

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

Дүйсенов Болатхан Ыбрайханович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

Восстановление дебита технологических скважин в условиях
рудника «Хорасан-1»

6В07205-Горная инженерия

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ГД
д-р.техн.наук, проф.
С.К. Молдабаев
«07» 06 2023г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: Восстановление дебита технологических скважин в условиях
рудника «Хорасан-1»

6В07205-Горная инженерия

Выполнил

Дуйсенов Б. Ы.

Рецензент,
Начальник горного отдела ТОО «АНТАЛ»,
магистр экономики
В.В. Грязнов
«07» 06 2023г.

Научный руководитель
ст. преподаватель
С.Т. Рустемов
«07» 06 2023г.



Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

Кафедра горное дело

6B07205-Горная инженерия



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта (работы)

Обучающемуся: Дүйсенов Болатхан Ыбрайханович

Тема: "Восстановление дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1»

Утверждена приказом ректора университета №1725 П/Б от "28" октября 2023г.

Срок сдачи, законченной проекта (работы) «12» 05 2023г.

Исходные данные к дипломной работе: геологическая характеристика и горнотехническая условия разработки рудника «Хорасан-1».

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) Геология месторождения и способ отработки;

б) Вскрытие;

в) Выбор системы разработки;

г) Экономика.

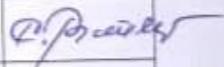
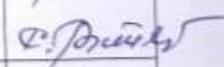
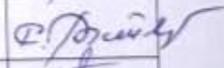
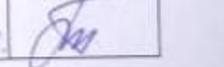
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): 1-геология месторождения «Хорасан-1»; 2-вскрытие месторождения; 3-конструкция технологических скважин; 4-специальная часть; 5 - план поверхности карьера.

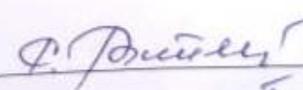
Рекомендуемая основная литература: Ракишев Б.Р. Вскрытие карьерных полей и системы открытой разработки: Учебник. – Алматы, 2012; Ракишев Б.Р. Технологические комплексы открытых горных работ: Учебник. – Алматы, 2015; Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов. - М.: «Горная книга», 2008.

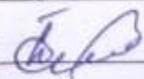
ГРАФИК
Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Геологическая часть	01.03.2023г.	
Основная часть (горная часть)	20.03.2023г.	
Вскрытие и подготовка месторождений	25.03.2023г.	
Специальная часть проекта	09.04.2023г.	
Энергоснабжение геотехнологического поля	30.04.2023г.	
Генеральный план поверхности шахты	15.05.2023г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проекта) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Вскрытие и подготовка месторождений	Рустемов С.Т. ст.преподаватель	23.03.2023	
Система разработки	Рустемов С.Т. ст.преподаватель	20.04.2023	
Генеральный план поверхности шахты	Рустемов С.Т. ст.преподаватель	12.05.2023	
Нормоконтроль	Мендекинова Д.С.	06.06.2023г.	

Научный руководитель  С.Т. Рустемов

Задание принял к исполнению обучающийся  Б.Ы. Дүйсенов

Дата « 08 » 02 2023г.

АНДАТПА

Дипломдық жобалау Солтүстік Хорасан уран кенорнының Хорасан-1 учаскесін игеруге арналған.

Жобада дипломдық жобалауды жасаудың әдістемелік нұсқауларына сәйкес бөлімдер: кенорнының тау-кен геологиялық сипаттамасы; уран кен қорларын есептеу; кеніштің геотехнологиялық параметрлері; қоршаған ортаны қорғау; жерасты сілтілеу әдісімен уран өндіру кезіндегі кеніштің техникалық-экономикалық көрсеткіштері қарастырылған.

Өндіру блогындағы ұңғымалардың саны және оларды өңдеу мерзімі, кенорнының геологиялық және гидрогеологиялық шарттарын ескере отырып, кенорнын өңдеуге арналған сілтілеу ерітіндісінің мөлшері есептелген.

Дипломдық жобаның арнайы бөлімінде «Хорасан-1» кеніші жағдайында технологиялық ұңғымалардың дебитін қалпына келтіру әдістері қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящен разработке уранового месторождения Северный Хорасан, участок Хорасан-1.

В проекте предусмотрены, в соответствии с методическими указаниями для составления дипломных проектов, разделы: горно-геологическая характеристика месторождения; подсчет запасов урана; геотехнологические параметры рудника; охрана окружающей среды; технико-экономические показатели рудника при добыче урана методом подземного выщелачивания.

Рассчитано количество скважин в добычном блоке и срок их отработки, количество выщелачивающего раствора для отработки месторождения с учетом геологических и гидрогеологических условий месторождения.

В специальной части рассмотрены методы восстановления дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1».

ABSTRACT

The diploma project is dedicated to development of North Khorasan uranium deposit, Khorasan-1 site.

The project, in accordance with the guidelines for the preparation of diploma projects, provides sections: mining and geological characteristics of the deposit; calculation of uranium reserves; geotechnological parameters of the mine; environmental protection; technical and economic indicators of the mine in the production of uranium by in-situ leaching.

The number of wells in the mining block and the period of their development, the amount of leaching solution for the deposit development are calculated taking into account geological and hydrogeological conditions of the deposit.

The special part considers the methods of technological wells recovery in the conditions of Khorasan-1 mine.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
I Горно-геологическая характеристика месторождения	9
1.1 Краткая характеристика района	9
1.2 Геология месторождения и участка Хорасан-1	9
1.3 Минералого-петрографическая характеристика руд и вмещающих пород	10
1.4 Гидрогеология	13
2 Характеристика геотехнологических свойств рудовмещающих пород и обоснование выбора метода разработки	14
2.1 Подсчет запасов урана	15
3 Вскрытие продуктивного пласта	16
3.1 Общие положения процесса подземного выщелачивания	16
3.2 Размер полигона	17
3.3 Определение количества скважин	17
3.4 Выбор способа размещения технологических скважин	18
3.5 Граф технологических сетей полигона	18
3.6 Кислотопровод	19
4 Подготовка блоков к эксплуатации	20
4.1 Периоды подготовки блока к добыче	20
4.2 Бурение скважин	21
4.3 Конструкция скважин	22
4.4 Подготовка скважин к освоению и освоение	23
4.5 Технология бурения	23
4.6 Вскрытие продуктивных горизонтов	24
4.7 Монтаж и спуск эксплуатационных (обсадных) колонн	26
4.8 Фильтры технологических скважин	27
4.9 Закисление блока	27
5 Расчет основных геотехнологических параметров	29
5.1 Определение производительности скважин	29
5.2 Определение количества горнорудной массы	30
5.3 Определение время отработки блока и расхода кислоты	31
6 Эксплуатация месторождения	33
6.1 Отработка блока	33
6.2 Транспортировка растворов	33
6.3 Раствороподъем	34
7 Восстановление дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1»	35
7.1 Кольматация фильтров скважин и методы восстановления производительности	35
7.2 Восстановление дебита технологических скважин	37
8 Безопасность и охрана труда	39

8.1 Защита от коррозии.....	39
9 Технико-экономическая часть.....	40
Заключение.....	41
Список использованных литературы.....	42
Приложения.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Добыча урановой руды является одной из важнейших отраслей РК, а уран это – экспортная продукция, имеющий международное значение. Эту истину подтверждает то, что добытая национальной атомной компанией «Казатомпром», урановая руда в 2018 году составила 23% от общемирового производства. Этот показатель по-прежнему сохраняется на очень высоком уровне. Следовательно, разработка урановых месторождений методом ПСВ является актуальным вопросом горнорудной промышленности.

В 2022 году Казатомпром был признан победителем открытого тендера SNN на поставку закиси-оксида урана для потребностей ядерной энергетики Румынии. В соответствии с условиями контракта Компания осуществила поставку природного урана до завода SNN. Казатомпром экспортировал свою продукцию через Транскаспийский международный транспортный маршрут (ТМТМ), который активно используется Компанией с 2018 года.

Казатомпром как надежный и предпочтительный поставщик на мировом рынке ядерного топлива продолжит работу по диверсификации географии поставок и выходу на новые рынки сбыта.

Урановый рудник Хорасан-1 входит в состав Товарищества с ограниченной ответственностью «Кызылкум». ТОО «Кызылкум» создано в мае 2005 года в рамках Программы «15 000 тонн» АО «НАН «Казатомпром» для реализации проекта разработки уранового месторождения «Северный Хорасан».

В дипломном проекте рассмотрены вопросы восстановления дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1». Содержание в руде полевых шпатов и глинистых минералов увеличивает образование механической и химической коагуляции, при переносе растворов потоком в продуктивный горизонт и набухании глин. Содержание карбонатных минералов в рудах до 1,5% и более вызывает химические осадки, которые осаждаются при взаимодействии с растворами серной кислоты.

В соответствии с заданием на проектирование в дипломном проекте рассмотрена краткая горногеологическая характеристика рудного района «Хорасан-1», подсчет запасов урана, вскрытие продуктивного пласта, бурение и сооружение технологических скважин, промышленная безопасность и охрана окружающей среды и т.д.

Дипломный проект изложен на 42 страницах, содержит 2 таблицы, 2 рисунки и 5 приложения.

I Горно-геологическая характеристика месторождения

1.1 Краткая характеристика района

Административно территория Хорасанского рудного поля принадлежит Жанакорганскому району Кызылординской области Республики Казахстана. Наиболее крупными населенными пунктами на площади рудного поля являются районные центры и железнодорожные станции Шиели и Жанакорган, через которые проходят железнодорожная магистраль [1].

Месторождение Северный Хорасан находится в Жанакорганском районе Кызылординской области и является самым крупным месторождением Карамурунского рудного района. Поверхность района работ с абсолютными отметками 155-185 м представляет собой песчано-грядовую, открытую равнину, в северной части переходящую в плоскую неширокую (0,8-8,0 км) долину р. Сырдарья [1].

Территория объекта работ малообжитая, в районе имеются два населенных пункта сельского типа – п. Каргалы с населением 1500 чел., п. Байкенже с населением в 700 человек [1].

Население занято животноводством и полеводством. Населенные пункты электрифицированы (ЛЭП-35 кВ) и связаны транспортными дорогами с гравийным и частично асфальтовым покрытиями с райцентрами Шиели и Жанакорган. В районном центре Шиели располагается база ГРЭ №23 АО «Волковгеология». Здесь же расположена база Рудоуправления №6, эксплуатирующего месторождения Северный и Южный Карамурун и проходят железнодорожная, автомобильная и энергетическая коммуникации. Территория объекта работ располагается в 6-ти бальной зоне сейсмичности (по шкале Рихтера [1]).

Русло реки Сырдарья находится в северном направлении на расстоянии 10 170 м. Расстояние от проектируемого объекта до поселка Байкенже с юго-восточной стороны – 5401 м, до вахтового поселка с южной стороны – 1860 м [1].

1.2 Геология месторождения и участка Хорасан-1

Рудник Хорасан-1 охватывает большую площадь и большая часть геологии месторождения такая же, как и геология региона. Породы фундамента включают складчатые Протерозойские пласты, перекрытые породами Палеозойского каменноугольного периода, карбонатными породами и песчаниками [2,3].

Территория рудника Хорасан перекрыта преимущественно осадочными породами. Породами, перекрывающими фундамент, являются осадочные породы мелового и палеогенового периода, вмещающие урановую минерализацию, которая не выходит на поверхность (приложение А).

Осадочные породы включают в себя от озёрноаллювиальных мелкозернистых песков до галечника, и от 10% до 20% глины, как прослоев. Осадочные породы Верхнего Мела были разделены на 3 яруса. В обратном хронологическом порядке это Сантон, Кампан и Маастрихт. Более низкие слои пород Мелового периода, такие как Сенонский, Туронский, Коньякский и Нижний Сантонский не разрабатывались на руднике Хорасан из-за их глубины - более 750 м от поверхности.

Породы Сантонского, Кампанского и Маастрихтского периода месторождения Хорасан могут быть общей мощностью до 450 м и состоят из красных и серых алевритов, песчаников и слоев глины. Данные образования выются на плане в виде лент длиной от 20 до 25 км, шириной от 50 до 200 м и глубиной от 0,5 до 20 м. Средняя мощность прослоек минерализации варьирует от 1 до 5 метров, следующим образом:

- Сантон: Данный ярус охватывает, в основном, зеленовато-серые и серые песчаники с небольшими прослоями глины, мощностью от 65 до 70 м на глубине от 600 до 780 м.;

- Кампан: Этот ярус перекрывает Сантонский. Он литологически сложный и состоит из окисленных песков с прослоями глин (от серых до красных) и глин аллювиального происхождения мощностью от 15 до 25 м. Глубина пород варьирует от 550 до 740 м.;

- Маастрихт: Это самый молодой из ярусов, с общей мощностью от 30 до 50 м и залеганием пластов на глубине от 510 до 650 м от поверхности. Он поделен на 2 цикла. Верхний цикл мощностью от 12 до 15 м и включает серые песчаные аллювиальные отложения. Нижний цикл мощностью от 26 до 30 м и включает красные и пестроцветные алевриты, глинистые песчаники.

Осадочные породы, перекрывающие Палеоген, состоят из слоев серых и зеленых глин мощностью от 140 до 220 м, и алевритов, перекрытых песками и глиной Неогена мощностью 200 м.

Аллювиальные пески, глины и суглинки Четвертичного периода мощностью от 100 до 200 м перекрывают более старые отложения с угловым несогласием [2].

1.3 Минералого-петрографическая характеристика руд и вмещающих пород

Месторождение Хорасан-1 – гидрогенное месторождение роллового типа, вмещающее Верхнесантонский, Кампанский и Маастрихтский ярусы (Приложения А, рисунок А.3) [3,4].

Расширенное верхнее крыло ролла, осложненное пошаговым сдвигом геохимической границы, как правило, наблюдается тогда, когда мощность ярусов является значительной и имеется несколько ограничивающих линз на участках уменьшения границ ЗПО. Ступенчатые образования и расширенные крылья, состоящие из множества минерализованных линз, которые также в

избытке найдены между крыльями, типичны для стратиграфии месторождения и подтверждают чрезвычайную сложность толщи вмещающих пород.

Маастрихтские ярусы вмещают основную массу урановой минерализации месторождения Хорасан (65%). Кампанские и Сантонские ярусы вмещают 35% урановой минерализации. Зоны минерализации охватывают мощные, водопроницаемые, слабоуплотненные осадочные породы и неокисленные пласты с низким содержанием с характерными высокими фильтрационными свойствами.

Урановая минерализация ограничивается водоносными, проницаемыми, серыми (в крайнем случае, зелеными) песчаными отложениями, которые в процессе эпигенетической минерализации могут создать контрастные барьеры восстановления окисления («редокс»). Эти участки обеспечивают условия для отложения минералов, содержащих поливалентные элементы урана, рения, молибдена, селена, иттрия, редкоземельных элементов, скандия и ванадия.

Выделяется 4 геохимических типа породы:

- диагенетически восстановленные серые пески и глины, содержащие окаменелые остатки растений;
- серо-зеленые пески и глины, восстановленные как диагенетически, так и эпигенетически, в процессе почвообразования;
- невосстановленные, изначально пестрые отложения;
- эпигенетически окисленные породы, которые формируют зоны пластового окисления вдоль восстановленных зон контактов породы.

Территориально минерализация месторождения Хорасан-1 направлена в сторону клиновидной границы ЗПО.

Каждое из выявленных образований урановой минерализации находится в пределах одного слоя отложений, который может коррелировать между вертикальными разрезами.

Образования состоят из нескольких морфологических элементов (Приложения А), включая [4]:

- основной ролл с четко выраженными носовой частью и крыльями;
- минерализованные элементы носовой части/крыла (или альтернативно называемые «лимбы»);
- периферийные и остаточные образования, расположенные в задней части основного роллового фронта.

Важное свойство урановых минерализованных образований - изменение пропорций урана и радия по всей толще этих образований.

Уран преобладает в носовой части и уменьшается к крыльям, а радий преобладает в остаточных образованиях и формирует радиевые ореолы (как аномалии, не содержащие уран согласно результатам гаммакаротажа).

Соотношение урана и радия описывается коэффициентом радиоактивного равновесия («КРР»).

Характерными особенностями урановой минерализации в районе рудника являются [5]:

- ярусы минерализации возникают, обычно, как субгоризонтальные линзы, и, в меньшей степени, как роллы.

- обнаруживается уран с неравномерной грануляцией, обычно, мелко- и среднезернистый с возможной значительной мутностью.

В минерализованных песках преобладают минералы, устойчивые к воздействию кислоты (составляющие в среднем 98,5%).

Основной минеральной составляющей является кварц (до 62%), кроме того, полевой шпат (до 17%), фрагменты кремнистых пород (до 18%), слюды и «фитолеймы» (органические вещества). В пределах матрицы встречаются глинистые минералы, включая монтмориллонит, каолинит и слюду. Побочные минералы включают ильменит, пирит, кальцит, сидерит, турмалин, гранат, апатит и рутил.

Основными рудными минералами являются уранинит (от 50% до 60%) и коффинит (от 40% до 50%), который является цементирующим и связующим материалом между гранулами большего размера.

Другие общераспространенные минералы включают селен (от 0,05% до 0,07%), рений, скандий, иттрий и РЗЭ.

Химический состав минерализованных ярусов - это обычно кремнекислые материалы: 81% до 85% SiO_2 , 7% до 10% Al_2O_3 , 1,9% до 2,4% Fe_2O_3 , 2,3% до 2,7% K_2O , и 0,5% до 1% Na_2O .

Карбонатность пород месторождения Хорасан обычно менее 1% CO_2 , но местами достигает 2% и более.

Урановая минерализация на участке Хорасан происходит в пределах Верхних меловых песков. Сверху вниз эти процессы можно описать следующим образом [4,5]:

- Маастрихтские отложения охватывают простые аллювиальные отложения, включая два слоя (10 до 12 м каждый) мелкозернистого песка, разделенного перемежающимися линзами алеврита и глины. Пески преимущественно плотные, диагонально-напластованные или горизонтальные, водонасыщенные и нестабильные. Неокисленные зоны серого цвета, в то время как окисленные – от беловато-желтого до желтого. В большинстве случаев, селен ассоциируется с урановой минерализацией;

- Кампанские отложения охватывают простые аллювиальные отложения равностернистого песка, разграниченные сверху слабо-непрерывным слоем зеленых алевритов и глинистого песчаника. Пески являются водонасыщенными и нестабильными;

- Верхнесантонские отложения охватывают простые аллювиальные отложения, включая мелкозернистые, серые и красные пески с прослоями алеврита и песчаника.

В части соотношения проницаемых и непроницаемых слоев, выделены 4 основных литологических типа, характеризующие каждый ярус минерализации, и различающиеся содержанием песка как процентом мощности пласта:

- песок 100% до 80%;

- глина-песок 80% до 40%;
- песок-глина 40% до 20%;
- глина 20% до 0.

Первые два типа характеризуют русловые и около русловые отложения, в то время как третий и четвертый типы, характеризуют пойменные отложения.

1.4 Гидрогеология

Верхнесантонский и Маастрихтский ярусы формируют единый водоносный горизонт, разделенный перемежающимися непроницаемыми слоями, представляющий собой единый водоносный комплекс мощностью от 300 до 400 м с коэффициентом фильтрации от 1,1 м/с до 8,0 м/с [1-4].

Пьезометрическая поверхность направлена с юг-юговостока на север-северо-запад.

Водоносный слой пополняется в горах Каратау. Подземные воды имеют минерализацию (сульфаты, хлориды, натрий, калий и магний) от 0,7 г/л до 17 г/л, которая возрастает до 20 г/л в отложениях среднего Миоцена. Тем не менее, минерализация в исходных слоях минерализации верхнемеловых отложений в пределах от 0,6 г/л до 0,9 г/л.

Особенности грунтовых вод – отсутствие растворенного кислорода, низкие отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала, наличие сероводорода и близкие к нейтральным (отклоняющиеся к щелочным) условия. Концентрация растворенных минералов в водоносных горизонтах обычно составляет:

- $2,5 \times 10^{-4}$ г/л урана;
- $8,2 \times 10^{-10}$ г/л радия;
- $1,8 \times 10^{-7}$ до $2,0 \times 10^{-7}$ г/л рения.

2 Характеристика геотехнологических свойств рудовмещающих пород и обоснование выбора метода разработки

Морфология оруденения определяется конфигурацией фронта зоны пластового окисления. В плане оруденение прослеживается в виде слабоизвилистых лент, осложненных изгибами северо-западного направления. Выделяется две части: Главная рудная зона (общая протяженность оконтуренной части полосы 10-12 км) широтной ориентировки. В поперечных разрезах оруденение характеризуется сложными роллообразными формами, из которых наиболее распространенной является форма деформированного серповидного тела с асимметричным строением крыльев, более протяженного и маломощного верхнего и короткого, часто вообще не развитого нижнего. Ширина залежей изменяется от 25-30 до 400 м. Мощность рудных тел варьирует от 2-3 до 5-7 м, иногда достигает 10-12 м.

Как оруденелые так и безрудные пески Хорасанского горизонта являются полевой шпат и кварциты. Обломочный материал составляет в них от 75 до 90 % объема породы и представлен: кварцем - 70-80 %, полевыми шпатами - 10-20 %, кремнистыми породами - 5-10 %, углефицированным растительным детритом - до 5 % (среднее содержание Сорг. 0.04-0.07 %) чешуями биотита и мусковита - 0-10 %. Акцессорные минералы не превышают в сумме 1 % объема породы. Глинисто-алевритовый заполнитель в среднем составляет 10 % [3,4].

По содержанию урана руды месторождения бедные: от сотых до первых десятков долей процента (в среднем 0,020-0,040 %). Основным урановым минералам является коффинит (в общем балансе урановой минерализации не менее 95 %), незначительное присутствие настурана (первые проценты). В алеврито-глинистой фракции накапливается от 43 до 77 % всего урана. Выделяются два основных минералогических типа руд: углисто-сульфидно-коффинитовый (в диагенетически восстановленных песках, содержащих углефицированный растительный детрит) и сульфидно-коффинитовый (зеленоцветные пески с сульфидами железа, но без углистого детрита). Сопутствующая минерализация представлена самородным селеном, редко ферроселитом, бравоитом [4].

Руды месторождения силикатные, некарбонатные (содержание CO_2 в основном сотые доли процента. По данным гидрогеологических откачек установлено, что песчаные руды Хорасанского горизонта характеризуются сравнительно однородными фильтрационными свойствами : в пределах 6-10 м/сутки (среднее- 7 м/сутки).

Важным геотехнологическим показателем являются глинистые водоупоры водоносного продуктивного горизонта [5].

Лабораторные испытания, проведенные на материале технологических проб и полевые опытные работы по ПВ и особенно многолетние эксплуатационные работы однозначно подтвердили в целом высокую извлекаемость урана из руд.

По своим геологическим и структурно-гидрогеологическим особенностям, геотехнологическим параметрам месторождение Хорасан признана рудным объектом с исключительно благоприятными условиями отработки методом подземного выщелачивания. Геологическое строение рудных залежей приведено на приложении А.

2.1 Подсчет запасов урана

Определяем запасы полезного компонента по проектируемому блоку по формуле [6]

$$P = S \cdot m \cdot \gamma \cdot (c/100), \text{ т}, \quad (2.1)$$

где S – площадь проектируемого блока, $S = 24\,805 \text{ м}^2$;

m – средняя мощность выщелачиваемого рудного тела, $m = 5,0 \text{ м}$;

c – среднее содержание полезного компонента в выщелачиваемом рудном теле, $c = 0,04\%$;

γ – объемный вес руды, т/м^3 , $\gamma = 1,68$.

Подставляя значения в формулу, определяем запасы полезного компонента по проектируемому блоку

$$P = 24805 \cdot 5,0 \cdot 1,68 \cdot (0,040/100) \approx 83 \text{ т}.$$

3 Вскрытие продуктивного пласта

3.1 Общие положения процесса подземного выщелачивания

Для месторождения Хорасан выбираем бесшахтную систему отработки способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). Разработка месторождения способом ПВ через скважины, пробуренные с поверхности, предусматривает ведение процесса подземного выщелачивания (ПВ) с дневной поверхности.

В соответствии с морфологией и гидрогеологическими условиями рудных залежей применяем линейную схему расположения технологических скважин. Линейная схема расположения скважин состоит из последовательно чередующихся рядов откачных и закачных скважин с продольным или поперечным расположением этих рядов. При этом элементарная ячейка состоит из трех скважин: двух закачных и одной откачной, принадлежащих к трем последовательно (параллельно) расположенным рядам [6,7].

Геометрические параметры технологических блоков зависят от формы рудных залежей, схем отработки, сети расположения скважин и других условий.

Основываясь на исходных проектных решениях, научных разработках, на основании накопленного опыта отработки месторождения в предыдущие годы, на месторождении Хорасан-1 применяем однорядные, трехрядные и многорядные схемы отработки. Однорядная схема отработки применяется в случаях узких залежей шириной до 50-80 м с заложением ряда по простиранию рудного тела (продольный вариант системы отработки).

Для сравнительно узких залежей, шириной от 80 до 150 м, применяется трехрядная схема преимущественно продольного варианта системы отработки. Для широких, шириной рудной полосы более 150 м, и изометрических в плане рудных залежей, применяется многорядная схема отработки с поперечным или продольным расположением рядов

Вскрытие продуктивного горизонта производится бурением и сооружением с поверхности земли технологических скважин (откачных, закачных, наблюдательных, контрольных и др.)

Обсадка ствола скважины выполняется полиэтиленовыми или полихлорвиниловыми трубами с установкой фильтров в задаваемом интервале. После прокачки скважин и достижения ими проектных параметров эксплуатации, скважины обвязываются трубопроводами для подачи в продуктивный пласт выщелачивающих и отбора из пласта продуктивных растворов.

По окончании трубной обвязки, энергообеспечения, ведется закисление горнорудной массы и массы рудного тела технологического блока. После закисления и установки раствороподъемного оборудования блок готов к эксплуатации.

3.2 Размер полигона

Геологический блок в плане имеет лентообразную вытянутую форму. Ширина рудной полосы изменяется от 40 до 200 м.

Оруденение локализуется в проницаемых отложениях Хорасанского горизонта нижним водоупором является алевроитоглинистые отложения верхнего мела, верхним – глинистая пачка в верхней части Хорасанского горизонта, которая с размывом перекрывается ынтымакской (чеганской) толщей глинистых пород регионального водоупора [5].

Длина блока по простиранию 300 м. Средняя ширина - 120 м. Эффективная мощность изменяется от 9,0 до 15,0 м (средняя – 11,80 м.) Глубина залегания верхней границы нижнего водоупора 115-118 м.

Средняя мощность рудного тела равна – 5,0 м. Средняя продуктивность 1,68 кг/м². Статический уровень подземных вод горизонта устанавливается на глубине 70 м. Средний коэффициент фильтрации продуктивного горизонта 7,0 м/сутки.

Вскрытие блока планируется осуществлять рядной схемой расположения скважин. Расстояние между рядами 55-60 м. Расстояние между скважинами в рядах: закачных 25-30 м, откачных 30-40 м. Отношение количества закачных скважин к откачным - 3,6.

Перед вводом технологических блоков в эксплуатацию предусматривается предварительная прокачка скважин. В процессе эксплуатации выполняется чистка скважин от песка, ведение ремонтно-восстановительных работ.

3.3 Определение количества скважин

Вскрышные работы планируется выполнить в проектируемом блоке бурением технологических скважин в линейной системе, с расстоянием между откачными скважинами 30-40 м, закачными скважинами 25-30 метров и между рядами 55-60 м (Приложение Б).

Всего проектируется соорудить на блоке - 6 откачных и 22 закачных скважин. Общее количество технологических скважин – 28, и 2 наблюдательных, 2 реверсивных.

Сооружение внутри контурных скважин – на заключительном этапе, после геотехнологического анализа вскрытого блока. Глубина откачных и закачных скважин в зависимости от гидрогеологических строений принимается в среднем по 628 метров. Схема расположения скважин в блоке представлена на приложении Б.

Общие объемы проектируемых буровых работ составят:

- технологических скважин.....28;
- наблюдательных скважин..... 2;
- скважина реверсивная..... 2;
- Итого.....30.

3.4 Выбор способа размещения технологических скважин

Схема вскрытия рудных тел на месторождении Хорасан включает схему размещения технологических скважин по площади месторождения и схему установки фильтров в разрезе продуктивного горизонта. Блок представляет собой узкую вытянутую ленту шириной до 110 м.

Месторождение Хорасан характеризуется благоприятными геолого-экономическими условиями для отработки способом ПВ [3]:

- выдержанность водоупорных горизонтов;
- высокая проницаемость руд;
- низкая глинистость и карбонатность пород и руд.

Для того, чтобы эксплуатационные затраты добычи урана на месторождении могли быть конкурентоспособными в соотношении ценам сегодняшнего рынка, проектом принимаем трехрядную продольную систему вскрытия бурением технологических скважин в продольной системе.

Благоприятная величина коэффициента фильтрации позволяет предусмотреть следующую производительность скважин:

- откачных скважин: с гравийной обсыпкой равной 4,2 – 4,5 м³/час;
- закачных скважин: 1,7÷2 м³/час.

Для обеспечения необходимой производительности геотехнологического блока требуется 6 откачных скважин и 22 закачных скважин.

Местоположение и количество наблюдательных скважин определяется из условий необходимости выявления контура растекания ВР за пределы обрабатываемых блоков.

Контроль радиоактивного загрязнения подземных вод продуктивного горизонта осуществляется по наблюдательным скважинам, пробуренным на профилях, пересекающих промышленные блоки в направлении естественного потока подземных вод.

Контроль за растеканием ВР на продуктивном горизонте в пределах рудного контура осуществляется из эксплуатационных скважин, пройденных на подготавливаемых к отработке блоках по направлению движения подземных вод и из существующих гидрогеологических скважин.

Наблюдательные скважины на непродуктивные водоносные горизонты размещаются в пределах промышленного контура, на тех же профилях, что и наблюдательные скважины на продуктивные горизонты.

3.5 Граф технологических сетей полигона

В проекте обвязки технологических сетей блока спроектирована технологическая схема, предусматривающая подачу кислоты, измерение, контроль и регулировку расхода выщелачивающих растворов по каждой закачной скважине, контроль других параметров в одном месте - технологическом узле закисления (ТУЗ). Контроль расхода и регулировка расхода продуктивных растворов по каждой откачной скважине предусмотрен

также в одном месте – узле регулировки продуктивных растворов (УРПР). Конструктивно принято решение совместить ТУЗ и УРПР в одном здании.

В соответствии с проектом блока трубопроводы ПР, ВР прокладывается к существующему магистральному трубопроводу ПР, ВР н/ст. Ø 530 мм. Протяженность трассы 1 500 м. Прокладка трубопровода ВР выполняется трубой н/ст. Ø 273 мм. Прокладка трубопровода ПР выполняется трубой ПНД Ø 315 мм. Выщелачивающие растворы (ВР) подаются по напорному трубопроводу насосами, установленными на Центральной насосной площадке, в технологический узел закисления (ТУЗ) и в необходимом количестве распределяются по закачным рядам, а через оголовок в каждую закачную скважину.

Подкисление ВР осуществляется в ТУЗ, что дает возможность соблюдения технологического регламента и рационального расхода кислоты:

Кислота подается по кислотопроводу от существующей расходных емкостей серной кислоты.

Откачиваемые из пласта продуктивные растворы (ПР) по напорным коллекторам поступают на участковую насосную станцию, откуда перекачиваются насосами 5ГРВ по магистральным трубопроводам – в пескоотстойник ПР Центральной насосной станции. Далее насосами 14 НДС растворы подаются на переработку в технологический корпус.

3.6 Кислотопровод

Серная кислота, из существующей 100 м³ расходной емкости, перекачивается насосом марки ТХИ на ТУЗы. Кислотопровод выполняется из труб 108×4,0 ГОСТ 8732-78 из стали Б ст4 ГОСТ 8731-87, протяженностью 1500 м. Проектом принята поверхностная прокладка кислотопровода на опорах.

4 Подготовка блоков к эксплуатации

4.1 Периоды подготовки блока к добыче

Период подготовки блока к добыче металла включает в себя бурение технологических и наблюдательных скважин, обвязку и оснащение их поверхностными коммуникациями, оборудованием и контрольно-измерительной аппаратурой, а также стадию закисления рудовмещающего горизонта.

Бурение (сооружение) скважин, их обвязка, закисление блока и извлечение металла из недр проводится согласно графику ввода технологических блоков в эксплуатацию [8,9].

Для наблюдения за движением выщелачивающих растворов, как в процессе закисления, так и в процессе эксплуатации блока, сооружаются наблюдательные скважины. Наблюдательные скважины подразделяются: внутриконтурные, приконтурные и региональные [9].

Для ведения мониторинга за состоянием подземных вод на месторождении, как в процессе эксплуатации, так и после отработки рудных залежей, часть скважин (из числа технологических и наблюдательных), по принятой методике, определяются «мониторинговыми».

Для определения степени проработки рудных тел растворами, извлечения металла, его переноса и переотложения, определения «застойных» зон, бурятся контрольные скважины.

Обвязка скважин поверхностными и подземными коммуникациями включает:

- обвязку всех видов нагнетательных и разгрузочных скважин необходимыми трубопроводами;
- подводку в зумпф локальной установки трубопровода для дозировки выщелачивающего реагента и установку кислотомера автономной подачи реагента в закисленные растворы;
- монтаж нагнетательных трубопроводов – магистралей к узлу сорбции и приготовления рабочих растворов;
- монтаж пескоотстойников на основных магистральных откачных растворах;
- монтаж погружных насосов на откачных скважинах;
- установку на каждой технологической скважине, а также на основных откачных и закачных магистральных расходомеров для определения дебитов и приемистости скважин, рядов скважин, эксплуатационных блоков;
- сооружение ЛЭП, автодорог, переходов и других внутренних коммуникаций.

После завершения всех подготовительных работ на новом эксплуатационном блоке начинается закисление блока.

Закисление блока – период времени, необходимый для создания в рудовмещающем горизонте геохимической и гидрогеологической обстановки, обеспечивающей процесс отработки металла методом ПВ.

Концом процесса закисления эксплуатационного блока принимается при появлении в большинстве откачных скважинах блока продуктивных растворов и подключении его к добыче.

4.2 Бурение скважин

На проектируемом блоке предусматриваются следующие скважины:

- откачные;
- закачные;
- наблюдательные.

Бурение технологических скважин производится без отбора керна, истирающе-режущими долотами, изготовленными в соответствии с ТУ-26-02-675-75, армированные твердосплавными резцами 2-ИР-ДС или трехшарошечными долотами в соответствии с ГОСТ 20692-75 типа М или С. Промывка скважин осуществляется с помощью малоглинистых растворов с плотностью 1,08-1,18 г/см³.

При бурении продуктивного горизонта предполагается использование следующих буровых растворов:

- с использованием добавок гидролизированных продуктов акрилатного типа К-4, К-9;
- с изменением плотности и вязкости буровых растворов.

Откачные скважины первоначально бурятся диаметром 132 мм (пилот-скважина) для проведения комплекса геофизических исследований. Затем разбуриваются диаметром 161, 190, 215, 244 мм до проектной глубины. После этого в фильтровой зоне скважины расширяются диаметром 320 мм.

Наблюдательные скважины проходятся на всю проектную глубину диаметром 161 мм.

Интервал установки фильтра, глубины спуска эксплуатационной колонны уточняется по данным геофизических исследований.

В закачных скважинах установка фильтров осуществляется на нижний рудный интервал. Средняя длина фильтров – 8 метров.

При мощности рудного интервала более 12 метров верхняя часть фильтра закачных скважин устанавливается над кровлей рудного интервала, фильтра откачных скважин устанавливаются в пределах рудных интервалов длиной max - 12 м, min – 8 м.

Нижняя часть фильтра в откачных скважинах ставится на кровлю нижнего водоупора, либо ниже подошвы рудного интервала в случае его мощности более 10 м и сам рудный интервал оторван от кровли водоупора.

Допускается установка фильтров на откачных скважинах над кровлей водоупора, но не более чем на 5 м.

4.3 Конструкция скважин

Конструкция откачных и закачных скважин одноколонная с гравийной обсыпкой прифильтровой зоны и гидроизоляция затрубного пространства утяжеленным глинистым раствором плотностью 1,2 г/см³.

Эксплуатационная колонна состоит из труб ПНД 160×18, ПНД РК 90×110 с резьбовыми соединениями.

Фильтр КДФ-120-90-0,8. Отстойник - из труб ПНД РК 90 ×110 длиной 5 м.

Утяжелитель – труб диаметром 133 мм длиной 7-8 м.

Обсадная колонна для откачных скважин, оборудованных погружным насосом диаметром 4 «типа SP 5A-21N фирмы «GRUNDFOS», будет состоять:

- верхняя часть колонны длиной 100м из труб ПНД 160×18

- нижняя часть колонны из труб ПНД РК 90×110.

Спуск фильтра с отстойником и утяжелителем производится на эксплуатационной колонне [9].

Перед спуском в скважину обсадной колонны все трубы, секции фильтра, отстойник, утяжелитель должны быть замерены и записаны в буровой журнал в последовательности их спуска в скважину. Перед спуском скважину все спускаемые элементы колонны визуально осматриваются и определяется их целостность. Трубы и фильтры не должны иметь механических повреждений, влияющих на прочность: трещин, сколов, нарушений резьбы и т.д.

Перед спуском на резьбовые соединения полимерных труб наносится герметик следующего состава:

- полиизобутилен 35-40 вес. %;

- бензин 60-65 вес. %.

Приготовленные трубы с нанесенным герметиком могут применяться для обсадки без дополнительной доработки в течение 3 суток.

При спуске эксплуатационных колонн из труб ПНД 160×18 на резьбовые соединения устанавливаются защитные муфты. Муфта устанавливается на муфтовую часть резьбы опущенной в скважину трубы таким образом, чтобы выход муфты над торцом трубы составлял 3-5 см. После свинчивания опущенной в скважину трубы с наращиваемой трубой муфта должна прочно фиксироваться на резьбовом соединении и не перемещаться по колонне при приложении осевого усилия 25-30 кг.

После спуска колонны она закрепляется на устье с помощью хомута.

Гравийная обсыпка производится на всю мощность продуктивного горизонта, но не менее 5 м над фильтром. Затрубное пространство заполняется утяжеленным глинистым раствором.

Устье скважин цементируется с поверхности на глубину 0,5 м и площадью 0,8×0,8 м², что обеспечивает устойчивость колонн.

Эксплуатационная колонна состоит из труб ПНД 160×18, фильтр КДФ-120-90-0,8, отстойника из труб ПНД РК 90×110 и утяжелителя.

Гидроизоляционные материалы закачиваются через трубу диаметром 50мм. Опущенную в затрубное производство. По мере заполнения производится поднятие снаряда.

Конструкция технологических скважин представлена на приложении В.

4.4 Подготовка скважин к освоению и освоение

Подготовка скважин к освоению заключается в разглинизации прифилтровой зоны внутрифилтровой промывкой [10]. Скважина промывается буровым насосом технической водой до полного удаления из фильтра и отстойника шлама и глинистого раствора (в течение 4-6 часов).

Основным способом освоения является прокачка. Перед прокачкой на эксплуатационной колонне монтируется оголовок, снабженный отводным шлангом диаметром 75-100 мм длиной не менее 3,0 м.

В качестве водоподъемной используется эксплуатационная колонна; в качестве воздухоподающих труб - полиэтиленовый шланг диаметром 25-32 мм.

Освоение производится согласно «Методического руководства по освоению технологических скважин» и «Инструкции по освоению скважин».

Продолжительность освоения – не менее 36 часов.

4.5 Технология бурения

Скважины ПВ являются основным техническим средством для добычи полезных ископаемых данным способом, поэтому к технологии их сооружения предъявляют повышенные требования. От качества пробуренной скважины в дальнейшем зависит ее работоспособность и срок службы. Бурение вертикальных скважин ПВ в большинстве случаев осуществляется вращательным способом прямой промывкой глинистым раствором. Его применение обеспечивает сравнительно высокую скорость бурения и надежную устойчивость стенок скважины при проходке слабых неустойчивых пород [9].

Технология бурения скважин ПВ зависит от множества факторов. Основными, из которых являются: горно-геологические условия; диаметр скважины, который определяется ее назначением, типом и конструкцией раствороподъемных средств и фильтров, способом и техническими средствами для гидроизоляции движения технологических растворов; тип породоразрушающего инструмента параметры режима бурения; средства выноса с забоя продуктов разрушения; вскрытие продуктивного горизонта [9].

Диаметр технологических скважин ПВ в большинстве случаев составляет 190,5-244,5 мм (реже 269 мм) в зависимости от ее конструкции и назначения, причем в интервале верхнего водоупора продуктивного горизонта, обычно в зоне установки фильтра, скважина может иметь меньший диаметр. Для бурения скважин ПВ, с учетом горно-геологических условий залегания месторождений и слагающих пород, представляющих в основном песчано-глинистые

отложения, применяют трехшарошечные долота типа М, МГ, МС, С (ГОСТ 20692-75 и ТУ 26-02-844-79) и лопастные долота (пикобуры как серийного производства, так и разрабатываемые и изготавливаемые непосредственно предприятиями ПВ). Выбор типа долота определяется эффективностью его работы в различных условиях для обеспечения наивысшей скорости бурения в режиме объемного разрушения породы либо режуще-скалывающего действия. Долота могут иметь обычную или гидромониторную промывку (Г).

Сооружение скважин ПВ с гравийной обсыпкой фильтра требует расширения прифилтровой зоны. Для этой цели используют расширители различных конструкций, изготавливаемые на предприятиях ПВ. Диаметр расширенной зоны обычно составляет 269-295 мм.

Рациональную частоту вращения, так же как и осевую нагрузку, следует выбирать с учетом свойств буримых пород и бурового оборудования. Обычно при бурении скважин ПВ диапазон изменения частоты вращения составляет 70-250 об/мин. Однако конструкция применяемых буровых установок не обеспечивает плавного регулирования частоты вращения.

При бурении скважин вынос продуктов разрушения осуществляется промывочной жидкостью (глинистым раствором) с различными параметрами в зависимости от буримых пород [10].

Основное назначение промывки — удаление продуктов разрушения; охлаждение породоразрушающего инструмента, обеспечение устойчивости стенок скважины и предупреждение кольматации пласта.

4.6 Вскрытие продуктивных горизонтов

Выбор и применение рационального способа вскрытия продуктивных горизонтов геотехнологических скважин — одна из важнейших и сложнейших проблем современной техники и технологии бурения. Качество вскрытия в основном определяется способом бурения продуктивного интервала и типом промывочной жидкости, применяемой при вскрытии. Можно привести много примеров из практики, когда производительность геотехнологических скважин, пробуренных на один и тот же продуктивный горизонт; резко различается. Очень часто водоносные горизонты вскрывают с использованием той же самой промывочной жидкости и по той же технологии, что и при бурении перекрывающих пород. В этом случае качество промывочной жидкости, удовлетворяя условиям проходки скважин в вышележащих интервалах, не обеспечивает чистоты и естественной проницаемости призабойной зоны продуктивного горизонта [11].

В последние годы уделяется большое внимание разработке эффективных способов вскрытия продуктивных горизонтов и освоению геотехнологических скважин, пробуренных роторным способом. Тем не менее на практике мы нередко имеем дело со значительным снижением проницаемости продуктивного горизонта в результате кольматации призабойной зоны частицами разрушенных горных пород и промывочной жидкостью. Это

приводит к снижению экономической эффективности буровых работ, росту их стоимости и уменьшению межремонтного срока эксплуатации скважин.

Исследованиями установлено, что увеличение проницаемости пород в прифильтровой зоне по отношению к проницаемости пласта в 10 раз приводит к увеличению расхода скважины с измененной проницаемостью прифильтровой зоны в радиусе 1 м в 1,73 раза. При ухудшении же проницаемости прифильтровой зоны в 10 раз расход снижается более чем в 4 раза. Поэтому технология бурения геотехнологических скважин должна определяться наиболее рациональной технологией вскрытия продуктивных горизонтов [11].

Кольматирующие вещества из призабойной зоны скважины, пробуренной с промывкой глинистым раствором, удаляют обычно прокачкой или совместно прокачкой и гидродинамическим воздействием (вибрацией, взрывом ТДШ, пневмовзрывом и т.п.). Однако даже при интенсивном гидродинамическом возбуждении скважины в редких случаях удается добиться хорошей очистки породы от кольматирующих частиц, что приводит к занижению ее производительности. Установка позволяла определять начальный естественный коэффициент фильтрации пород K_1 , производить динамическую и статическую кольматацию, возникающую при вскрытии образца, его раскольматацию при прокачке, осуществлять обработку закольматированного образца реагентными растворами с целью восстановления его проницаемости разрушением структуры кольматирующего вещества. После раскольматации измеряли измененный коэффициент фильтрации образца K_2 . На основании полученных данных рассчитывали коэффициенты восстановления проницаемости η [11]

$$\eta = K_2 / K_1 \quad (4.3)$$

Исследуемый продуктивный горизонт представлен мелкозернистыми песками с прослойками глин. Проницаемость песков от 0,05 до 3,8 м/сут, глубина залегания продуктивного пласта 150-180 м. Статический уровень расположен на глубине 60-100 м. Освоение скважин производится прокачкой эрлифтом при депрессии $P_d=0,1 + 0,3$ МПа. Значение репрессии находится в пределах 1,3—1,5 МПа. Среднее время вскрытия пласта 2,5-3 ч. Время контакта глинистого раствора с породой колеблется в пределах от 1 до 6 сут и более.

Растворы на полимерной основе уменьшали проницаемость пород до 1-37%. В исследованиях использовали растворы, приготовленные с помощью КМЦ, гипана и К-7, имеющие различные параметры. Так, растворы, приготовленные на основе КМЦ; отличались очень высокой вязкостью до $T=315$ с, низкими плотностью и водоотдачей; растворы на основе шпана имели повышенную вязкость, низкую плотность и очень высокую водоотдачу. Особенностью этих растворов, как и малоглинистых, является свободное проникновение их в поровое пространство исследуемой породы, в результате которого происходит образование кольматирующего осадка, плохо

поддающегося последующему разрушению и выносу при промывке.

Наиболее высоких показателей восстановления проницаемости удалось достичь при использовании раствора на основе К-7. По-видимому, депрессия, создаваемая при прокачке, обеспечивает вынос глинистых частиц в больших количествах, чем для других растворов.

При использовании раствора на основе гипана интенсивность восстановления проницаемости соответствует восстановлению проницаемости породы, заглинизированной нормальным глинистым раствором.

Промывочные жидкости на основе 3% КМЦ позволяли восстанавливать проницаемость до уровня образцов, закольматированных малоглинистыми растворами. После применения промывочной жидкости на основе 5% КМЦ образец стал практически водонепроницаемым (0,6% восстановления проницаемости).

Таким образом, как и в случае с малоглинистыми промывочными жидкостями, растворы на полимерной основе не дали положительных результатов при вскрытии пород продуктивных горизонтов, представленных мелкозернистыми песками. Основной вывод из проведенных исследований: главный фактор для максимального сохранения естественной проницаемости - сведение к минимуму времени контакта промывочной жидкости с вскрываемым горизонтом.

4.7 Монтаж и спуск эксплуатационных (обсадных) колонн

Спуск эксплуатационных (обсадных) колонн представляет первую и наиболее трудоемкую часть процесса крепления скважины [10,11].

Подготовительные работы включают проведение геофизических исследований для выявления зон сужений и уширений, пространственных перегибов ствола а также подготовку труб, буровой установки и самой скважины.

Данные геофизических исследований с учетом технического состояния ствола скважины позволяют установить объем и технологию подготовительных работ а также определить необходимое количество тампонажных материалов.

Непременное условие для спуска колонны до заданной глубины — устранение, сужений и уступов, образовавшихся при бурении, особенно в породах с перемежающейся прочностью. Это достигается проработкой и последующей калибровкой ствола скважины различными бурильными компоновками. При подготовке ствола предусматриваются меры, позволяющие снизить вероятность прихвата спускаемой колонны и повысить качество ее цементирования, к которым относятся дополнительная промывка скважины с обработкой бурового раствора реагентами и добавками, снижающими его вязкость и напряжение сдвига, а также очистка бурового раствора от шлама [11].

Трубы перед спуском в скважину подвергают тщательной контрольной проверке. Внешний вид и качество поверхности обычно контролируют

визуально сопоставлением контролируемой трубы с эталоном. На внутренней и наружной поверхностях труб не должно быть раковин, трещин, вмятин, расслоений и др.

Спуск обсадных и эксплуатационных полимерных колонн осуществляют, как правило, поочередным наращиванием и соединением отдельных труб в колонну над устьем скважины. Трубы эксплуатационной колонны, фильтры и отстойники соединяют с помощью резьбы и сварки, а при использовании труб из ПВХ применяют клеевые соединения.

4.8 Фильтры технологических скважин

Скважины являются основным звеном в техническом оснащении предприятий подземного выщелачивания, разрабатывающих гидрогенные месторождения проницаемых урановых руд [11]. Удельный вес затрат на бурение в стоимости единицы конечной продукции составляет 15 - 30% в зависимости от глубины залегания месторождения.

В свою очередь, фильтр является важнейшим звеном буровой скважины. От конструкции фильтра зависят дебит (приемистость) скважин и его стабильность; конструкция водоподъемных средств; межремонтный период погружных насосов; межремонтный период скважин; конструкция скважины; стоимость скважины и т.п.

Поэтому к фильтрам скважины на объектах подземного выщелачивания предъявляют особые требования. Фильтры должны быть стойкими к химически агрессивным средам, иметь достаточную механическую прочность, сохранять работоспособность в течение всего срока эксплуатации скважины, песковать в пределах допустимых величин, иметь фильтрующую поверхность, достаточную для пропуска требуемого количества раствора при возможных входных скоростях и сопротивлениях, и, наконец, иметь небольшую стоимость и невысокую трудоемкость изготовления. На полигонах ПВ используют фильтры различных конструкций, изготовленные, как правило, из полимерных материалов. Наибольшее распространение получили щелевые, каркасно-дисковые, аксиальные, гравитационные, ребристо-аксиальные и другие фильтры.

4.9 Закисление блока

На блоке, подлежащем отработке, осуществляется монтаж передвижной локальной закисляющей установки и обвязка блока трубопроводами. Устанавливаются контрольно-измерительные приборы для обеспечения баланса откачных и закачных растворов и поддержания заданной концентрации закисляющих растворов.

Растворы для закисления блоков готовятся в передвижных локальных закисляющих установках, в которых происходит смешение серной кислоты с пластовой водой до заданной концентрации. Приготовленные закисляющие растворы подаются в закачной коллектор и далее в закачные скважины самотеком.

Приготовление рабочих растворов производится следующим образом. Маточники сорбции, имеющие остаточную кислотность ($\text{pH} \approx 2$), после сорбционного передела доукрепляются серной кислотой до заданной концентрации.

Доукрепление производится в пескоотстойнике, который служит одновременно и уловителем твердых механических взвесей.

Для обеспечения нормального процесса ПВ и бесперебойной работы сорбционных напорных колонн продуктивные растворы осветляются от механических твердых взвесей в пескоотстойниках. Допустимое содержание твердых взвесей в растворах должно быть не более 20 мг/л. Отстойники сооружаются в грунте и покрываются кислотостойким гидроизолирующим материалом. Объем отстойников определяется в зависимости от производительности участков. Осветленные растворы насосами подаются на сорбционный передел.

5 Расчет основных геотехнологических параметров

5.1 Определение производительности скважин

Производительность пробуренной скважины определяется водозахватывающей способностью фильтра, которая зависит от диаметра фильтра, его длины и допустимой скорости фильтрации [10]

$$Q = D \cdot \pi \cdot L \cdot V_{\phi}, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad (5.1)$$

где Q - производительность скважины, $\text{м}^3/\text{сут}$;

D - наружный диаметр фильтра, мм;

L - длина фильтра, м;

V_{ϕ} – допустимая входная скорость фильтрации, м/сут.

Допустимую входную скорость фильтрации определяем по формуле С.К.Абрамова [11]

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{K_{\phi}}, \quad (5.2)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут;

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{7,0} = 124,34 \text{ м/сут.}$$

Определяем производительность скважины, подставляя значения

$$Q = 0,10 \cdot 3,14 \cdot 8,0 \cdot 124,34 = 312,34 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 13,0 \text{ м}^3/\text{час.}$$

При сооружении скважин и расчете их максимальной производительности, необходимо учитывать несовершенство скважин. Различают три вида несовершенства скважин:

- по степени вскрытия горизонта (C_1), которое зависит от отношения длины фильтра к мощности пласта;
- по характеру вскрытия (C_2), которое зависит от конструкций фильтров, устанавливаемых в пласте;
- по методу вскрытия (C_3).

Несовершенство скважины любого типа приводит к уменьшению ее дебита по сравнению с дебитом совершенной скважины.

Гидродинамическое несовершенство скважин характеризуется двумя параметрами: коэффициентом несовершенства и показателем несовершенства.

Коэффициент несовершенства скважин определяется по формуле [10]

$$\Delta = \frac{Q_{н.с.}}{Q_c} = \frac{\ln R/r_c}{\ln R/r_c + C}; \quad (5.3)$$

где $Q_{н.с.}$ – дебит несовершенной скважины;

Q_c – дебит совершенной скважины;

R_k – радиус контура питания;

r_c – радиус скважины;

C – показатель несовершенства скважины.

Показатели несовершенства определяется по графику: они равны $C_1=5$; $C_2=3$; $C_3=1$.

$$C=C_1+C_2+C_3=5+3+1=9; \quad (5.4)$$

Поставляя значение определяем коэффициент совершенства скважины:

$$\delta = \frac{\ln 3123/0,18}{\ln 3123/0,18 + 9} = 0,52$$

Определяем максимальный дебит откачной скважины с учетом коэффициента несовершенства скважины:

$$Q = 13,0 \cdot 0,52 \approx 7,0 \text{ м}^3/\text{час.}$$

5.2 Определение количества горнорудной массы

Определяем количество горнорудной массы (ГРМ) по следующей формуле [10,11]

$$\text{ГРМ} = S_{\text{блока}} \cdot \gamma \cdot M_э, \text{ тыс. т.} \quad (5.5)$$

где $S_{\text{блока}}$ – площадь проектируемого блока, м^2 , $S_{\text{блока}} = 24\,805$;

$M_э$ – закисляемая мощность продуктивного горизонта, м, $M_э = 5\text{м}$;

γ – объемный вес руды, $\text{т}/\text{м}^3$, $\gamma = 1,68$

Подставляя значения в формулу, определяем количество горнорудной массы

$$\text{ГРМ} = 24805 \cdot 1,68 \cdot 5 = 208\,362 \text{ т.}$$

Среднюю концентрацию металла по блокам за вес период определяем по следующей формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon \cdot m \cdot c}{f \cdot M_э} \cdot 10^4, \text{ мг/л;} \quad (5.6)$$

где ε - проектируемый коэффициент извлечения металла из недр, доли ед., 0,9;

f - отношение Ж:Т за весь период выщелачивания, включая стадию закисления, доли ед.;

M_9 - закисляемая мощность продуктивного горизонта, м;

m - средняя мощность выщелачиваемого рудного тела, м.;

c - среднее содержание полезного компонента в выщелачиваемом рудном теле, $c = 0,040$.

Подставляя значения в формулу, определяем среднюю концентрацию металла по блокам за вес период

$$C_{cp} = \frac{0,9 \cdot 5,0 \cdot 0,040}{1,5 \cdot 13,4} \cdot 10^4 \approx 90 \text{ мг/л.}$$

Суммарный дебит откачных скважин по блоку определяется по формуле

$$\sum Q_o = \frac{P}{C_{cp} \cdot T}, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (5.7)$$

где $\sum Q_o$ – суммарный дебит откачных скважин по блоку в целом, м³/час;

P - запасы полезного компонента по проектируемому блоку, т.;

T – расчетное количество рабочих часов в году, час/год.

Подставляя значения в формулу, определяем суммарный дебит откачных скважин по блоку в целом

$$\sum Q_o = \frac{46000}{90 \cdot 1500} = 34,1 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Количество одновременно работающих скважин определяется по формуле

$$N = \frac{Q}{q \cdot K_{исп}}, \text{ шт.}, \quad (5.8)$$

где q – величина расчетного дебита, м³/час, 2,5;

$K_{исп}$ – коэффициент использования скважины, доли ед., 0,9;

Подставляя значения в формулу, определяем количество одновременно работающих скважин по блоку

$$N = \frac{34,1}{2,5 \cdot 0,9} = 15 \text{ шт.}$$

5.3 Определение времени отработки блока и расхода кислоты

Время отработки блока определяем в зависимости от объема рабочего раствора и суммарного дебита откачных скважин [10].

Время отработки блока определяется по формуле

$$t = \frac{S \cdot M \cdot f \cdot \gamma}{\Sigma Q_o}, \text{ час,} \quad (5.9)$$

где S – площадь проектируемого блока, м^2 ;

M – закисляемая мощность продуктивного горизонта, м ;

γ – объемный вес руды, $\text{т}/\text{м}^3$;

f – отношение Ж:Т за весь период выщелачивания, включая стадию закисления, доли ед.;

ΣQ_o – суммарный дебит откачных скважин по блоку в целом, $\text{м}^3/\text{час}$.

Подставляя значения в формулу, определяем время отработки блока

$$t = \frac{24805 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 1,68}{34,1} = 9165,48 \text{ час} = 1,5 \text{ год.}$$

Определение потребного количества рабочего раствора для отработки блока производится по следующей формуле

$$V_c = \gamma \cdot S_{\text{плоч}} \cdot M \cdot f, \text{ м}^3. \quad (5.10)$$

Подставляя значения в формулу, определяем количества рабочего раствора для отработки блока

$$V_c = 1,66 \cdot 24805 \cdot 5 \cdot 1,5 = 308\,822,25 \text{ м}^3.$$

Потребная масса серной кислоты определяется по следующей формуле

$$D_{\text{кис}} = \frac{q_{\text{кис}} \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot m \cdot c \cdot S}{100}, \text{ т,} \quad (5.11)$$

где ε – проектируемый коэффициент извлечения металла из недр, доли ед.;

m – средняя мощность выщелачиваемого рудного тела, м ;

c – среднее содержание полезного компонента в выщелачиваемом рудном теле;

S – площадь проектируемого блока, м^2 ;

γ – объемный вес руды, $\text{т}/\text{м}^3$;

$q_{\text{кис}}$ – удельные затраты реагента на извлечение единицы полезного компонента, $\text{кг}/\text{кг}$.

Подставляя значения в формулу, определяем потребную массу серной кислоты для отработки блока

$$D_{\text{кис}} = \frac{60,5 \cdot 0,9 \cdot 1,68 \cdot 5,0 \cdot 0,040 \cdot 24805}{100} = 4538 \text{ т.}$$

Таблица 5.1 - Геотехнологические показатели проектируемого блока

Количество рядов	Количество скважин				ГРМ блока, тыс. тонн	Запасы, тонн	Время отработки блока, при ж/т=1,5
	Отк.	Зак.	Набл.	Реверс.			
3	6	22	2	2	208 362	46	1,5

6 Эксплуатация месторождения

6.1 Отработка блока

Период отработки эксплуатационного блока подразделяется на две стадии – активное выщелачивание и довыщелачивание блока [10,11].

Стадия активного выщелачивания представляет собой процесс массового перехода металла в раствор и перенос его продуцирующими растворами к разгрузочным скважинам, при этом концентрация кислоты в рабочих растворах устанавливается в зависимости от карбонатности руд и вмещающих их пород.

При содержании карбонатов до 1,5 % по CO_2 извлечение металла из недр до 70-80 % производится сернокислыми растворами с содержанием кислоты 15-20 г/л, при этом кислотность откачных растворов необходимо поддерживать на уровне рН около 2,0 увеличивая кислотность закачных растворов в случае повышения рН откачных растворов и наоборот.

С целью интенсификации процесса ПВ в период активного выщелачивания целесообразно повышение окислительно-восстановительного потенциала до 460 и более мВ путем применения окислителей.

Выщелачивание металла осуществляется оборотными растворами, доукрепленными после процесса сорбции, а также доукрепленными непродуктивными растворами, откачиваемыми из закисляющихся блоков. Как и в процессе закисления блоков, в период активного выщелачивания особенно строго должно соблюдаться гидродинамическое равновесие как по отдельным эксплуатационным блокам, так и по залежи в целом [10].

Гидродинамическое равновесие по эксплуатационным блокам поддерживается по данным расходомеров.

Доработка эксплуатационного блока – это период времени, относящийся к завершающей стадии работ по добыче металла, характеризующиеся резким снижением содержания металла в продуктивных растворах после отработки 70-80 % запасов металла в недрах.

Отработку блока следует считать завершённой при устойчивом снижении концентраций металла ниже бортового содержания.

6.2 Транспортировка растворов

Для транспортировки продуктивных и выщелачивающих растворов проектами принят трубопроводный транспорт.

Расчет трубопроводного транспорта производится из условий:

- часовая производительность блока 34,1 м³/ч со средним содержанием урана в растворе 90 мг/л;

- минимальное давление ВР на устье закачной скважины 0,1 МПа.

Продуктивные растворы из откачных скважин погружными насосами по шлангам ПНД 40, рядным трубопроводам из труб ПНД 160 и сборному трубопроводу из труб ПНД D 315 мм подаются на участковую насосную станцию, откуда перекачивается насосами 5ГРВ по магистральным трубопроводам ПР н/ст. Ø 530 мм поступает в пескоотстойник ПР, расположенную на промплощадке. Далее ПР подаются в цех переработки растворов, оттуда в пескоотстойник ВР.

Для перекачки выщелачивающие растворы из пескоотстойника ВР выбираем по технической характеристике насос 14НДС-15К.

В ТУЗе растворы подкисляются до требуемой концентрации и по рядным трубопроводам из труб ПНД 160 и шлангам ШАП-50 под давлением 0,1 МПа подаются в закачные скважины.

6.3 Раствороподъем

В качестве средств подъема растворов на проектируемом блоке используется электропогружные центробежные насосы немецкой фирмы SP 5A-21N фирмы «GRUNDFOS», со шкафом управления.

Технологическая характеристика погружного насоса SP 5A-21N:

- подача, м ³ /час	4,5;
- напор, м	130;
- мощность электродвигателя, кВт	2,2;
- напряжение, В	380;
- длина, мм	1214;
- диаметр, мм	101.

Откачная скважина должна соответствовать требованиям следующих технических условий:

- конструктивные элементы скважин должны быть коррозиоустойчивыми по отношению к 5-10%-ному раствору серной кислоты. Температура откачиваемого раствора в скважине при эксплуатации насосов не должна превышать 50°. Значение сухого остатка раствора должно находиться в пределах 30-80 г/л;

- эксплуатационная колонна не должна иметь вмятин, трещин, разрывов и других нарушений;

- внутренний диаметр эксплуатационной колонны скважин должен быть при диаметре насосов «4» – 110/120 мм;

- значение дебита скважины должно находиться в рабочей области по подаче эксплуатационного насоса. При этом содержание механических примесей в откачиваемых растворах должно быть не более 0,1 г/л.

7 Восстановление дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1»

7.1 Кольматация фильтров скважин и методы восстановления производительности

Процесс кольматации сопровождается резким падением производительности технологических скважин и эффективности процесса выщелачивания, и как следствие снижением добычи урана в подземном выщелачивании урана из рудных тел в их естественном залегании [15,16].

Ремонтно-восстановительных работах, при химической обработке скважин наиболее часто применяется солянокислотная обработка пластов, представленных карбонатными породами и промывка химическими жидкостями и глинистыми растворами.

Основное свойство глинистого раствора - его способность превращаться в малоподвижную студнеобразную массу, так называемую гелем.

Такое состояние раствора химической обработки позволяет удерживать частицы горных пород во взвешенном состоянии [16]. Приложение внешней силы к раствору вызывает его переход в жидкое текучее состояние. Способностью застудневать обладает раствор частицы, которого хорошо смачиваются промывочной жидкостью т.е гидрофильностью. Уменьшение водных оболочек или их отсутствие вызывает слипание частиц и последующее растворение в растворе.

Процесс образования качественного раствора химической обработки в технологической скважине заключается в следующем. Кольматирующие частицы в растворе имеют плоскую, чешуйчатую форму и растворяясь в растворе, перемещаются по закону броуновского движения. Каждая частица имеют гидратной оболочки и иона облако, обуславливающие проявление электрических сил отталкивания. Если контакт частиц осуществляется по торцевым поверхностям, то произойдет их слипание, а через некоторое время – и образование сплошной структуры из глинистых частиц по всему объему раствора. При этом основная масса растворов (реагентов) химической обработки скважин связана с кольматирующими частицами в виде гидратационных оболочек и заключена в ячейках образовавшейся структуры раствора. Кольматирующие химические вещества, находящихся в растворе, оказываются заключенными в ячейках его структуры и удерживаются во взвешенном состоянии. Таким образом, прочность структуры раствора при прекращении его циркуляции обеспечивает чистоту фильтров призабойной зоны скважин (ПЗС).

Качество растворов (реагентов) химической обработки определяется следующими параметрами:

- плотностью и вязкостью;

- стабильностью;
- статическим напряжением;
- суточным отстоем:
- водородным показателем.

Суточный отстой определяется объемом чистой воды, отделившейся из раствора, находящегося в спокойном состоянии в течение 21 ч, и характеризует коллоидальность химического раствора.

Конкретные геологические условия проходки скважин вызывает необходимость регулировать свойства растворов с целью обеспечения высокой растворяющих свойств и ликвидации осложнений. Для этого растворы обрабатываются химическими реагентами, которые делятся на электролиты и защитные коллоиды. При этом действие электролитов на раствор заключается в изменении концентрации ионов, от которой зависит электрический заряд коагулирующих частиц и толщина окружающих их ионных оболочек. Это приводит к изменению структурных свойств химических растворов при химической обработке. Наиболее распространенными электролитами являются кальцинированная сода (Na_2CO_3), каустическая сода (NaOH), натрий фосфат (Na_3PO_4).

Процессе обработки скважин необходимо все время поддерживать оптимальную свободную концентрацию реагентов в растворе путем периодического добавления их. Обработка глинистого раствора реагентами ведется двумя этапами. В первом этапе (при первичной обработке) преследуется цель получить раствор с новыми заданными качествами: с наименьшей фильтрацией, высокой стабильностью и небольшой вязкостью. При получении утяжеленных растворов первичная обработка ведется одновременно с его утяжелением. Раствор с реагентом попадает по желобу в приемный чан насоса и там тщательно перемешивается, а затем закачивается в запасную емкость или скважину. Обработка ведется до тех пор, пока раствор по всему объему не будет иметь требуемых показателей. Во втором этапе (при вторичной обработке) ставится задача поддержать полученные свойства глинистого раствора (плотность, вязкость, стабильность и др.). В процессе бурения изменяется главным образом вязкость раствора, которая повышается в связи с увеличением концентрации частиц твердой фазы за счет выбуренной породы. Снижают вязкость добавлением воды в раствор, выходящий из скважины. Чтобы не получить резкого снижения вязкости и не вызвать выпадения в осадок утяжелителя, вода добавляется по ранее сообщенному режиму. Одновременно добавляется и реагент, но по количеству в 5 раз меньше, чем при первоначальной обработке. Если при этом значительно снижается плотность, то следует добавить и утяжелитель. При работе с утяжеленными, химически обработанными растворами буровая должна быть обеспечена утяжелителем и соответствующими реагентами. Колебания плотности раствора нежелательны. Определение необходимого количества реагентов, добавляемых к раствору для придания ему нужных свойств, осуществляется исходя из рекомендуемой концентрации. При этом наиболее

удобно выражать массовую концентрацию в процентах твердого вещества к объему обрабатываемого раствора или промывочной жидкости.

В связи с тем, что большинство реагентов используются в виде водных растворов, при расчетах следует учитывать добавочное количество воды, попадающей в обрабатываемый раствор. Это обстоятельство следует учитывать и при обработке раствора несколькими реагентами.

Использование загрязненных растворов для химической обработки скважин вызывает сальникообразование, приводит к образованию толстой рыхлой корки на стенках скважин. Поэтому очистка химических растворов является непременным условием некачественной очистки от кольматантов скважин.

Существуют физико-химические, механические, гидравлические и комбинированные методы очистки.

Физико-химические методы очистки основаны на введении в раствор флокулянтов, коагуляторов и разбавителей. В результате происходит флокуляция и коагуляция частиц из раствора. А механическая способ очистки с помощью вибрации заключается в направлении раствора на сито, которое приводит в высокочастотные колебания с помощью вибратора. А результате структура его разрушается, и крупные частицы выпадает из раствора. Гидравлические методы очистки основаны на использования центробежных сил, возникающих в гидроциклонах и пентрифугах при прокачке через них загрязненной жидкости. В результате крупные частицы отбрасывается к стенкам этих устройств и через специальные насадки.

7.2 Восстановление дебита технологических скважин

Для интенсификации получения продуктивного раствора требуется высвобождение прифилтровой зоны (ПФЗ) скважин от кольматантов различными методами ремонтно-восстановительных работ (РВР) [15]. В дипломном проекте рассмотрены комплексные методы разрушения агрегатов кольматационных отложений и освобождения ПФЗ с целью восстановления и повышения производительности геотехнологических скважин.

К таким методам относятся: технологическая прокачка (Тпр), химическая обработка реагентами (Х/О), пневмо-импульсная обработка (ПИО), пневмосвабирование (ПНСВ), промывка гидроершом (ПГ), проливка выщелачивающими растворами (ПВР).

В процессе эксплуатации геотехнологических скважин при откачке продуктивных растворов в прифилтровых зонах происходят химические реакции, и скважины подвергаются кольматации (химическая, механическая, газовая) [15,16]. Обследование фильтров показало, что для месторождений рудника «Хорасан-1» характерны химическое и механическое виды кольматации.

Проведенные исследования на руднике показала, что наибольший эффект достигается при использовании следующего комплекса работ: химическая обработка реагентами, суточная выстойка, продавка выщелачивающими растворами в продуктивный горизонт, технологическая прокачка эрлифтом. Схема эксперимента при технологической прокачке прифильтровой зоны представлена на рисунке 7. 2.

Используемые методы РВР: химическая обработка+технологическая прокачка; электровзрывная обработка.

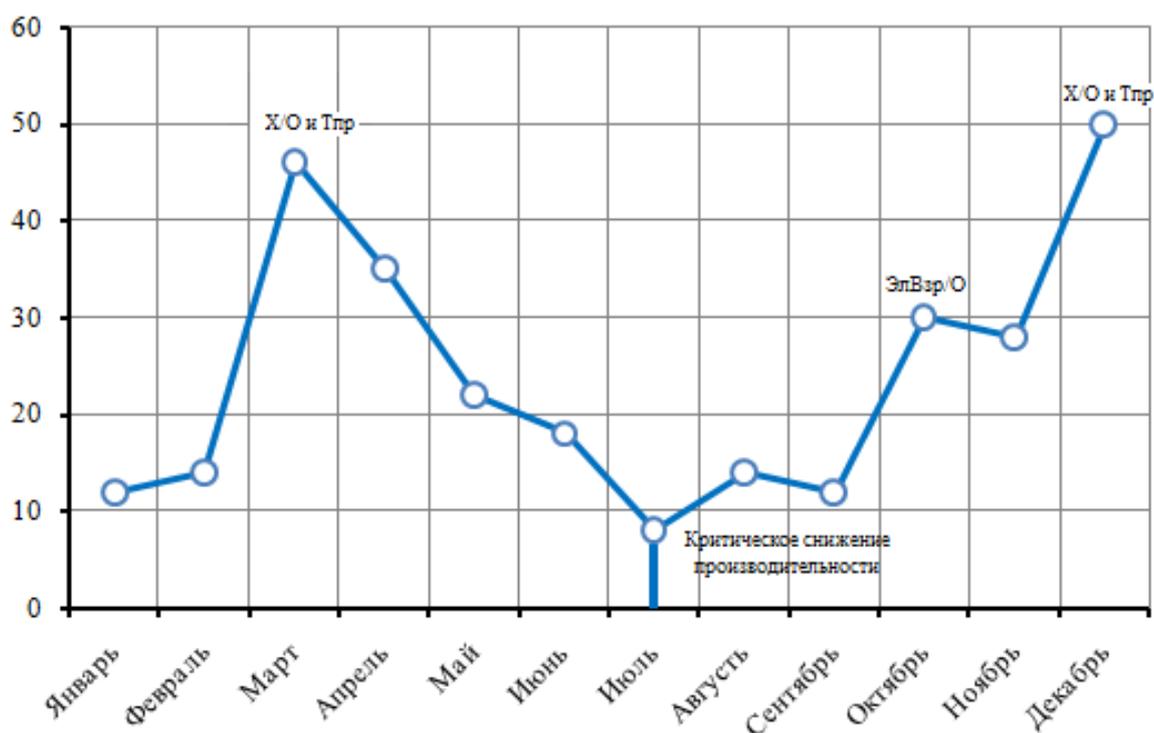


Рисунок 7.2 - График добычи урана в скважине 30-6-2

Эмульсионные растворы представляют дисперсные системы, состоящие из 2-х или нескольких жидких фаз, причем одна находится в другой в виде изолированных капелл. Эмульсионные промывочные жидкости скважин обычно состоят из воды, смазывающего вещества и эмульгатора, являющегося поверхностно-активным веществом.

Наиболее широко применяется следующие виды специальных растворов (реагентов) химической обработки. Солевые химические жидкости является водными растворами солей NaCl , KCl , CaCl_2 . Для химической обработки карбонатных пород применяют соляную кислоту, смесь соляной и фтористоводородной кислот, получившей название «глинокислота» [15].

Известковые и меловые растворы обладают высокой стойкостью, уменьшают диспергирование глинистых частиц, содержащих в стенках скважин, образуют тонкую корку, удаляемую при соляно-кислотной химической обработке.

Соляно-кислотные химическая обработка скважин увеличивают проницаемость призабойной зоны, восстанавливая ее коллекторские свойства за счет растворения солей, а также расширения каналов фильтрации.

8 Безопасность и охрана труда

Разработка раздела «Охрана окружающей среды» выполнена в соответствии с пособием по «Охране окружающей среды к СНиП РК № 3.01-01-2002».

В нормальном режиме ВЛ не загрязняет атмосферу, почву и водоемы. В аварийном режиме проектом предусмотрено автоматическое отключение ВЛ-35 кВ релейной защитой без вмешательства обслуживающего персонала. Сведения по воздушным ЛЭП приведены в приложении Г.

Для защиты птиц от поражения электрическим током на ВЛ с металлическими опорами, проходящими в населенной местности, устанавливаются защитные устройства, а опоры заземляются.

Для содержания нормальной экологической среды предусмотрено выполнить следующие виды работ при монтаже ВЛ-35 кВ:

- а) планировка площадок и восстановление растительного слоя;
- б) вывоз лишнего грунта, строительного мусора на свалку, а оставшиеся опоры, фундаменты, провода на склад [17].

8.1 Защита от коррозии

Гидроизоляция железобетонных фундаментов металлических опор предусматривается обмазкой битумом подземной части и на 0,6м выше поверхности земли.

Гидроизоляция выполняется заводом-поставщиком. В соответствии со СНиП РК № 3.01-01-2002, металлические опоры и конструкции железобетонных опор покрываются лаком БТ-577 на заводе-изготовителе. Защита металлических опор от коррозии выполняется оцинковкой опор.

9 Технико-экономическая часть

Производственная деятельность рудника подземного выщелачивания рядом особенностей трудового процесса [18].

Во-первых, диапазон воспроизводимых работ отмечается широким спектром, таких как химико-технологическая переработка продуктивных урансодержащих растворов и погрузочно-разгрузочные работы с транспортировкой.

Во-вторых, необходимость соблюдения правил техники безопасности при работе с опасными веществами.

Представляется целесообразным объединить весь спектр работ под одно управление. Непосредственное оперативное руководство осуществляет администрация рудника [18].

Для рудника принимается линейно-функциональная структура подчинения.

Расчет технико-экономических показателей проекта приведен в приложении Д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании изучений характеристики геотехнологических свойств руды и рудовмещающих пород и технико-экономических сравнении расчетов в дипломном проекте можно принимать следующие вывод, что отработку месторождения Хорасан-1 необходимо производить способом подземного скважинного выщелачивания.

Чтобы, эксплуатационные затраты на процессы, связанные с добычей урана на месторождении, могло составлять конкуренцию ценам рыночного отношения, проектом принято вскрытие продуктивного горизонта по рядной схеме. Принятое способ вскрытия обеспечивает все оптимальные решения для условий проектируемого рудника способом ПСВ урана.

В специальной части проекта рассмотрены вопросы восстановление дебита технологических скважин в условиях рудника «Хорасан-1». Изучены причины снижения производительности работы технологических скважин. Для снижения механической и химической кольматации фильтров откачных скважин в дипломном проекте рекомендованы электрогидравлические и химические методы обработки скважин.

В подготовительной части полигона к эксплуатации определено время отработки блока и расхода кислоты. Произведены, расчеты основных геотехнологических параметров рудника.

Производственная и экологическая безопасность, охрана труда при отработке месторождения, также изложены и приведены в пояснительной записке дипломного проекта.

Технико-экономической части проекта рассчитано себестоимость добычи 1 т урана методом ПСВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Оценка воздействия на окружающую среду на рабочий проект «Разработка проекта геотехнологического полигона рудника «Хорасан-1» ТОО «СП «Хорасан-У (Хорасан-У)» на 2021 год Жанакорганского района Кызылординской области», г.Кзылорда, 2021.

2. Язиков В.Г., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001.

3 Вершков А.Ф., Флёров И.А., Шишков И.А. Рабочий проект на проведение геологоразведочных работ на месторождении Хорасан. – Алматы, 2006. – 420 с.

4 Петров Н.Н., Язиков В.Г. и др. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные). – Алматы: Билим, 1995. – 301 с.

5 Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнических свойств руд и геотехнологических условий урановых месторождений гидрогенного типа. Проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 213 с.

6 Подземное выщелачивание полиэлементных руд / Под редакцией Н.П.Лаверова. М.: Изд. Академии горных наук, 2008.

7 Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана. Алматы, 2006. -223 с.

8 ДСП-7121. Инструкция по эксплуатации гидрогенных месторождений, обрабатываемых методом ПВ. Часть 1.-2011 г.

9 Брылин В.И. Технология бурения и оборудование эксплуатационных скважин при отработке месторождений урана методом подземного выщелачивания: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 211 с.

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

11 Язиков В.Г. Оптимизация систем разработки пластово-инфильтрационных месторождений урана подземным выщелачиванием через скважины // автореферат. – М., 2001.

12 Нетбаев А.Б. Исследование закономерностей образования кольматанта в призабойной зоне технологических скважин. Маг.дисс. Алматы, 2019.

13 Башкатов А.Д. Сооружение высокодебитных скважин. – М.: «Недра», 2010 -109с.

14 Зинченко В.М., Шапорев А.М., Забазнов В.Л. и др. Основные проблемы и возможные пути восстановления производительности геотехнологических скважин на месторождении Канжуган. //Сборник докладов III Международной

научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». - Алматы: НАК «Казатомпром», 2005.-578 с.

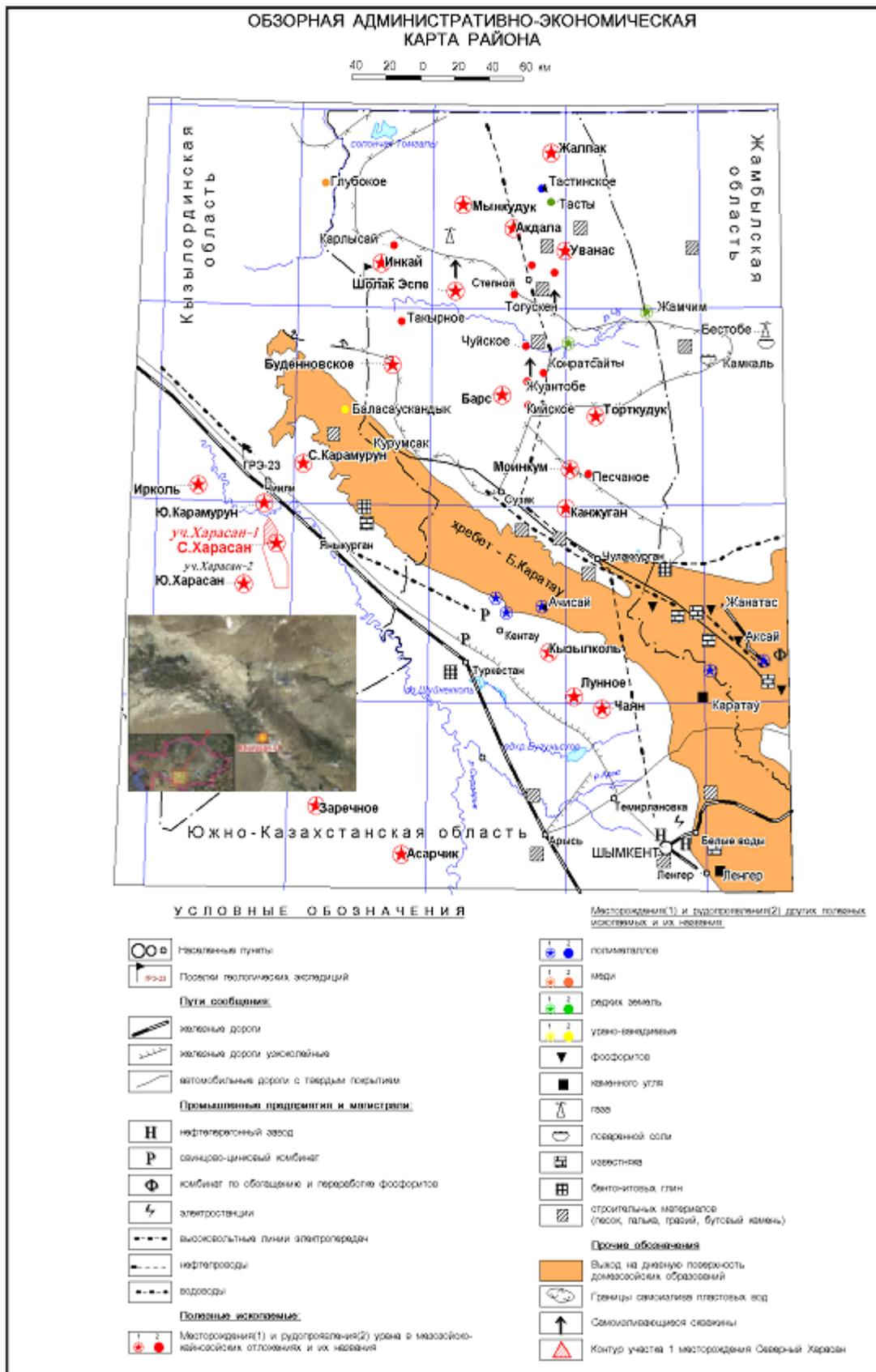
15 Дорошенко А.А., Белкина В.А., Касов М.А. "Обоснование геологических критериев оценки ожидаемой эффективности акустического воздействия в нефтяных скважинах", "Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений", № 4, 2010.

16 И.А.Ефимова "Оценка успешности акустической обработки призабойной зоны нефтяного пласта на основе данных геофизических и гидродинамических исследований", Труды ВНИИ, вып. 113, 2011, с. 97-100)

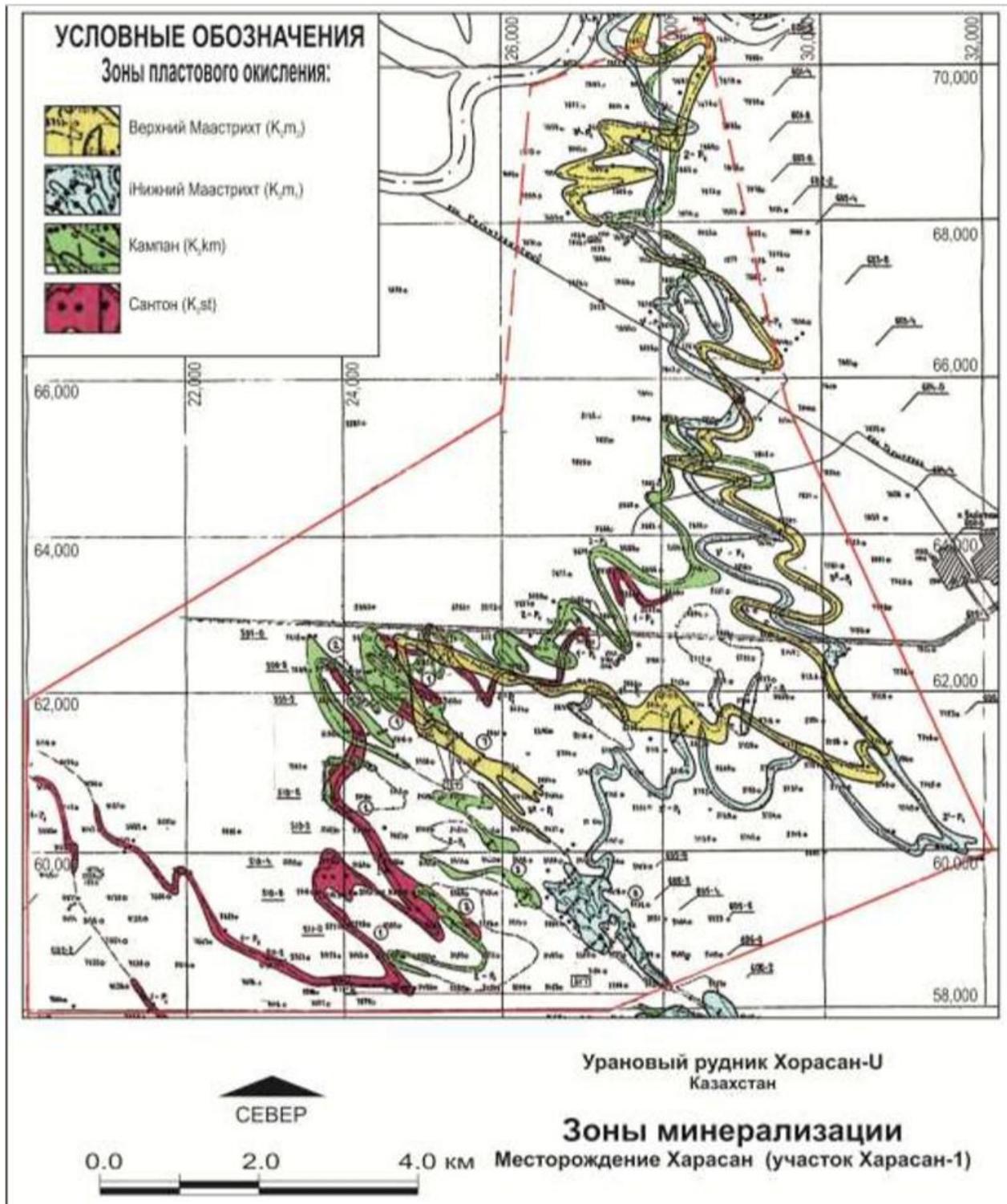
17 Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности". Постановление Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 года.

18 Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий методом подземного выщелачивания СТО СРО-П 60542948 00033-2019. М: 2019.

Масштаб: 1:50000



Обзорная административно-экономическая карта района



Зоны минерализации месторождения

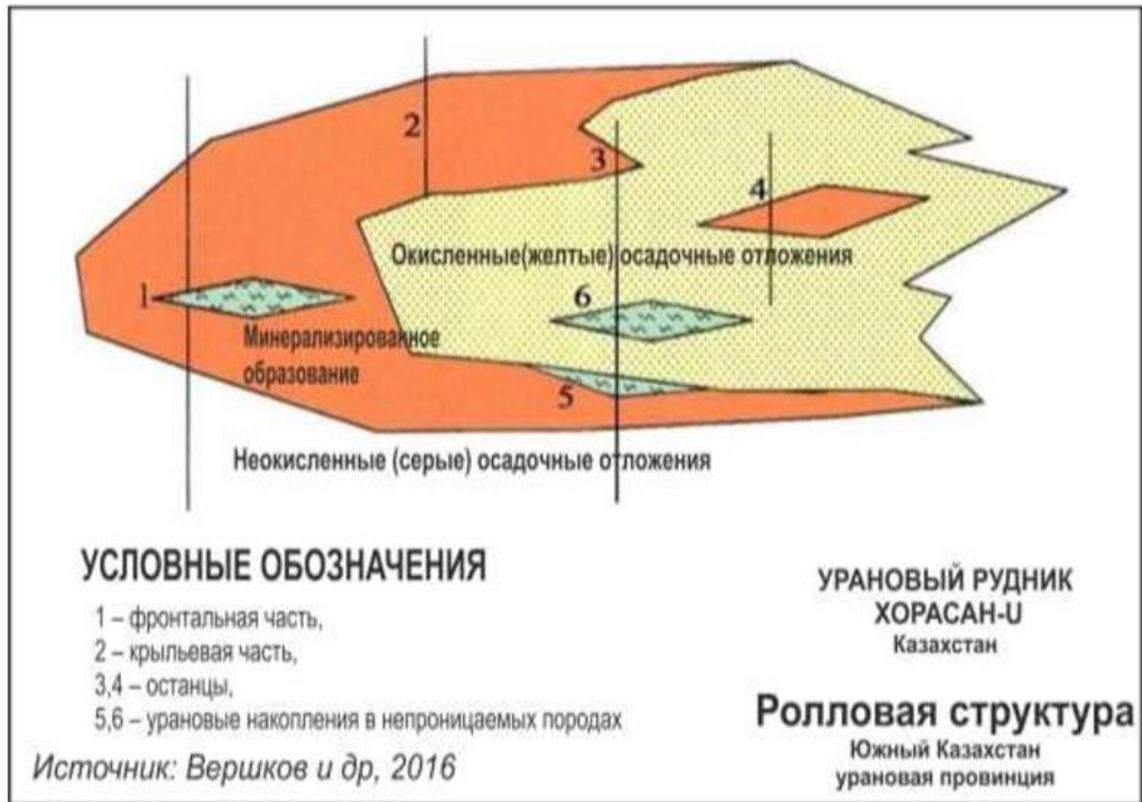
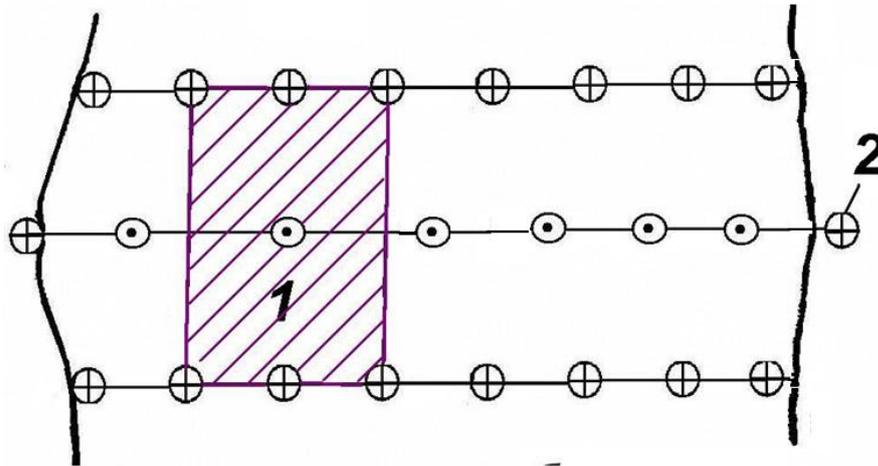


Схема продольного разреза основной структуры роллового фронта минерализованного образования



Линейные системы расположения скважин

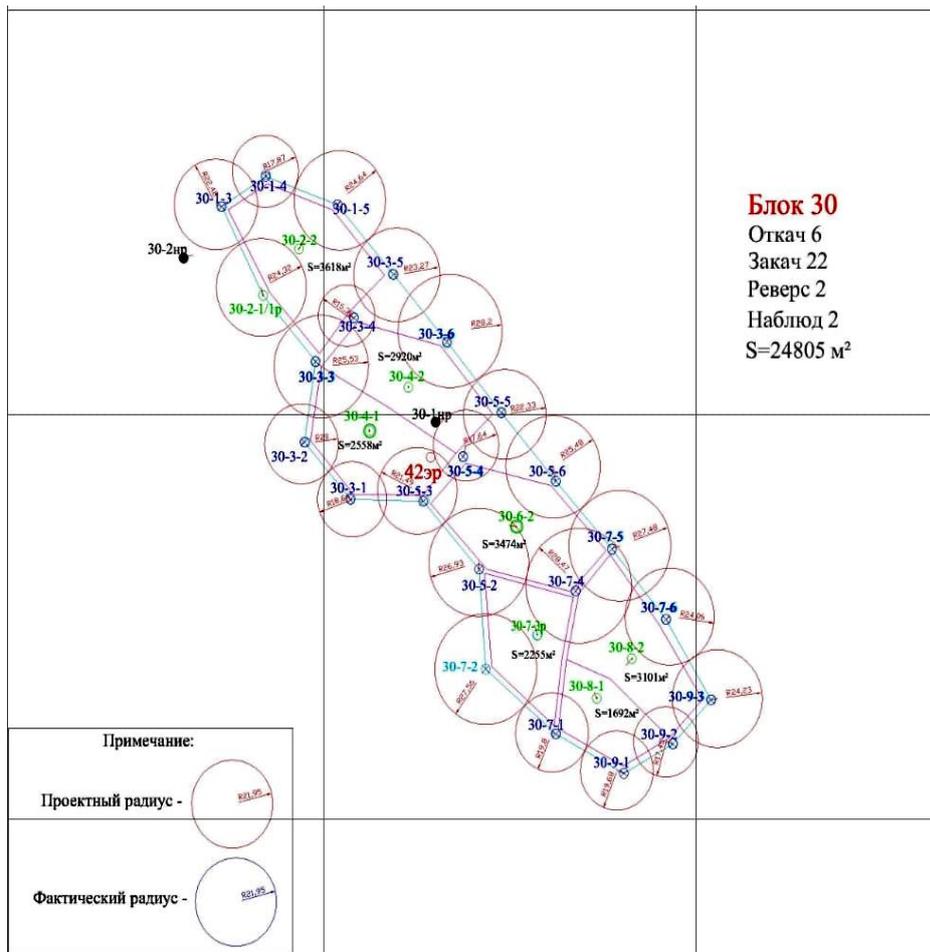
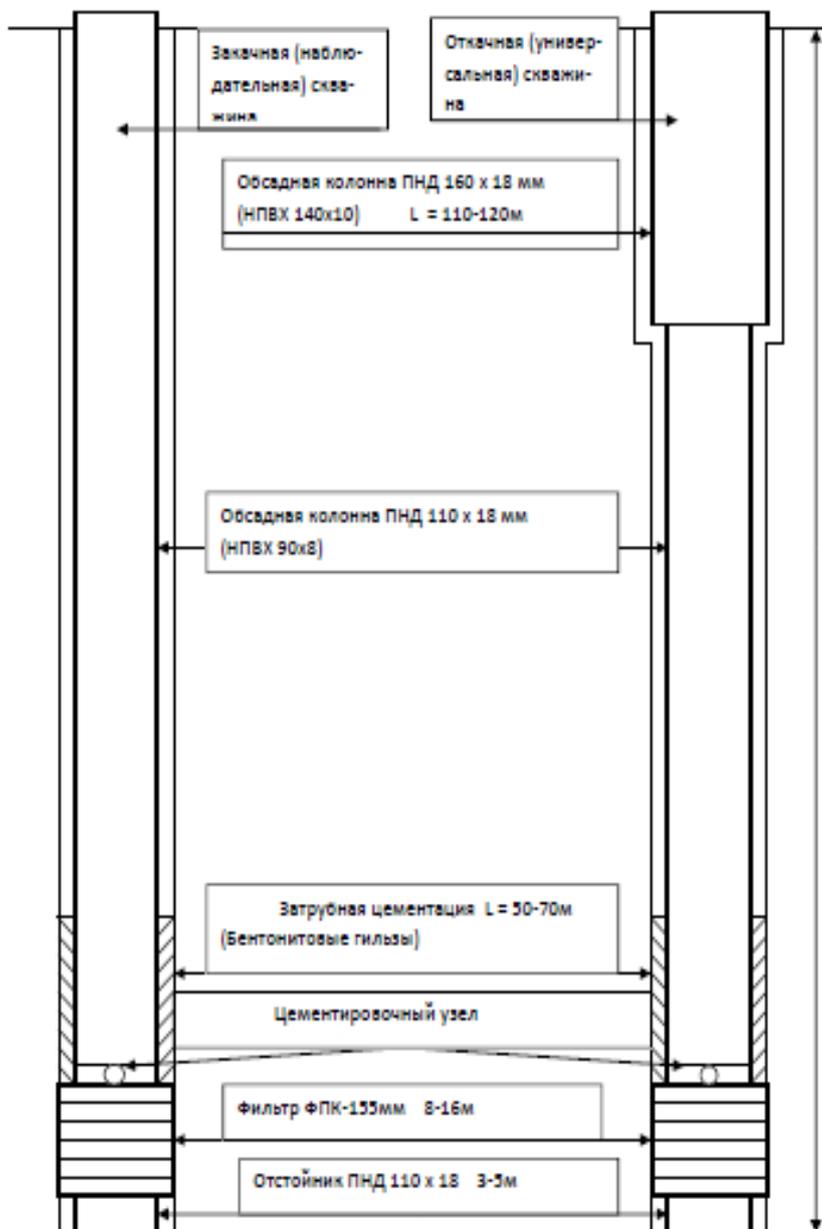


Схема расположения скважин в блоке



Типовая конструкция технологических скважин

Сведения по воздушным линиям электропередачи

Напряжение, кВ	Суммарная длина линий, км	Количество линий, шт	Средняя длина линий, км	Максимальная длина линий, км
110	390	4	97,5	85
35	182,65	3	60,9	120
6ВЛ	103,8	14	7,4	16
6КЛ	74	36	2,1	2,4
0,4ВЛ	16,2	4	4,05	4,5
0,4КЛ	28	49	0,57	750

9 Технико-экономические показатели рудника

9.1 Капитальные вложения

Требуемые капитальные вложения затраты по руднику ПСВ определены сметным расчетом с учетом действующих документов и нормативных требований по ценам на оборудование, предоставленным заводами-изготовителями, а также по строительному объему зданий и сооружений.

Региональный курс конвертируемой валюты в целом по проекту принят из расчета 1 доллар США – 430 тенге.

Капитальные затраты по площадке 1 складываются из следующих элементов в ценах 2006г:

- капитальных затрат на объекты подсобного и обслуживающего назначения (ТУПРР, УПВР и т.д.) - 65940,6 тыс. тнг;
- капитальных затрат на объекты энергохозяйство - 21365,52 тыс. тнг;
- капитальных затрат на объекты транспортного хозяйства и связи - 3240,20 тыс. тнг;
- капитальных затрат на наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения -82152,24 тыс. тнг;
- временные здания и сооружения - 6368,58 тыс. тнг;
- дополнительные затраты на строительство - 8127,45 тыс. тнг

9.2 Смета затрат на производство

При расчете годовых эксплуатационных затрат приняты нижеследующие данные:

- единичные стоимости на эксплуатационные ресурсы и реагенты приняты на основании данных НАК «КАЗАТОМПРОМ»;
- топливо определяется суммой потребности котельной, дизель-генератора, автомобильного транспорта;
- прочие и непредвиденные расходы рассчитываются в размере 10% от учтенных в смете затрат;
- расчеты амортизационных отчислений произведены в соответствии с нормативными документами (без учета НДС и затрат на единовременную загрузку);
- на охрану труда, технику безопасности для укрупненных расчетов расходы принимаются в размере 25% от фонда заработной платы;
- отчисления на социальный налог – 20%;
- цена 1 т кислоты (92,5%) с учетом хранения и доставки принята в размере 38,5 \$;
- стоимость 1 т аммиачной селитры с доставкой принята 310,4 \$;
- стоимость 1 т каустической соды с доставкой принята 458,15 \$;

- в расчетах себестоимости затраты на бурение, обсадку и освоение скважин (ГПР) учтены в размере 3,25 \$ на 1 кг урана
- затраты на ликвидационно-рекультивационные работы по окончании отработки участка будут определяться по отдельным проектам.
- административно-накладные расходы приняты в размере 3 % от суммы эксплуатационных расходов.
- бытовые и накладные расходы приняты в размере 2,5 % от суммы эксплуатационных расходов.

По категориям работающих среднегодовая заработная плата принята по данным НАК «КАЗАТОМПРОМ» и составляет:

- ИТР - 2800 \$
- основные рабочие - 2100 \$
- МОП - 1300 \$

Услуги сторонних автотранспортных предприятий приняты в размере 0,20 \$ за т/км. Плата за загрязнение окружающей среды принята согласно расчетам 8315290 тт/год.

Калькуляция на получение 100 т. урана в год в виде химконцентрата урана «желтого кека» определена по статьям затрат.

Калькуляция и смета затрат

Статьи затрат	Ед. изм.	Цена за единицу, тг	Затраты	
			Количество	Сумма, тыс. тг
Вспомогательные материалы (включая транспортные услуги)				400 142,65
Серная кислота (мнг)	т	3 240,00	39200	127 008,0
Ионообменная смола	м ³	650 420,00	28,4	18 471, 92
Селитра аммиачная	т	34 650,00	2115	90 956, 25
Каустическая сода	т	52 560,00	540	28 382, 40
Сетка н/ст	м ²	3 250,00	450	1 462,500
Фильтровальная ткань лавсановая	м ²	520,2	580	301 716,0
Фильтровальная. ткань «Бельтинг»	м ²	405,50	650	263 575,0
Итого				1 231 714,72
Прочие материалы, 10%				123 171,47
Энергозатраты				46 883,29
Электроэнергия	МВт/ч	2800,00	18075	50 610,00
Зарплата рабочих, служащих, техников		685700,00	157	107 654,900
Социальный налог	тыс.тг	0,20	137140,00	27 428,00
Амортизация оборудования	тыс.тг	0,15	102855,00	15 428,28
Охрана труда (25% от ФЗП)	тыс.тг			35 675,55
Плата за загрязнение окр. среды	тыс.тг			585,47
Плата за складирование отходов	тыс.тг			845,60
Всего затрат	тыс.тг			1 639 997,56

9.3 Основные технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели, характеризующие, работу рудника по выпуску 300 т урана в год представлены в таблице.

Основные технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателя
Мощность предприятия, годовой выпуск продукции	т. U	300 т
Прибыль	\$ /т.	625
Рентабельность	%	22
Срок окупаемости	лет	9
Коэффициент застройки промплощадки	%	33,1
Общая численность работающих	чел	157
Себестоимость добычи 1 т	\$/т	16 400