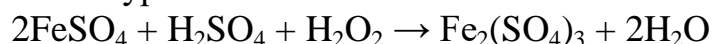
Применение некоторых окислителей ограничено из-за их высокой стоимости, образования хлоридов, которые вызывают коррозию аппаратуры и депрессируют сорбцию урана при его извлечении из растворов, а также из-за их взрывоопасность.

4.2 Оптимальные режимы и параметры добычи урана с учетом пероксида водорода

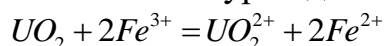
Сущность подземного выщелачивания заключается в избирательном переводе полезного компонента в жидкую фазу путем управляемого движения растворителя по руде в естественных условиях залегания. В период выщелачивания, одним из эффективных окислителем урана является железо (3+).

С 2010 года на руднике «Семизбай» применяется пероксид водорода в качестве окислителя 2-х валентного железа в 3-х валентное. Пероксид водорода как окислитель напрямую не оказывает влияния на окисление урана. Задача пероксида водорода окислить содержащееся в выщелачивающих растворах растворенное железо которое находится в виде сульфатов железа которое более чем 95 % находится в двухвалентной форме, и образуется в большинстве своем в результате растворения и частичного окисления серной кислотой сульфидов железа содержащихся в рудовмещающих породах месторождения «Семизбай».

Пероксид водорода подвергает окислению содержащиеся в выщелачивающем растворе ионы двух валентного железа до трехвалентного железа, это химическое превращение можно выразить следующим химическим уравнением:



Известно, что ионы трехвалентного железа являются эффективными окислителями окислов урана которые повышают ОВП и окисляют четырехвалентный уран до шестивалентного.



Проведение ПСВ урана с применением окислителей позволяет существенно сократить срок отработки месторождения, вследствие чего, достигается существенное снижение себестоимости урана. В качестве окислителя на руднике «Семизбай» применяется пероксид водорода.

Технологическая схема подачи пероксида водорода

Опытное применение пероксида водорода в качестве окислителя 2-х валентного железа в 3-х валентноена руднике «Семизбай» началось с 2010 года на участке А.

Исходные данные по участку:

- средняя глубина скважин порядка 120 метров;
- глубина залегания уровня подземных вод: 10-15 метров от поверхности земли;
- понижение статического уровня при откачках из одного рудоносного слоя: (-15)–(-20) метров. – из трёх рудоносных слоёв минус 35-40метров;
- средний удельный вес рудовмещающих пород: 1,65 т/м³;
- категория пород по устойчивости: 5,0;
- коэффициент неоднородности пород: от 1,0 до 1,1;
- средняя категория пород по буримости: 4-5;
- проектный дебит откачных скважин: 2,8-3,2 м³/час;
- проектная приёмистость закачных скважин: 0,8-1,5 м³/час;
- средняя мощность рудного тела: 6-8 м.

Горно-геологическими и горно-техническими особенностями участка А являются:

1) Урановое оруденение сформировалось в палеодолинных отложениях с циклическим строением (снизу-вверх): конгломераты, гравий, пески – крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые, алевроиты, глины; соответственно с литологией Кф увеличивается сверху вниз;

2) Источником урана являются гидротермальные растворы в виде высоконапорных струй, восходящих из субширотной разломной зоны. Поэтому геохимическая зональность развивается снизу-вверх (зоны): гематитизации, лимонитизации, рудообразования в сероцветах (с низким содержанием Fe³⁺), до рудных сероцветов (углеродизации). Карбонатная стадия крайне неравномерно по затухающей накладывается на кислотную (рудную);

3) Около 50% урана сконцентрировано в мелко-среднезернистых песках, слагающих среднюю и верхнюю части нижнего рудного горизонта (НРГ), т.е. руды преимущественно «висячие». Кф рудных песков по монолитам составляет - 1,0-1,5м/сут, по опытным откачкам – 1,2-1,7 м/сут

(средние по месторождению). Кф подрудного слоя (к/зер. пески, гравий) – 2,88 -3,51 м/сут;

4) Рудные и рудовмещающие слои (линзы), зачастую залегают на безрудных песчаных слоях (линзах) с лучшими фильтрационными свойствами (Кф до 3-х и более м/сут), а иногда перекрыты подобными песками; указанные пески промыты ещё на стадии рудообразования, а также пострудными углекислыми растворами, о чём свидетельствуют встречающиеся линзы карбонатных песчаников. Данные обстоятельства осложняют все стадии работ: установку фильтра, освоение скважин и закачку – откачку растворов;

5) В соответствии с морфологией и гидрогеологическими условиями рудных тел, принята гексагональная схема вскрытия;

6) Глубина скважины в среднем составляет 120 метров;

7) Предельная длина фильтров – не более 6 метров;

8) С учетом данных по проведенным работам за предыдущие годы на этом участке было выявлено, что в связи с крайне низким содержанием Fe^{3+} в рудном слое для повышения ОВП выщелачивающего раствора необходимо применять дополнительные окислители на стадии активного выщелачивания;

Первоначально, при проведении опытных работ подача пероксида водорода осуществлялась точечным методом, непосредственно в сменная емкость с H_2O_2 ; стационарная пустая емкость из под H_2O_2 ; и т.д.

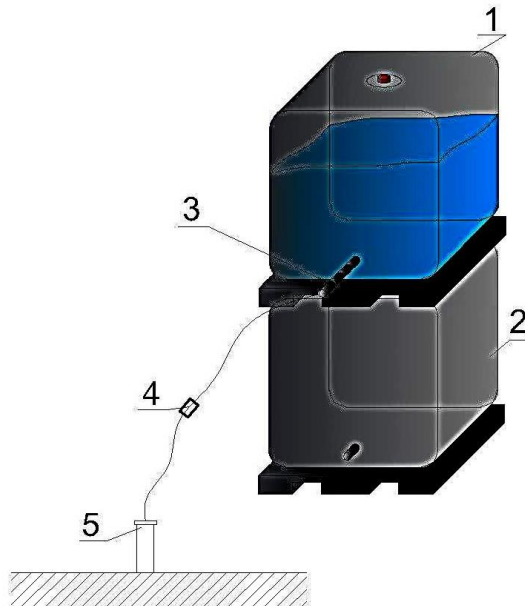


Рисунок 5 - Схема подачи пероксида водорода точечным методом

Преимуществами данной технологической схемы является простота и дешевизна оборудования. Однако при этом данный способ подачи реагента в пласт имеет ряд недостатков:

- шланг с регулировочным механизмом очень быстро выходит из строя (особенно в холодное время года);
- сложность контроля над расходом пероксида водорода (особенно ночью)- отсутствие расходомеров и аварийных сигнализаций;
- большие трудозатраты: человеческие (при контроле и съёме показаний –большая площадь территории) и транспортные (при замене множества ёмкостей на полигоне);
- постепенное снижение приемистости закачных скважин, иногда до 0,1-0,2 м³/час, (смотри таблицу 2, рисунок 6);

Таблица 2. Снижение приемистости закачных скважин при подаче пероксида водорода точечным методом

№ скв./ Дата приемистость (м ³ /час)	13.06. 2016	17.06. 2016	21.06. 2016	25.06. 2016	29.06. 2016	03.07. 2016	07.07. 2016	11.07. 2016
скв. 1	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	0,9	0,7
скв. 2	3,2	3,1	2,8	2,6	2,2	1,9	1,5	1,1
скв. 3	1,8	1,4	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3

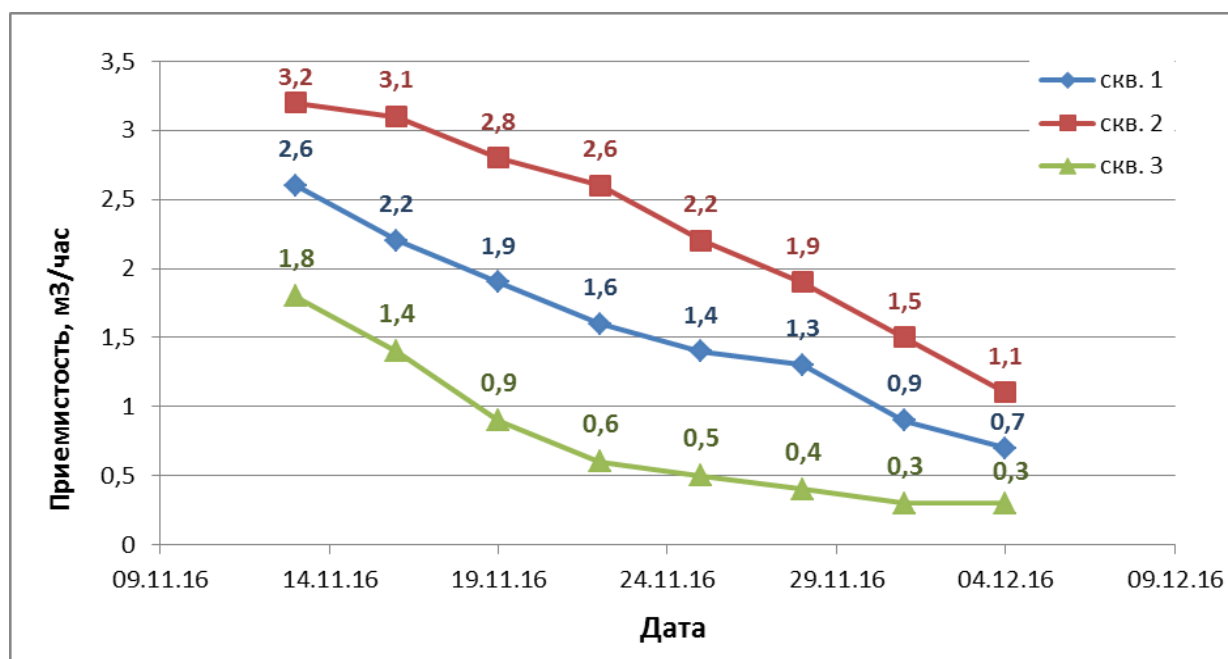


Рисунок 6 - Снижение приемистости закачных скважин при подаче пероксида водорода точечным методом

Изучив материалы по отработке блоков на участке А, для проведения экспериментальных работ по доработке блока с применением пероксида водорода была выбрана ячейка скважины **4**.

Исходные данные по скважине до проведения эксперимента представлены в таблице 5.

Таблица 3 - Параметры откачной скважины 4 до начало опытных работ

Продуктивность, кг/м ²	Тип скважины	рН	С(U), мг/л	Дебит, м ³ /ч	ОВП, мV	Fe ²⁺ , г/л	Fe ³⁺ , г/л	Отработано запасов ячейке, %
3,33	откачная	2,08	24	9,1	306	3,35	-	61,3

Из смежных ячеек, в одной из которых имелась дополнительная откачная скважина 4, была создана вытянутая отработочная ячейка. Данная ячейка состояла из опытной скважины (4) - в качестве откачной и ближайших к ней откачных скважин (1, 2, 3) в смежных ячейках в качестве закачных. Скважины были выбраны так, чтобы при работе такой однорядной системы выщелачивающие растворы проходили через «мертвую зону».

Перед началом опытных работ на всех скважинах экспериментальной ячейки была проведена эрлифтная прокачка.

Подача пероксида водорода на выбранные откачные скважины (1, 2, 3), работающие в режиме закачных осуществлялась выше описанным точечным методом, т.е. непосредственно в технологические скважины, через «капельницы» (рис7.) Кислотность подаваемого выщелачивающего раствора составляла 3-4 г/л (маточники сорбции).

Исходные данные по «закачным» скважинам представлены в таблице 6.

Таблица 4 - Исходные данные по «закачным» скважинам опытной ячейки

№ п/п	№ Сква.	Продуктивность, кг/м ²	Режим работы	Приемистость, м ³ /ч	Отработано запасов в ячейке, %
1	сква. 1	4,3	закачной	2,6	14,7
2	сква. 2	4,7	закачной	3,2	6,65
3	сква. 3	1,5	закачной	1,8	2,08

За время подачи пероксид водорода на вышеуказанные скважины в течение месяца содержание урана в откачной скважине 4 не изменилось. В результате подачи экспериментальных растворов в скважины произошло сильное снижение приемистости (Рисунок 8). Из-за маленького расхода и низкой температуры воздуха возникли проблемы с «регулирующими системами» и, как следствие, соблюдение запланированных показателей при эксперименте не представлялось возможным. По решению экспериментальной группы опыт был прекращен.

Учитывая выше изложенное, была разработана схема подачи пероксида водорода при помощи дозирующего насоса через технический узел закисления (ТУЗ) по линии выщелачивающих растворов (ВР) на каждый

блок отдельно. Принципиальная аппаратная схема представлена на рисунке 9.

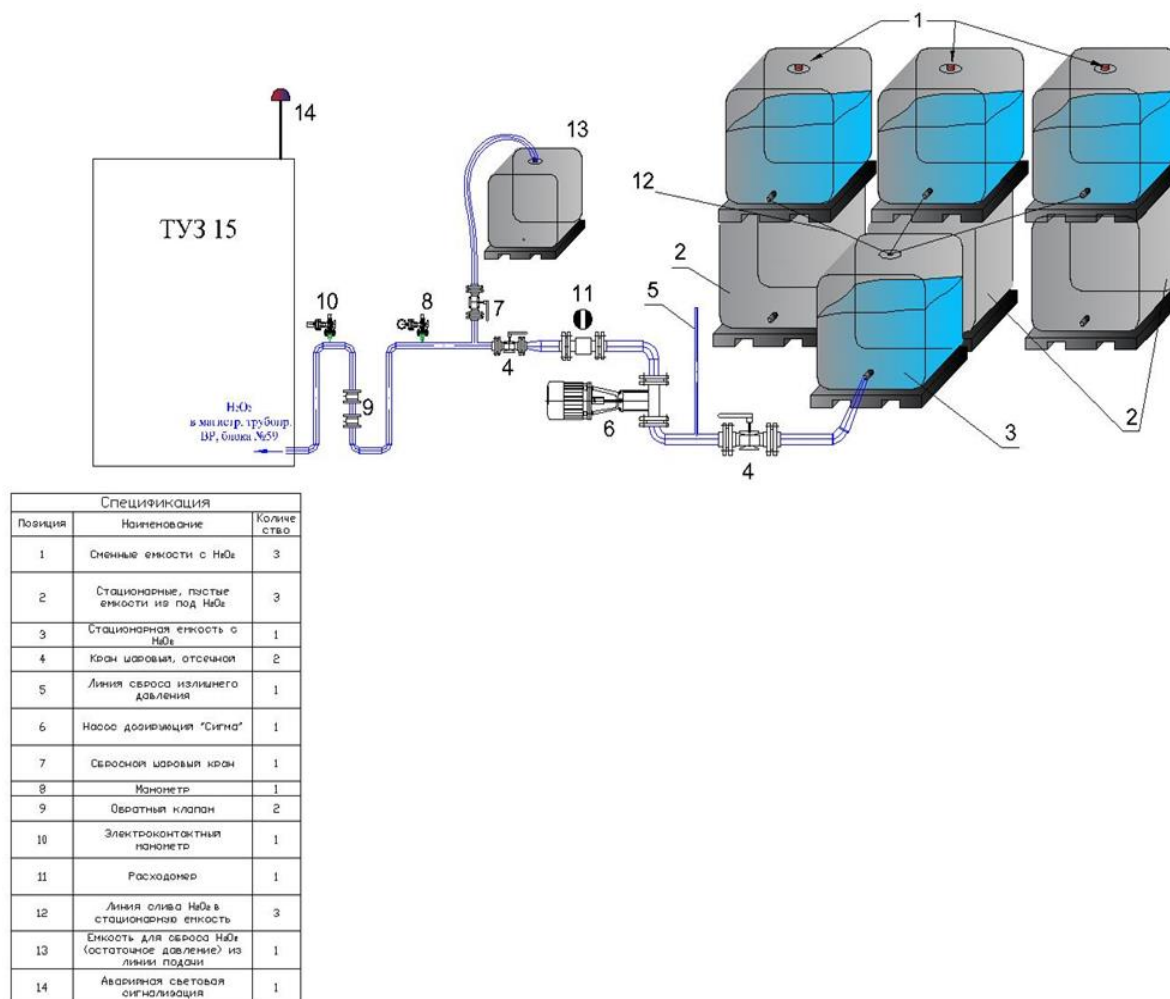


Рисунок 7 - Принципиальная аппаратная схема подачи пероксида водорода

Для проведения эксперимента с применением пероксида водорода выбраны технологические блока №1 и №2

Программа будет проводиться в 2 этапа:

1-й этап проведения эксперимента:

Для первого этапа были выбраны 2 технологических блока № 1 и 2, которые схожи по геологическим и геотехнологическим параметрам (таблица 5).

Таблица 5 - Геотехнологические и геологические параметры экспериментальных блоков № 1, 2

Параметры	Ед. изм	№ техн. блока	
		1	2
Площадь блока	м ²	22581	25649
Средняя мощность прессования	м	4,8	4,8
Содержание урана, С	%	0,054	0,04

Метропроцент	мс	0,258	0,1938
Удельная объемная масса	г/м ³	1,65	1,65
Запасы руды, Р	тонна	96,13	84,43

Продолжение таблицы 5

Продуктивность блока	кг/м ²	4,26	3,20
Эффективная мощность	м	11,20	12,80
ГРМ	тыс. т	417,3	555,9

Подача пероксида водорода на блок № 2 проводилась по линии ВР через ТУЗ.

Подача серной кислоты на блок №№ 1,2 на время эксперимента осуществлялась с средней кислотностью 10 г/л.

Всем известно, что при ПСВ урана в качестве природного окислителя выступает железо (III), а продуктом его взаимодействия с минералами урана (IV) является железо (II). При этом значение Eh напрямую связано со значением соотношения концентраций Fe^{3+}/Fe^{2+} в ВР. По мере расходования железа (III) и падения Eh эффективность процесса резко снижается.

Окислы-гидроокислы урана (VI) легко взаимодействуют с растворами серной кислоты, окислы и силикаты урана (IV) для растворения требуют предварительного окисления до высшей валентности.

Растворение основного компонента руд – соединений урана (IV), требует протекания обменной реакции в системе «уран-железо». Реакция идет только при постоянной регенерации железа (II) в железо (III), либо введения дополнительных количеств железа (III) в систему (например, в виде сульфата).

Как отмечалось в «Завершающем отчете1984-1989 г.г.» на месторождение Семизбай, где, из-за вторичного восстановления рудоносной формации, весь уран находится в четырехвалентной форме, а железа (III) в исходных растворах практически нет. Поэтому приходится применять активаторы процесса - пероксид водорода как окислитель.

При проведении опытного применения пероксида водорода выделяются следующие объекты контроля, контролируемые параметры, средства и методы контроля (табл.8):

Таблица 6 - Технологический контроль процесса подземного выщелачивания

Позиция	Контролируемые параметры	Периодичность пробоотбора и/или измерения	Средства и методы контроля
Расходная емкость H_2O_2	Расход раствора	Ежесуточно	Средства КИПиА, съем показаний с расходомеров и абсолютных отметок на
Выщелачивающий раствор (ВР)	Концентрация H_2SO_4 , Fe^{2+} , Fe^{3+} , ОВП	2 раза в сутки	Химанализ, передача информации в электронную базу данных рудника

Продуктивный раствор (ПР) по УПРР	Концентрация U, ОВП, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , pH	Ежесуточно	Химанализ, передача информации в электронную базу данных рудника
-----------------------------------	---	------------	--

Продолжение таблицы 6

Продуктивный раствор (ПР) по откачным скважинам	Концентрация U, ОВП, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , pH	Отбор проб 1 раз в 7-10 суток	Химанализ, передача информации в электронную базу данных рудника
---	---	-------------------------------	--

Основные эксплуатационные параметры проведенного эксперимента, показаны на рис.8 (параметры добычи блока № 2 с применением пероксида водорода и рис.9 (параметры добычи блока №1 без применения пероксида водорода). В таблице №7 приведены расходы химических реагентов и добыча за время эксперимента

Таблица 7 - Расход химических реагентов и добыча во время эксперимента

Параметры	Ед. изм	№ технол.	№ технол.
		блока 1	Блока 2
Подано ВР	тыс.м3	117,74	220,259
Расход серной кислоты	тонн	300,465	1408,274
Расход пероксида водорода	литр	не подавали	66600
Расход пероксида водорода	кг	не подавали	83250
Удельный расход серной кислоты	кг/кг U	70,5	154,6
Удельный расход пероксида водорода	кг/кг U		9,1
Добыто урана	кг	4262	9109
Поднято ПР	тыс.м3	162	255
Средняя концентрация U в ПР	мг/л	26	36

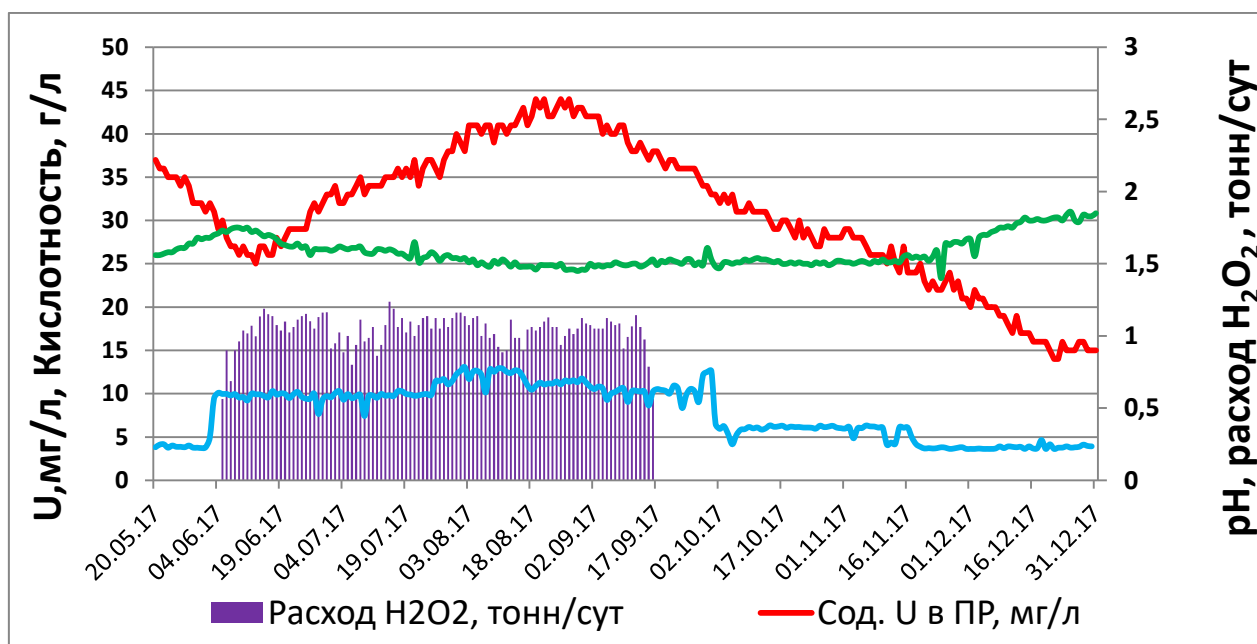


Рисунок 8 - График зависимости содержания урана от кислотности и подачи пероксида водорода на блоке №2

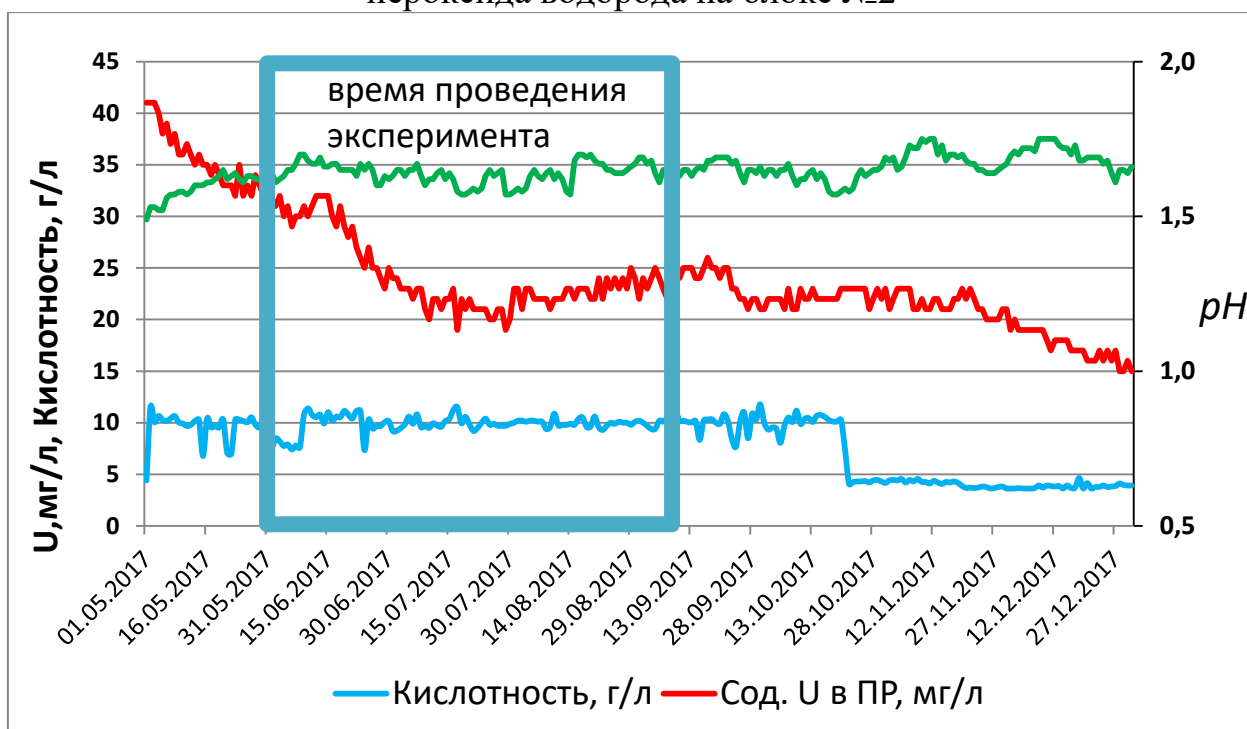


Рисунок 9 - График зависимости содержания от кислотности на блоке № 1

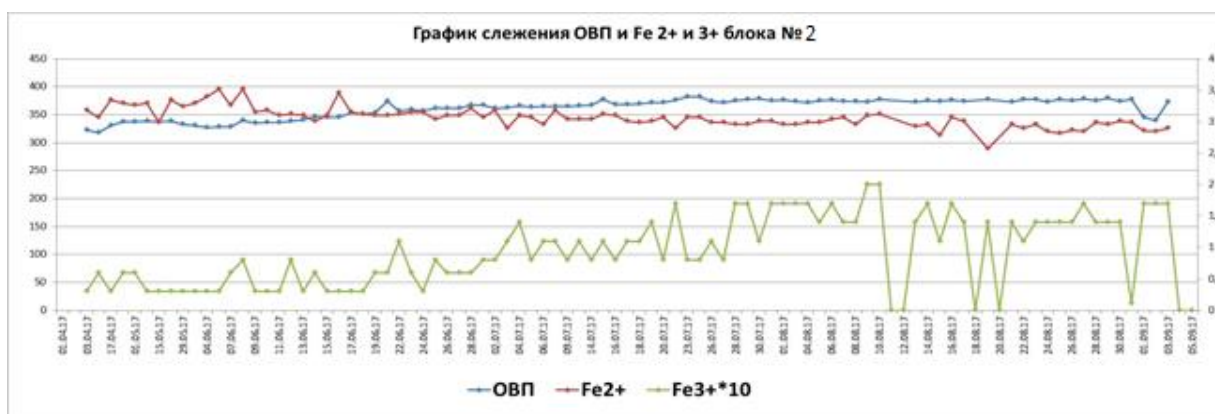


Рисунок 10 - График слежения ОВП и железа(Fe^{2+} и Fe^{3+}) на блоке №2

Таблица 8-Степень отработки блоков с начала эксперимента

Степень отработки		на нач. экспер.	на конец экспер.	Разница
Техн. Блок № 2	%	51	60	9
Техн. Блок № 1	%	61	64	3

Из вышеуказанных графиках видно, что пероксид водорода играет существенную роль в процессе выщелачивания урана.

Так на блоке № 2 в начале эксперимента содержание урана в ПР было 30 мг/л в конце выросло до 42 мг/л.

На блоке № 1 содержание урана в ПР изменилось в сторону понижения в начале эксперимента 31-32 мг/л в конце на уровне 23-24 мг/л.

Кислотность выдерживалась на обоих блоках 10 г/л.

Добыча составила блок № 2 – 9109 кг, блок № 1 – 4262кг.

По степени извлечения урана из недр за время проведения эксперимента на блоке - № 2 составил 9% на блоке №1- 3%.

Как отмечалось выше, для извлечения IV-х валентного урана необходимо III-х валентное железо, для перевода IV-х валентного урана в VI-валентный и затем в раствор.

Для обеспечения высокой скорости окисления соединений урана (IV) необходимо поддерживать в растворе соотношение концентраций $Fe^{3+}/Fe^{2+} \geq 1,0$. Следовательно, в отсутствие регенерации железа (II) в железо (III) в оборотных ВР невозможно обеспечить высокую скорость выщелачивания настурана.

Для этого на руднике «Семизбай» в раствор маточников сорбции вводится окислитель - пероксид водорода непосредственно перед ТУЗом.

Трудности возникают при отработке силикатных форм урана. На месторождении «Семизбай» преобладают окисные формы урана (IV) и, частью, урана (VI); для их растворения важна окислительная обстановка при достаточной кислотности растворов. Для вскрытия коффинита – силиката урана (IV) – необходим более концентрированный раствор, во-первых, из-за худшей кинетики реакции растворения силикатов по сравнению с оксидами, во-вторых, чтобы осадить образованный при растворении коффинита кремнезем, который ингибирует дальнейшую реакцию после растворения поверхностной зоны зерна коффинита. Кремнезем может оставаться в виде геля до pH 1,5, препятствуя продвижению кислоты вглубь зерна коффинита, а для его диспергирования необходим достаточно крепкий раствор кислоты.

Эксперимент показал положительное влияние окислителя (пероксида водорода) на процесс ПСВ.

С начала 2018 года применение пероксида водорода в качестве окислителя на стадии активного выщелачивания (период стабильной подачи серной кислоты) на блоке 3 с целью повышения концентрации урана и интенсификации отработки блока.

Блок 3

Запасы блока – **60,048 т.** (47,11 % отработки).

ГРМ – 466,14т.т.

Продуктивность – **3,17 кг/м².**

Дата начала закисления-24.08.17 г.

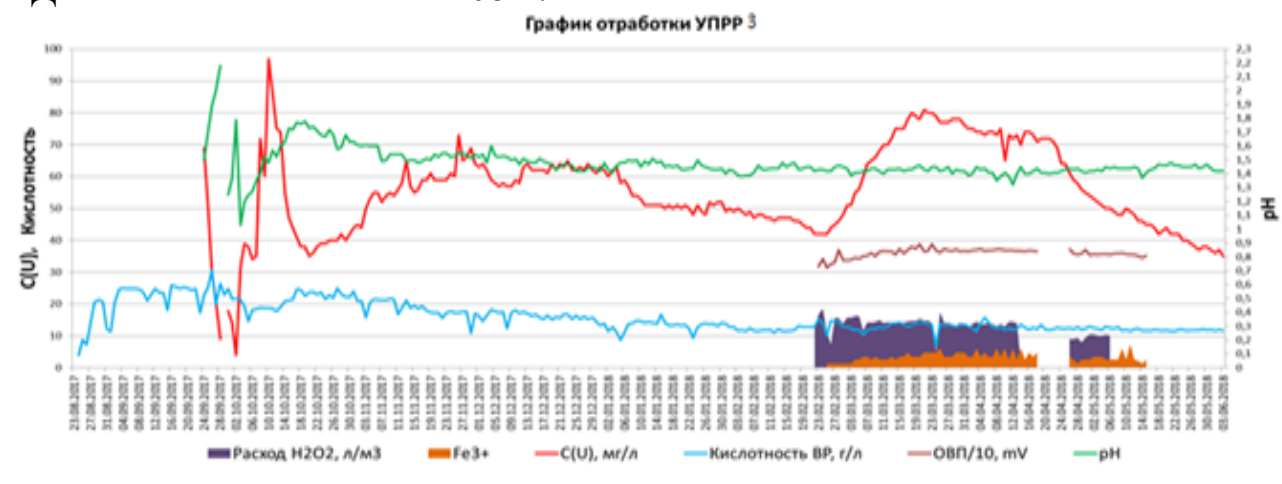


Рисунок 11- График отработки блока №3

Технологические блока на месторождении «Семизбай» при кислотности 10 г/л не работают. Все акцессорные минералы при активном выщелачивании уже выщелачены, поэтому подаваемая кислота «частично» выщелачивает уран и свободная кислота выходит с ПР более 3,5 г/л.

Применение пероксида водорода, как окислителя, необходимо на месторождении «Семизбай».

5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Под охраной труда понимается система законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе производства.

Условие труда рабочих и служащих должны быть безопасными, исключая возможность возникновения несчастных случаев на производстве, а также предупреждающими или резко снижающими профессиональные заболевания. Однако полностью ликвидировать травматизм и профзаболевания на производстве еще не удается. Несчастные случаи происходят в результате низкой производственной квалификации исполнителя, применение опасных методов работ.

Все эти особенности требуют разработки специфических мероприятий по технике безопасности в тесной связи с противопожарными требованиями и тщательное изучение их всеми работниками промыслово-геофизической службы.

Рациональный режим труда - это распорядок трудовой деятельности, предусматривающий такое соотношение труда и отдыха, при котором обеспечиваются высокая производительность труда, высокая работоспособность человека и создается Условие для полноценного отдыха.

Согласно коллективному трудовому договору, заключенному между компанией и работниками (инженерно-технологический персонал, операторы) будет применяться вахтовый метод организаций труда. Этот метод позволяет уменьшить непроизводительные затраты времени работников за счет сокращения времени нахождения в пути. Смена бригад будет проводиться через 15 дней. Основной режим труда-работа по 8 ч, через 16 ч отдыха. При этом общая продолжительность рабочего времени за учетный период не должна быть больше нормального числа рабочих часов, установленных законом РК «О труде» (40 часов в неделю). Сверхурочные работы не должны превышать 2 часов для каждого из работников в течение календарного дня. Работы на скважине будут проводиться в 3 смены.

Организация правильного питания -одно из важнейших условия сохранения здоровья и трудоспособности людей. Работники скважины будут обеспечены горячим 3 разовым питанием, будет специально оборудован домик для отдыха, где будет душ, кондиционер, будет работать телефонная связь, и другие удобства.

Медицинское обслуживание работников в полевых Условиех будет осуществлять санитарные инструкторы из числа постоянных кадров инженерно-технических работников. Они будут проходить специальную подготовку на курсах с отрывом от производства по договору с медицинскими учреждениями местных органов здравоохранения.

В обязанности санитарных инструкторов входят инструктаж работников о правилах и приемах оказания первой помощи при различных

травмах и заболеваниях, контроль за выполнением всеми работниками санитарно-гигиенических требований и тд.

Специфика работы геологических подразделений в полевых Условиех зачастую не дает возможности срочно отправить пострадавшего или заболевшего сотрудника в медицинское учреждение для оказания ему помощи. Поэтому сами работники геологических подразделений должны обладать специальными знаниями и владеть методами и приемами оказания первой доврачебной помощи. Каждый отряд будет снабжен аптечками с набором средств для оказания первой доврачебной помощи.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются предметами личного снаряжения работающих. Они применяются для предотвращения или уменьшения воздействия на организм человека или на отдельные его органы опасных и вредных производственных факторов. СИЗ имеют следующее назначение:

- должны создавать наиболее благоприятные для организма человека соотношения с окружающей средой и обеспечивать оптимальные Условие для трудовой деятельности;

- не должны быть источниками опасных и вредных производственных факторов.

При работах на скважине каждый работник будут оснащаться следующими СИЗ:

- специальными очками для работ на скважине, защищающие глаза от попадания пыли, твердых окраине ц, брызга жидкости, слепящей яркости видимого света и др.

- касками защищающими голову от ушибов, падающих предметов, кусков породы, воды, от поражения электрическим током, загрязнения.

- комбинезонами, для защиты тела человека.

- спец.обувью, для защиты ног от скольжения, механических и температурных воздействию, электрического тока, вибраций и т. д;

- для защиты рук будут применяться специальные перчатки;

- респиратор, применяющий для защиты органов дыхания при непредтипных выбросах углеводородных газов.

Учитывая высокую комплексную опасность производства, и в целях предупреждения несчастных случаев, предлагается ряд типовых мероприятий по технике безопасности.

Основными на это счёт решениями являются:

- герметизированная система сбора и подготовки нефти, газа и воды с технологическим режимом;

- обеспечение герметичности и прочности технологических установок, арматуры и коммуникаций с учётом розы ветров, карт рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- аппаратура, работающая под давлением, оборудуется предохранительными клапанами, манометрами, указателями уровня, регулятора давления в соответствии с правилами устройства и безопасности обслуживания сосудов, работающих под давлением;

- предусматриваются факельные и дренажные системы;
- подвижные окраине оборудования выполняются в закрытом исполнении, имеются ограждающие устройства;
- для подготовки аппаратов к ремонту предусматривается система пропарки;
- для ремонта и обслуживания оборудования предусматриваются соответствующие грузоподъёмные механизмы, установка которых должна соответствовать «Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов»;
- на непрерывных операциях предусматриваются резервные единицы оборудования;
- технологический процесс добычи, подготовки нефти, газа и воды, а также вспомогательные процессы (производство электроэнергии, сжижение газа, выработка тепла) предлагается полностью компьютеризировать и управлять ими со щитов операторов.

На всех объектах системы ППД независимо от их состояния или назначения запрещается производить какие-либо работы при:

- обнаружении запаха газа на рабочем месте;
- шуме и вибрации;
- отсутствии освещения;
- замазученности территории или рабочего места;
- опасности поражения электрическим током;
- взрывоопасности;
- отсутствии или неисправности необходимых защитных средств;
- неблагоприятных метеорологических условиях.

Все движущиеся и вращающиеся окраине механизмов, двигателей, трансмиссий и насосов имеют надёжные, прочные, съёмные металлические ограждения. Выступающие детали вращающихся частей (шпонки валов, болты муфтовых соединений и так далее) закрываются кожухами по всей окружности вращения. Ремонт и осмотр ограждённых частей механизмов, и снятие ограждений допускается только после полной остановки механизма. Пусковые автоматы агрегатов располагаются на безопасном расстоянии от напорных патрубков. Фланцевые соединения всех трубопроводов, находящихся под давлением ограждаются металлическим кожухом. Для предотвращения самозапуска агрегатов при отключении электроэнергии используют масляные выключатели. Чтобы не допустить перепуск воды из нагнетательных скважин через манифольды кустовых насосных станций, на выходе насосов устанавливаются обратные клапаны. Электрораспределительные щиты имеют металлическое, сетчатое ограждение.

На основании правил пожарной безопасности, в каждом цехе, лаборатории, партии, мастерской и складе, для работающих там лиц, должна разрабатываться конкретная инструкция о мерах пожарной безопасности, которая согласовывается с местным органом пожарного надзора или ведомственной пожарной охраной, утверждается руководителем

предприятия, изучается в системе производственного обучения и вывешивается на видном месте. В каждом производственном помещении должен быть пожарный щит, ящик с сухим песком, пожарный водяной вентиль.

Для повышения пожарной безопасности проводятся следующие мероприятия:

- 1) Каждый месяц с персоналом каротажного подразделения проводится специальный инструктаж;
- 2) Проводятся проверки для выявления и устранения нарушений пожарной безопасности [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зависимости от условий выщелачивания и концентрации твердой фазы, добавление перекиси водорода приводит увеличению общей концентрации кислорода в системе, а также способствует более глубокому выщелачиванию путем непосредственного окисления.

Месторождение Семизбай, в отличие от месторождений Шу-Сарысу и Сырдарьинской провинций, характеризуется глубоким вторичным восстановлением, приведшим к практически полному исчезновению железа ($3+$) в составе пластовых вод и ГРМ.

Урановая минерализация на месторождении установлена во всех литологических разностях осадочных пород. Минералы урана представлены коффинитом, настураном, урановыми чернями и редко встречающимися вторичными минералами.

Поведение урана при ПСВ в значительной мере зависит как от минерального состава месторождения, так и от его типа и возраста. Лучше всего растворяются черни и окисленные минералы, хуже – настуран, уранинит и смолка. При этом минералы U^{4+} (уранинит, настуран, коффинит) эффективно растворяются только в присутствии окислителей.

Соединения Fe^{3+} являются наиболее эффективным окислителем в интервале $pH=1,0-2,2$, но ввиду склонности к гидролитическому осаждению недопустимо их применение при $pH>2,2-2,5$. В частности, при использовании этого окислителя, перерыв в подаче кислоты приводит к кольматации пласта. На южных месторождениях при активном выщелачивании средний pH составляет 1,8 и выше. В то время как на месторождении Семизбай 1,3-1,5.

Кроме отсутствия трехвалентного железа также имеется большая вероятность и влияния температуры растворов на эффект применения H_2O_2 . Скорость разложения H_2O_2 увеличивается вдвое при повышении температуры на $10\text{ }^{\circ}C$. На южных месторождениях температура технологических растворов доходит до $30^{\circ}C$, на Семизбае составляет в среднем $9-13^{\circ}C$. Таким образом, скорость разложения пероксида водорода будет как минимум в шесть раз быстрее на этих месторождениях, чем на месторождении Семизбай. Это позволяет предотвратить преждевременную реакцию разложения пероксида водорода на кислород и воду, пока он не вступит во взаимодействие с Fe^{2+} для перевода его в Fe^{3+} .

Перечень принятых сокращений, терминов

ПСВ – подземное скважинное выщелачивание
ЗПО – зона пластового окисления
ОВП- окислительно-востановительный потенциал
СЗЗ – санитарно-защитная зона
ПР – продуктивный раствор
ВР – выщелачивающий раствор
ПНД – полиэтилен низкого давления
ЧС – чрезвычайная ситуация
ПБ – промышленная безопасность
ОТ – охрана труда
РБ – радиационная безопасность
ООС – охрана окружающей среды
ШС-Шу-Сарысуская провинция
СД- Сырдарьинская провинция
ЛЭП – линии электропередачи

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аубакиров Х. Б. О причинах возникновения проблем при отработке уранового месторождения Семизбай, Геология и охрана недр. - 2(63). - 2017 г.
- 2 Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана (методические рекомендации).- Алматы, 2006. - 310 с.
- 3 Мамилов В.А. Петров Р.П. Добыча урана методом подземного выщелачивания. -М.- Атомиздат.- 1980.- с. 248
- 4 Носков М.Д. Добыча урана методом подземного выщелачивания.- Северск 2010. - 83с.
- 5 Природные ресурсы России — уран. Информационный интернет-сборник новостей за 2014 год. [http:// vims-geo.ru/wp-content/uploads/2015/01/URAN-ROSSIYA-2014](http://vims-geo.ru/wp-content/uploads/2015/01/URAN-ROSSIYA-2014).
- 6 Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 июня 2011 года № 728 «Программа развития атомной отрасли в Республике Казахстан на 2011-2014 годы с перспективой развития до 2020 года».
- 7 Амирова У.К., Урузбаева Н.А. Обзор развития мирового рынка урана. Universum: Экономика и юриспруденция : электрон. научн. журн. 2017. - № 6(39).
- 8 Пастухов А.М. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Применение искусственных окислителей для интенсификации процесса подземного выщелачивания урана.- Екатеринбург.- 2013.
- 9 Рождественская Ю.В., Балыбина П.А. Отчет о результатах поисково-разведочных гидрогеологических работ с оценкой эксплуатационных запасов подземных вод участка "Семизбай" Уалихановского района Северо-Казахстанской области для хозяйственно-питьевого водоснабжения рудника Семизбай за 2007-2008 г.г. – Кокшетау. - книга 1. - 2008. –с.128
- 10 Аубакиров Х.Б. Условия образования Северо-Казахстанской урановорудной провинции. Геология и Металлогения кокшетауского срединного массива – крупной золотоурановой, редкометальной и алмазоносной провинции Центральной Азии.- Алматы.- 2016.
- 11 Пигульский Б.И., Панкратов Е.Л., Полуаршинов Г.П., и др. Отчет по теме: Изучение мезозойских отложений Шат-Бестюбинского района с целью оценки их перспектив на выявление промышленных месторождений. 185-Ср.- Фонды ЦГХК. -инв. - 1782с.-1977.
- 12 Закон Республики Казахстан от 28 февраля 2004 года № 528-ІІО безопасности и охране труда(с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.12.2006 г.)