

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела
Кафедра горного дела

Ғизат Еркебұлан Нұрлыбекұлы

Разработка проекта подземно-скважинного выщелачивания уранового
месторождения Западный Мынкудук

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В070700 – Горное дела

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра горного дела

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ГД
Канд. техн. наук, доцент
_____ Рысбеков Б.К.
“ ___ ” _____ 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: "Разработка проекта подземно-скважинного выщелачивания
уранового месторождения Западный Мынкудук"

по специальности 5В070700 – Горное дело

Выполнил

Ғизат Е.Н.

Научный руководитель
доктор тех.наук, профессор
_____ Юсупов Х.А.
“ ___ ” _____ 2020 г

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра горного дела

5B070700 – Горное дело

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД

Канд. техн. наук, доцент

_____ Рысбеков Б.К.

“ ___ ” _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Физат Еркебулан Нұрлыбекұлы

Тема: Разработка проекта подземно-скважинного выщелачивания уранового месторождения Западный Мынкудук.

Утверждена приказом Ректора Университета № 762-б от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы: «18» мая 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе: горно-геологические характеристики месторождения.

Краткое содержание дипломной работы:

а) общие сведения и геологическая характеристика месторождения Западный Мынкудук, выбор систем вскрытия рудного тела, бурение и сооружения скважин;

б) виды кольматации, ремонтно-восстановительные работы, оседание и уплотнение частиц кольматанта в отстойнике;

в) экономическая часть: расчет затрат на горно-подготовительных работ, расчеты эксплуатационных расходов, определение экономических показателей;

г) радиационная безопасность и охрана окружающей среды: анализ опасных производственных факторов.

Перечень графического материала: представлены 10 таблиц, 9 схем, 4 приложения и 15 слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература: из 13 наименований.

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	19.03.2020 г.	
Горная часть	25.03.2020 г.	
Специальная часть	30.03.2020 г.	
Экономическая часть	05.04.2020 г.	
Радиационная безопасность	11.04.2020 г.	
Заключение	25.04.2020 г.	
Нормоконтроль	15.05.2020 г.	

Подписи

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

Наименования разделов	Консультанты Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Горная часть			
Экономическая часть			
Радиационная безопасность			
Нормоконтролер			

Научный руководитель _____ Юсупов Х.А.
подпись

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Физат Е.Н.
подпись

Дата " __ " _____ 2020 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның анықтама жобалық жазбасы 52 беттен, 10 кестеден, 9 сызбадан және 4 қосымшадан тұрады.

Дипломдық жобада Батыс Мыңқұдық уран кенорнын жерасты-ұңғымалық сілтілеу әдісімен өндіру жобасы қарастырылған.

Жобада кен денесін ашу схемаларының үш түрінің геотехнологиялық параметрлері есептеліп, оңтайлы ашу схемасы таңдалған. Технологиялық үрдістердің негізгі көрсеткіштері белгіленген.

Технологиялық ұңғыманы пайдалану кезінде сорғы құрылғысын дұрыс таңдау әдісі ұсынылған.

АННОТАЦИЯ

Справочно-проектная документация дипломного проекта состоит из 52 страниц, 10 таблиц, 9 схем и 4 приложений.

В дипломном проекте рассматривается проект разработки уранового месторождения Западный Мынкудук методом подземно-скважинного выщелачивания.

В проекте разработаны геотехнологические параметры трех видов схем вскрытия рудной залежи и принята оптимальная технологическая схема вскрытия залежи. Установлены основные показатели технологических процессов.

Рекомендована метод правильного выбора насосного оборудования при эксплуатации технологических скважин.

ANNOTATION

Project documentation of the diploma project consists of 52 pages, 10 tables, 9 diagrams and 4 applications.

The diploma project considers the project of development the Western Mynkuduk uranium deposit using the in-situ leach method.

The project developed the technological parameters of three types of ore deposit opening schemes and adopted the optimal technological scheme for opening the deposit. The main indicators of technological processes are established.

The method of correct selection of pumping equipment during the operation of technological wells is recommended.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
I Основная часть.....	10
1.1. Общие сведения о месторождений.....	10
1.2. Краткая геолого-геотехнологическая и гидрогеологическая характеристика объектов эксплуатации.....	13
1.3. Выбор систем вскрытия.....	15
1.4. Бурение и сооружение скважин.....	19
1.5. Подготовка блоков.....	21
1.6. Добыча урана.....	23
1.7. Генеральный план поверхности.....	24
II Специальная часть.....	25
2.1. Виды кольматации в технологических скважинах и способы их декольматации.....	25
2.2. Расчеты по оседанию разнодисперсных частиц кольматанта.....	28
III Социальная ответственность.....	32
3.1. Охрана недр.....	32
3.2. Радиационная безопасность и охрана окружающей среды.....	34
3.3. Рекультивация ореолов остаточных технологических растворов.....	35
IV Экономическая часть.....	37
4.1. Капитальные затраты.....	37
4.2. Стоимость горно-подготовительных работ блока.....	39
4.3. Эксплуатационные расходы блока.....	40
4.4. Экономическая эффективность.....	40
Заключение.....	42
Список литературы.....	43
Приложение А.....	44
Приложение Б.....	45
Приложение В.....	46
Приложение Г.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Объем и эффективность производства и потребления энергии в значительной степени определяет уровень развития страны и благосостояния ее населения в XXI веке. Растущий спрос дает энергетике особый характер как движок национальной экономики, без которого невозможно развитие другие отрасли народного хозяйства.

Дальнейший рост производства энергии, основанного на использовании органического топлива, наталкивается на ряд трудноразрешимых экономических, транспортных и экологических проблем: парниковый эффект, рост объемов и стоимости перевозок топлива, истощение запасов удобных для эксплуатации месторождений, выброс радиоактивных изотопов радона, полония, тория, калия и веществ - канцерогенов и т.д.

Альтернативой, позволяющей решить вышеотмеченные проблемы и обеспечивающей необходимый рост и совершенствование энергетической базы, является развитие атомной энергетики и непосредственно связанное с ней развитие урановой промышленности.[1]

На сегодня основными игроками на рынке урана являются те страны, на территории которых сосредоточены основные запасы урановой руды. Почти 90% запасов находится на территории 9 стран, в число которых входят Австралия, Казахстан, Канада, Россия, Намибия, ЮАР, Китай, Нигер и Бразилия. Для удовлетворения растущих потребностей в урановой продукции, в настоящее время широко применяется технология подземно-скважинного выщелачивания.

Подземно-скважинное выщелачивание является наиболее привлекательным и эффективным по сравнению с традиционными способами добычи. За последний год больше 40 % всего урана добывался методом ПСВ.

Несмотря на преимущества, данная технология имеет ряд недостатков, одним из которых является кольтматация технологических скважин. Кольтматация скважин – это резкое снижение дебита или приемистости технологических скважин, причиной которого являются газообразование в пласте, глинизация фильтра и заполнение порового пространства фильтра и прифильтровой зоны мелкими частицами пород, труднорастворимыми химическими образованиями и остатками продуктов технологической переработки: частицы смолы, атмосферная пыль, твердые примеси серной кислоты и т.д.

Так как причиной кольтматации являются изменения гидродинамических параметров продуктивного пласта, предотвратить его невозможно. Поэтому выбор эффективных методов ремонтно-восстановительных работ является актуальной задачей при отработке урановых месторождений методом ПСВ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1. Общие сведения о месторождений

Участок Западный месторождения Мынкудук находится на территории крупнейшего Мынкудукского урановорудного района, выявленный к 1980 году подразделениями Волковского ПГО при специализированных поисковых работ на уран. Мынкудукский урановорудный район находится в центральной части Шу-Сарысуйской депрессии и включает в себя месторождения Уванас (1967 г.), Жалпак (1970 г.), Мынкудук, Канжуган, Моинкум (1972-73 гг.), Инкай (1976-78 гг.) и Будденновское (1979 г.).

В административном отношении район работ входит в состав Южно-Казахстанской области (рис.1).

Орографически месторождение Мынкудук расположено на территории плато Бетпакдала, представляющем собой крупную равнинную возвышенность, с севера и запада ограниченную изрезанным эрозионным уступом высотой до 80-100 м, а на юге полого наклоненную к долине реки Шу. Плато Бетпакдала характеризуется слаборасчлененным равнинным рельефом с абсолютными отметками 220-300 м, осложненным мелкими котловинами – такырами. Аллювиально-озерно-солончаковые равнины рек Сарысу и Шу, ограничивающие плато с запада и юга, характеризуются абсолютными отметками 120-160 м.

Гидрографическая сеть района образована временно действующими реками Шу и Сарысу. Питание рек снежно-ледниковое. Они имеют водоток только в паводковый период (май-июнь), а позднее разбиваются на отдельные плесы с затхлой горько-соленой водой. Минерализация вод меняется от 2,1 г/л до 9,0 г/л.

Климат района резко континентальный и характеризуется значительными годовыми и суточными амплитудами колебаний температуры, суровой малоснежной зимой, продолжительным жарким и сухим летом, короткой весной, сухостью воздуха, незначительным количеством выпадающих осадков и постоянно дующими ветрами.

По данным наблюдений метеостанции «Бетпак-Дала», средняя годовая температура воздуха $+6^{\circ}\text{C}$, $+9^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум температур наиболее жарких месяцев июня-июля составляет $+43^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -35°C падает на январь месяц. Суточные колебания температуры воздуха в летние месяцы достигает 14°C .

Средняя годовая сумма осадков в пределах 130-140 мм. Количество твердых осадков составляет 22-40% от годовых. Средняя влажность воздуха в пределах 56-59%.

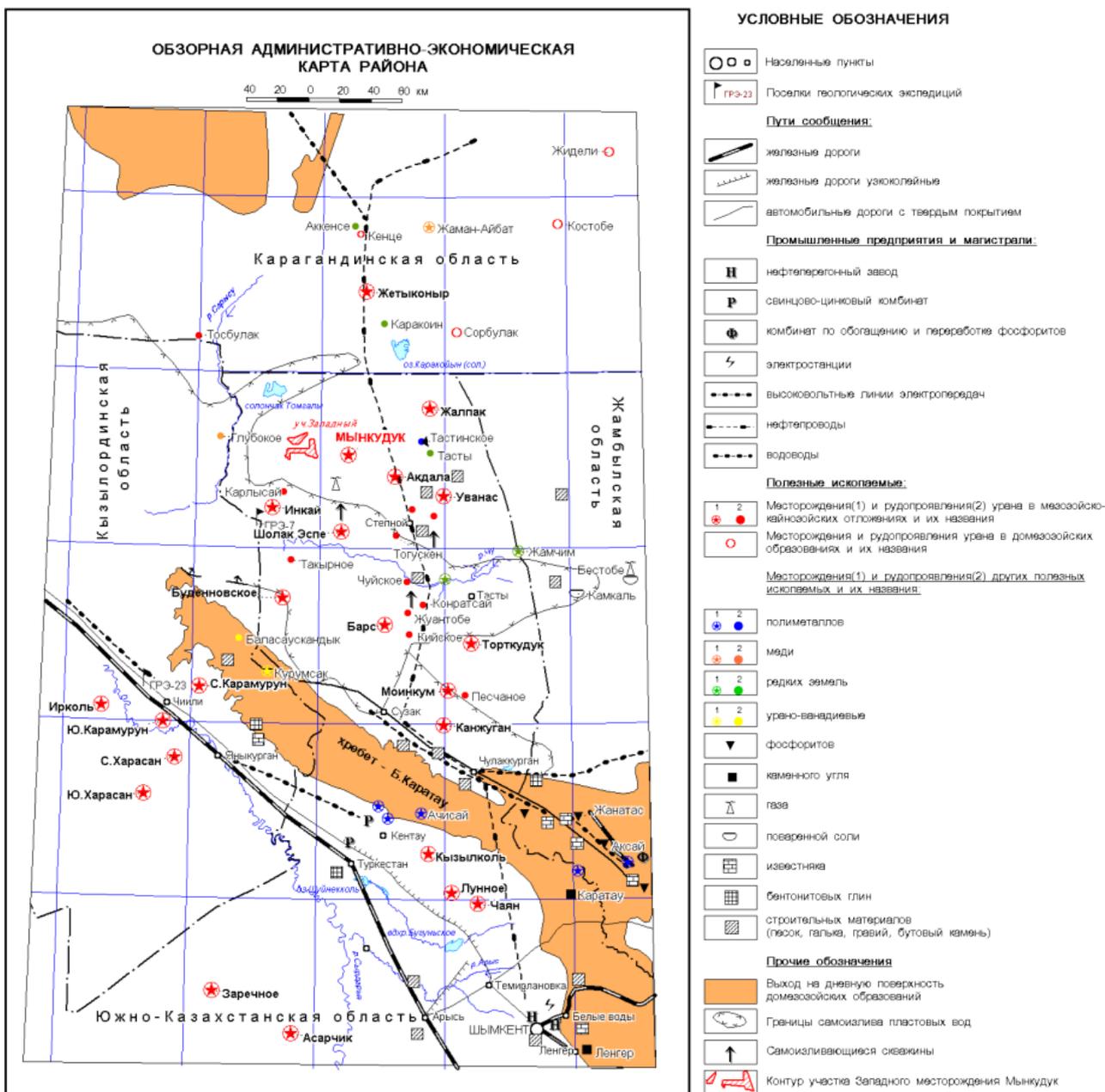


Рисунок 1 – Административная карта района

Для района характерны сильные, почти непрерывно дующие ветры. Среднегодовое число штилей не превышает 17%. Преобладающее направление ветра северо-восточное и восточное, средняя скорость 3,8-4,6 м/сек. Нередки пыльные бури.

В районе развиты преимущественно бурые песчаные пустынно-степные почвы и только на такырах они сменяются глинистыми, суглинистыми, обычно сильно засоленными почвами.

Растительность представлена саксаулом, солончаково-боялычовым комплексом. В пойме рек Сарысу и Шу развита луговая растительность, камыш, тamarиск.

С экономической стороны район месторождения начинает только развиваться и осваиваться, в основном, по линии отработки урановых руд способом подземного скважинного выщелачивания.

Ближайшие урановые месторождения: Буденновское, Шолак-Эспе, Инкай, Акдала, Жалпак, Уванас, Канжуган, Моинкум. На месторождениях Уванас, Канжуган, Моинкум (уч. Южный), Мынкудук (уч. Восточный), Акдала, Инкай, Буденновское ведется добыча урана способом подземного скважинного выщелачивания Степным и Центральным рудоуправлениями АО «НАК «Казатомпром», ТОО «КАТКО», ТОО «Инкай», ТОО «Бетпак-Дала», ТОО «Каратау» и ТОО «Кен Дала KZ».

Промышленная эксплуатация месторождений определяет и инфраструктуру для этой части района.

С освоением месторождений Канжуган и Моинкум связано строительство города Таукент, железнодорожной ветки Жанатас – Сузак и материально-технической базы на территории ж.д.ст. Сузак.

Степное рудоуправление, которое отрабатывает месторождения Уванас, Мынкудук (уч.Восточный), продолжает социально-экономическое развитие поселка Кызымшек. Улучшенная асфальтовая дорога соединяет поселок с районным и областным центрами.

Все основные грузоперевозки осуществляются в этих направлениях по маршрутам: поселок Тайконур – город Шымкент (500 км), поселок Тайконур – станция Сузак (220 км), поселок Тайконур – город Алматы (1200 км). Все дороги по вышеуказанным направлениям имеют асфальтовое покрытие, за исключением участков до п. Аксумбе (110 км) и п. Шиели (170 км). Основным видом транспорта по грузоперевозкам является автомобильный.

Ближайшими железнодорожными станциями являются: Кызылорда (160 км), Шиели (170 км), Сузак (220 км).

Вдоль газопровода Павлодар-Шымкент проходит ЛЭП-110.

В поселке Тайконур, помимо базы ГРЭ-7 АО «Волковгеология», расположены базы ТОО "Инкай" и ТОО "Бетпак-Дала".

Питьевое и техническое водоснабжение обеспечивается за счет подземных вод артезианского бассейна. Питьевое водоснабжение осуществляется из палеоценового водоносного комплекса с минерализацией 0,7-1,0 г/л. Техническое водоснабжение – из мелового водоносного комплекса с соленостью вод 1-5,0 г/л.

В районе месторождения имеются строительные материалы. К настоящему времени выявлено и оценено несколько месторождений строительных и стекольных песков (Кендерлы, Тогускенское), гравия и галечника (Кызымчек), строительных и буровых глин (Учкудукское, Кызымчек, Уванас). Из других полезных ископаемых могут быть отмечены месторождения гипсов, поваренной соли и сульфата натрия.

В целом район месторождения имеет свои особенности и трудности в области социально-экономического развития, которые определяются его удаленностью от развитых производственно-культурных центров и

материально-технических баз, суровыми природно-климатическими условиями. С другой стороны, оно находится в благоприятных условиях для добычи урана способом ПСВ – минерализация пластовых вод продуктивных горизонтов составляет 2-5 г/л, на месторождении отсутствуют земли, пригодные для сельскохозяйственных угодий; все это снижает проблемы и затраты по природно-охраным мероприятиям при освоении объекта.

1.2. Краткая геолого-геотехнологическая и гидрогеологическая характеристика объектов эксплуатации

Общая площадь геологического отвода месторождения Западный Мынкудук составляет 133,54 кв.км, в т.ч. участок №1 (уч. Песчаный) – 41,11 кв.км и участок №2 (Западный и Осенний) – 92,43 кв.км.

Территория месторождения относится к плато Бетпақдала. В геоморфологическом отношении площадь месторождения представляет плоскую, слабо всхолмленную равнину, полого наклоненную с северо-востока на юго-запад (уклон - 0,0007), местами осложненную плоскими впадинами, такырами и пологими возвышенностями.

Геологическая карта и литология месторождения в виде геологической колонки представлены в приложении А.

Потенциальная ураноносность Шу-Сарысуьской депрессии связывается с развитием региональных зон пластового окисления в проницаемых отложениях мела-палеогена с осаднением урана на геохимическом барьере.

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

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

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

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

Олигоцен-миоценовые породы представлены, в основном, мелкозернистыми, реже разнозернистыми и среднезернистыми песками и глинами кирпично-красного цвета. В разрезе встречаются прослои алевритов и паттумов (песчано-глинисто-алевритистая смесь).

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

Ниже залегают отложения эоцена, которые представлены горизонтально-слоистыми зеленовато-серыми и темно-серыми гумусированными глинами. Их общая мощность составляет 42-83 метров. Они являются плотными, слабо размокающими, водостойкими, набухающими и относятся к классу мягких, устойчивых пород.

Под ними залегают отложения верхнего палеоцена, которые в разрезе занимают небольшую часть и представлены песчано-глинистыми образованиями.

Отложения верхнего мела подразделяются на три самостоятельных горизонта: жалпакский (кампан-маастрихт до раннего палеоцена), инкудукский (поздний турон-коньяк-сантон) и мынкудукский (ранний турон).

Вышесказанные горизонты являются водоносными.

Жалпакский водоносный горизонт на территории месторождения является безрудным.

Инкудукский водоносный горизонт в пределах площади месторождения распространен повсеместно. На участке Песчаный данный горизонт является единственно рудоносным. Водовмещающие породы представлены разнотельными и мелко-среднетельными песками и песчано-гравийными отложениями.

По данным геологического разреза представленным в приложении Б глубина залегания кровли горизонта составляет 234-252 метров от поверхности земли, подошвы – 305-316 м. Кровля руды располагается на глубинах 250-274 м, подошва 270-282 м. Общая мощность инкудукского горизонта на данном участке 70-76 м, мощность проницаемых отложений – 37,1-64,9 м.

В кровле горизонта и его основании отсутствуют постоянно выдержанные водоупоры. Однако, на значительной площади участка рудные залежи залегают на глинистых породах мощностью 0,5 – 6,0 м, являющихся местными водоупорами, тем самым улучшая технологические свойства руд.

Водоносный горизонт является напорным. Глубина залегания пьезометрического уровня на участке Песчаном – 61,83-67,3 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности 165,9-168,51. Уклон потока составляет – 0,0002-0,0003. Направление потока с ЮВВ на СЗЗ.

Значение коэффициентов фильтрации изменяется от 1,6 до 40,9 м/сутки, при среднем значении равном 15,5 м/сутки.

На Осеннем участке инкудукский горизонт является оруденелым только на небольшой площади в интервале профилей 630 – 634-5, на остальной площади он безрудный.

Геотехнологическая классификация участка Песчаный по В.Г.Язикову показан в приложении В. По величине среднего содержания урана в продуктивном растворе [4]:

$$C_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon \cdot C \cdot m \cdot K_{\phi}}{M_{\text{з}} \cdot K_{\text{з}} \cdot f} \cdot 10^2, \text{ мг/л} \quad (1)$$

где ε – степень извлечение, %;

C – среднее содержание урана в руде, %;

m – мощность рудного тела, м;

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

$M_{\text{з}}$ и $K_{\text{з}}$ – соответственно мощность и коэффициент фильтрации вовлекаемый в процесс части водоносного горизонта;

f – отношение Ж:Т;

Тогда:

$$C_{\text{ср}} = \frac{80 \cdot 0,035 \cdot 14 \cdot 15,5}{30 \cdot 23,25 \cdot 1,5} \cdot 10^2 = 58 \text{ мг/л}$$

По результатам геотехнологической классификации по В.Г.Языкову и классификации по величине среднего содержания урана в ПР было выявлено, участок Песчаный месторождения Западный Мынкудук благоприятный для отработки методом ПСВ кислотным способом (см. Приложение В).

Мынкудукский водоносный горизонт является основным рудовмещающим горизонтом на участках Осенний и Западный, на участке Песчаный он безрудный.

1.3. Выбор систем вскрытия

Главным критерием оптимальности при проектировании сети технологических скважин для блоков является прибыль, получаемая от реализации добытого металла. Принимая во внимание, что цена на металл, величина не зависящая от сети скважин и ее параметров, и запасы металла в любом блоке является величинами постоянными, то прибыль достигает максимума при минимальных затратах по руднику [2].

Поэтому в качестве критерия оптимальности для выбора систем вскрытия принимаются затраты на сооружение сети скважин и отработку конкретного эксплуатационного участка.

Наиболее перспективные схемы расположения скважин показаны на рисунке 2.

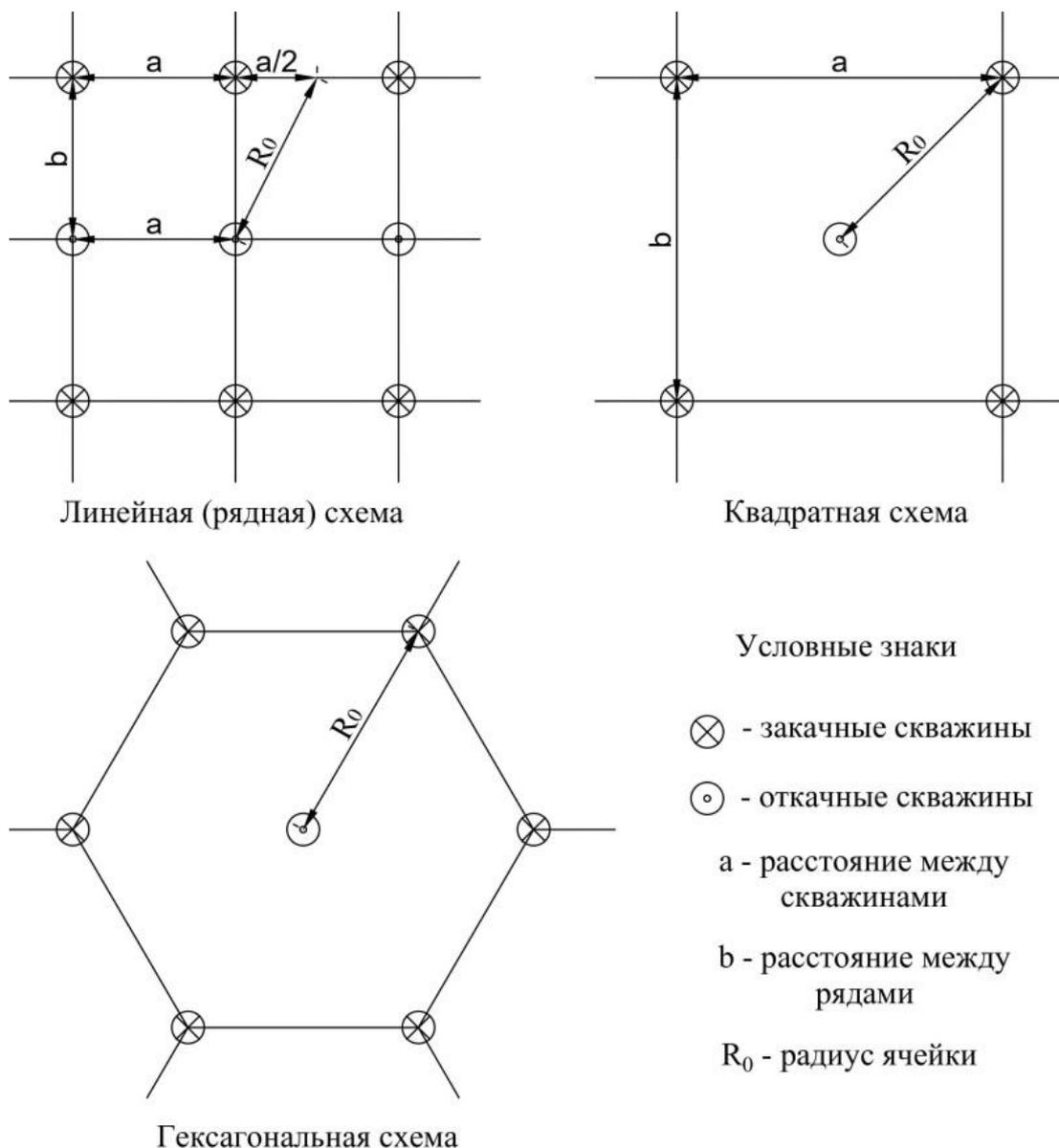


Рисунок 2 – Схемы расположения технологических скважин

Схема вскрытия рудного тела представляет собой совокупность скважин расположенных в определенном порядке, у которого определение оптимального вида схемы также важно с точки зрения эффективности добычи минерала. Для определения оптимальной схемы рассматриваем геологический блок №17-3 С1 на участке Песчаный, покрытых тремя различными видами схем вскрытия: рядная, квадратная и гексагональная (рис.2).

Таблица 1 – Геотехнологическая характеристика блока № 17-3 С1

№	Наименование параметра	Параметр	Един.измер.	Значение
1	Запасы урана	P	т	599
2	Площадь блока	S	тыс.м ²	233
3	Рудная мощность	m	м	4,78
4	Среднее содержание урана	C_{cp}	%	0,033
5	Удельная продуктивность	m_U	кг/м ²	2,57
6	Продуктивность в метропроценте	m_C	м%	0,1577
7	Плотность пород рудного горизонта	ρ	т/м ³	1,7
8	Коэффициент рудоносности	K_p		0,96
9	Коэффициент фильтрации	K_ϕ	м/сут	15,5
10	Коэффициент эффективной пористости	K_π		0,25
11	Глубина разработки пласта до нижнего водоупора	H	м	280
12	Эффективная мощность продуктивного горизонта	$M_э$	м	30

Расчеты основных геотехнологических параметров блока выполнены по инструкции (методические рекомендации) по ПСВ урана АО НАК «КазАтомПром» [3], а также по учебной пособий В.Г.Язикова и показаны в приложении В [4].

Таблица 2 – Результаты расчетов геотехнологических параметров блока

№	Наименование	Параметр	Значение		
			Линейная схема	Квадратная схема	Гексагональная схема
1	Расстояние между рядами скв./сторона квадрата/радиус гексагона	$b/a/R_0, м$	41,5	52	46,9
2	Время закисления блока	$T_{зак}, сут$	46,4	28,77	32,43
3	Время выщелачивания блока	$T_3, сут$	743,75	393,5	551,96
4	Общее количество скважин (ОС+ЗС)	$N, шт$	176 (68+108)	259 (86+173)	147 (40+107)

По итогам расчетов основных геотехнологических параметров блока было выявлено, что самая оптимальная схема вскрытия – гексагональная.

Линейная схема расположения скважин уступает по всем параметрам другим схемам вскрытия.

Несмотря на то, что квадратная схема расположения скважин показала лучшие результаты по величине времени закисления и выщелачивания блока, для реализации этой схемы требуются 259 технологических скважин – это на 76% больше чем у гексагональной схемы.

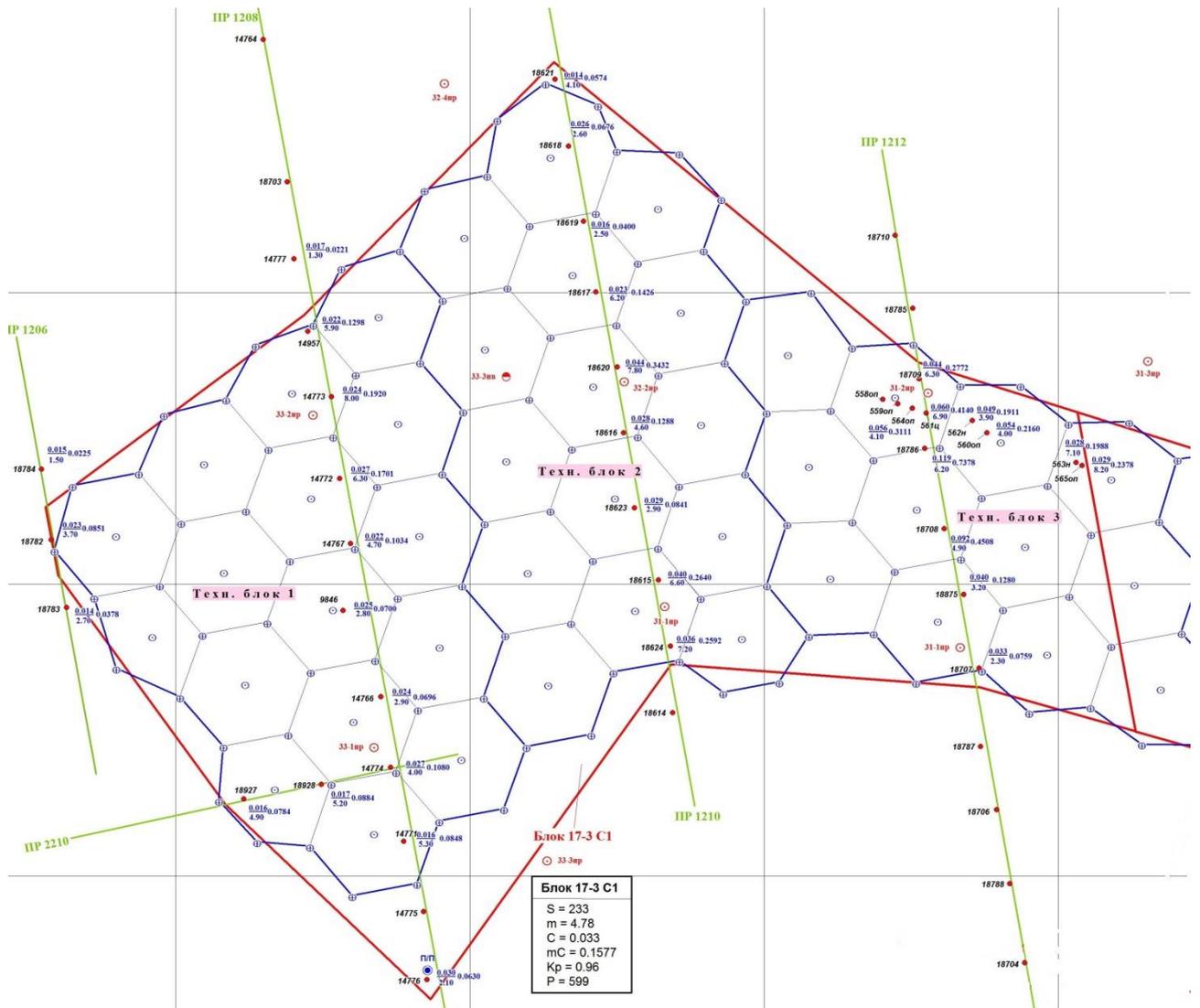


Рисунок 3 – Проектная схема вскрытия геологического блока №17-3 С1

1.4. Бурение и сооружение скважин

Для бурение технологических скважин используется буровая установка УПБ-5 со станком ЗИФ-1200 (рис.4).

Буровой станок ЗИФ-1200 предназначен для бурения вертикальных и наклонных геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые вращательным способом.

Рекомендуется работать станком при температуре от минус 40°С до плюс 40°С.

Технические характеристики бурового станка показаны в таблице 3.



Рисунок 4 – Буровая установка УПБ-5 и буровой станок ЗИФ-1200

Таблица 3 – Технические характеристики бурового станка ЗИФ-1200

Параметр	Значение
Глубина бурения , м	
- при конечном диаметре скважины 93 мм	1500
- при конечном диаметре скважины 59 мм	2000
Диаметр бурительных труб, мм	63,5; 54; 50; 42
Частота вращения бурового снаряда, об/мин	
- минимальная	85,5
- максимальная	820,7
Масса станка с электродвигателем, кг	5100
Габаритные размеры бурового станка, мм	
- длина	3880
- ширина	1430
- высота	2215

В проекте на бурение и сооружение скважин и предусматриваются мероприятия по герметизации резьбовых соединений, контроль за качеством глинистого раствора, а также по минимизации технического воздействия на окружающую среду при сооружении и освоении скважин.

Компонующие материалы из поливинилхлорида обеспечивает целостность обсадных колонн в период эксплуатации в условиях геологического строения месторождения и применяемых силовых нагрузках при откачке и закачке растворов.

Конструкция откачных и закачных скважин приведена на рисунке 5.

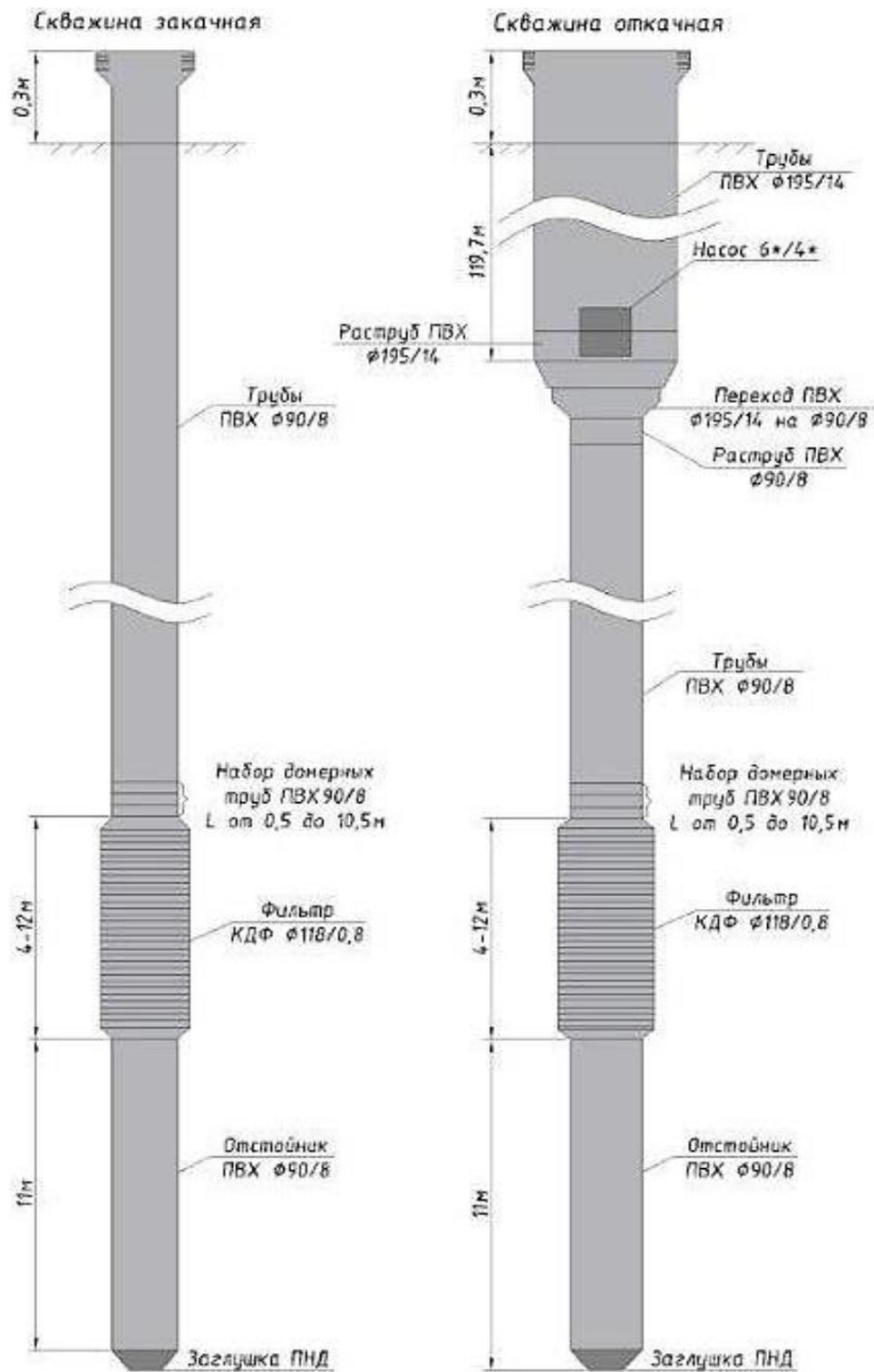


Рисунок 5 – Конструкция технологических скважин

1.5. Подготовка блоков

Подготовка блоков осуществляется после сооружения и освоения технологических скважин.

К подготовке эксплуатационных блоков относятся:

- обвязка полигонов, включающая сооружение трубопроводов продуктивных и выщелачивающих растворов, кислотопроводов, внутриблочных коллекторов и подключение к ним технологических скважин;
- строительство внутриплощадочных ЛЭП, автодорог, технологических узлов закисления, переходов и др.;
- оснащение технологических и наблюдательных скважин контрольно-измерительной аппаратурой;
- закисление эксплуатационных блоков сернокислотными растворами.

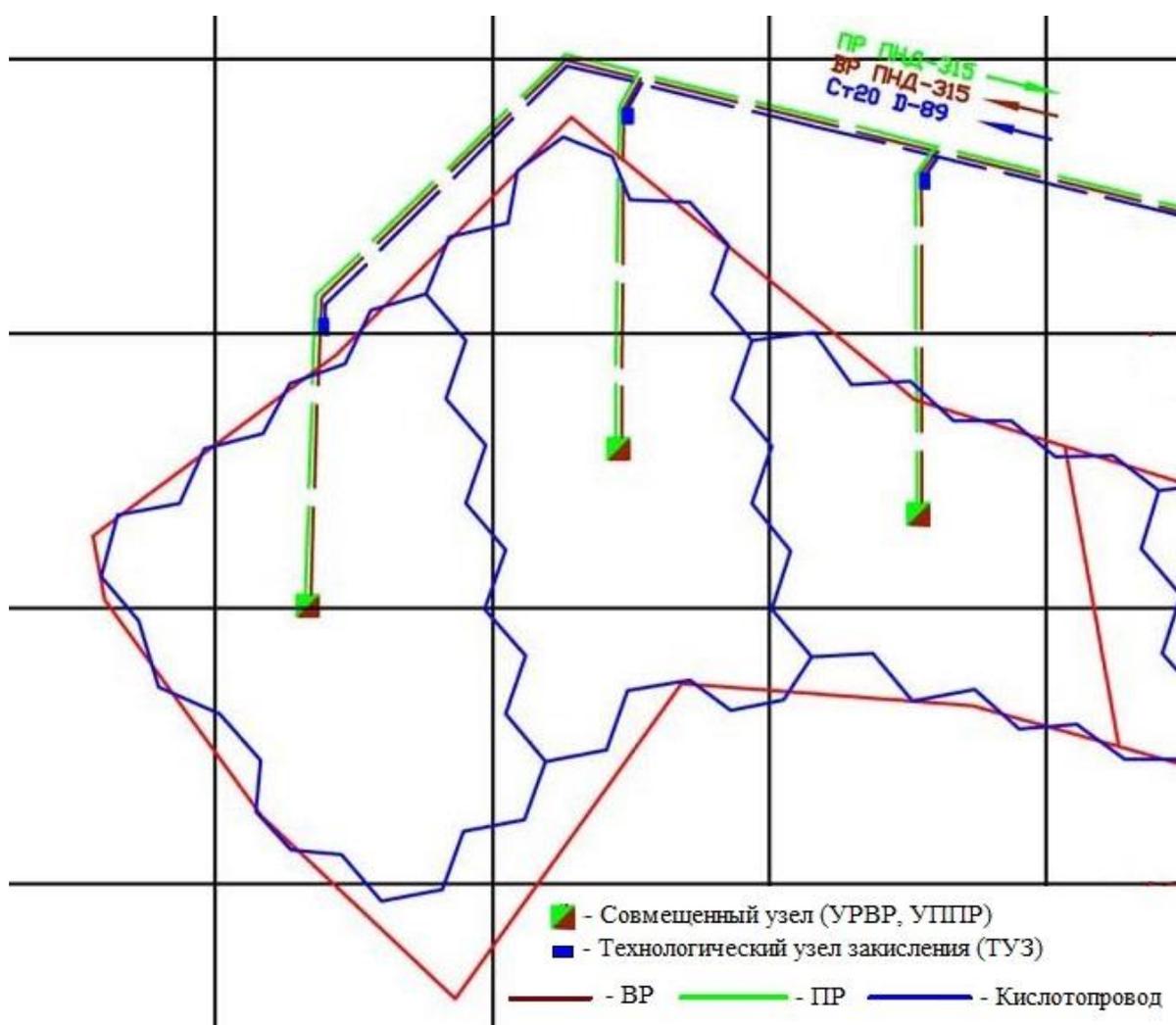


Рисунок 6 – Сборные коллектора технологических блоков 1-3

1.6. Добыча урана

В данном проекте годовой выпуск урана месторождением принимается 500 т.

Из расчета по формуле 1 было выявлено, что средняя концентрация урана в продуктивных растворах равна 58 мг/л.

Тогда количество ПР, перерабатываемых на сорбции, в год составит:

$$Q_{\text{год}} = \frac{P_{\text{год}}}{C_{\text{ср}} K_{\text{сорб}}}, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.1)$$

где $K_{\text{сорб}}$ - коэффициент извлечения урана из ПР на сорбции, 0,96.

$$Q_{\text{год}} = \frac{500 \cdot 10^6}{58 \cdot 0,96} = 8\,979\,885 \text{ м}^3 / \text{год}$$

В сутки:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{год}}}{N_{\text{сут}}} = \frac{8979885}{320} = 28\,062 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (2.2)$$

В час:

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{N_{\text{час}}} = \frac{28062}{24} = 1169,25 \text{ м}^3 / \text{час} \quad (2.3)$$

Количество одновременно работающих откачных скважин составит:

$$n_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{час}}}{q \cdot K_{\text{исп}}}, \text{ шт} \quad (2.4)$$

где q – дебит откачной скважины, 10 м³/час;

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования скважин, 0,9.

$$n_{\text{ос}} = \frac{1169,25}{10 \cdot 0,9} = 129,92 \approx 130 \text{ шт}$$

Для достижения проектного годового выпуска урана в участке Песчаный должны работать не менее 130 откачной скважины одновременно.

1.7. Генеральный план поверхности

Месторождение Западный Мынкудук расположен вблизи трассы п.Кыземшек – п.Тайконур. Строительство технологических дорог проведется по очередности: трасса – промплощадка, вахтовый поселок – промплощадка, трасса – эксплуатационные участки и внутриблочные дороги

Промышленный цех площадью 2 га будет расположен на территории участка Осенний. Это обосновано близким расположением к производительным блокам, чтобы в течении года выйти на проектную добычу урана и оптимальным расстоянием от всех эксплуатационных блоков, упрощающий транспортировку технологических растворов. Промышленная площадка включает в себя участок по переработке производственного раствора, пескоотстойники объемом 1000 м³, склад готовой продукции и производственный склад, корпус службы безопасности и административный корпус.

По данным метеостанции на территории преимущественно северо-западный ветер. В связи с этим вахтовый поселок, рассчитанный на 150 человек, находится на расстоянии 1 км от промышленного цеха к северо-западу.

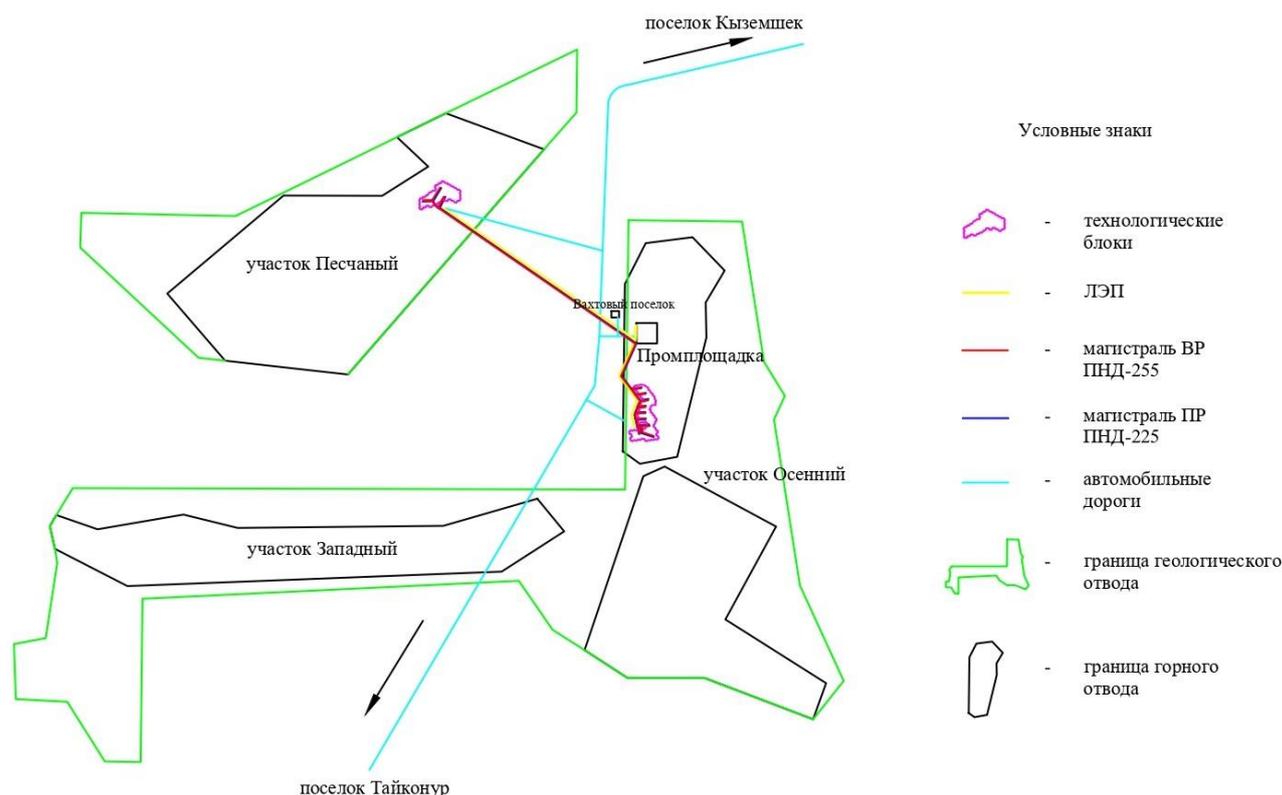


Рисунок 7 – План рудника на начальный период

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Виды кольтматации в технологических скважинах и способы их декольтматации

В процессе эксплуатации скважин ухудшается приёмистость закачных скважин и дебит откачных скважин, падает содержание урана в пробах. Основной причиной является кольтматация как порового пространства продуктивного горизонта и прифилтровой зоны скважин, так и филтров технологических скважин.

Различают несколько видов кольтматации: газовую, химическую, кольтматацию, связанную с ионообменными процессами, механическую и биологическую.

Газовая кольтматация сопровождается выделением свободного газа в поровом пространстве пород продуктивного горизонта, чаще всего углекислого, который образуется в результате реакции серной кислоты в составе рабочего раствора с карбонатами.



По продолжительности воздействия на проницаемость пород газовая кольтматация имеет обычно временный характер. Образующийся при реакции газ покидает водоносный горизонт через откачные скважины, как в виде газовой фазы, так и совместно с жидкостью в растворенном состоянии.

Химическая кольтматация сопровождается выпадением из рабочих растворов химических осадков в результате взаимодействия серной кислоты с породами. Прямое определение состава осадков, кольтматирующих филтры и прифилтровые зоны скважин, извлеченных через различные периоды работы показывают, что они, в основном представлены $\text{Fe}(\text{OH})_{2,3}$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCO_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Mn}(\text{OH})_4$, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, сульфидами металлов.

На стадии закисления продуктивного горизонта химическая кольтматация происходит из-за нарушения химического состава подземных вод в результате изменения гидродинамических параметров филтрационного потока. При уменьшении давления воды в ней уменьшается растворимость газов (в основном CO_2), происходит их выделение и нарушается углекислотное равновесие:



Предотвратить химическую кольтматацию филтров и прифилтровой зоны скважин, обусловленную нарушением углекислотного равновесия невозможно, поскольку ее причиной является нарушение естественного гидравлического режима водоносного пласта. По характеру воздействия на филтрационные свойства пород химическая кольтматация может быть

обратимой и необратимой. К обратимой (временной) следует отнести кольматацию, вызванную выпадением в осадок гидроксидов железа и алюминия.

При снижении величины рН в процессе закисления пород продуктивного горизонта образовавшиеся ранее осадки снова начинают растворяться (сначала гидроксид железа (II) при рН 6 и менее, затем гидроксид алюминия при рН 4 и ниже и железа (III) при рН 3 и ниже), и проницаемость пород восстанавливается. Однако, при высоком содержании алюминия и железа в породах и большом расстоянии между закачными и откачными скважинами осадок гидроксидов может полностью закольматировать прифилтровую зону откачных скважин и привести к выходу их из строя. К необратимой химической кольматации приводит выпадение гипса, растворимость которого невелика (около 2 г/л) и практически не зависит от величины рН. Гипсовая кольматация начинает проявляться несколько позднее газовой. Кольматация порового пространства гипсом определяется содержанием иона Ca^{2+} в породах и не зависит от концентрации иона SO_4^{2-} .

Ионообменная кольматация проявляется в породах, содержащих глинистые минералы, главным образом, монтмориллонитовой группы. Она приводит к постепенному ухудшению проницаемости песчано-глинистых пород в результате набухания глинистых частиц при замещениях в их мицеллах двухвалентных катионов одновалентными ионами металлов.

Ионообменные процессы могут влиять на проницаемость пород и косвенно. Например, переходящий в раствор в результате этих процессов ион кальция, соединяясь с сульфатионом серной кислоты, вызывает частичную необратимую кольматацию порового пространства гипсом.

Механическая кольматация наблюдается в фильтрах вследствие несоответствия проходных отверстий фильтров гранулометрическому составу вмещающих пород. В результате водоприемные отверстия фильтров заклиниваются или перекрываются песком, глиной, гравием, в связи с чем производительность технологических скважин снижается. К механической кольматации можно отнести глинизацию фильтра и прифилтровой зоны при сооружении скважин с использованием в качестве промывочной жидкости глинистых растворов, когда на стенке скважин образуется плотная глинистая корка толщиной 3-6 мм, при этом в пласт проникает глинистый раствор, содержащий тонкодисперсные и коллоидные частицы глины.

Механическая кольматация пород прифилтровой зоны наблюдается в результате суффозионных процессов и при подаче в фильтр рабочих растворов, содержащих взвешенные частицы. Суффозия может повлечь за собой как улучшение проницаемости пород, так и ее снижение. Причиной суффозии может быть резкое увеличение производительности технологических скважин по сравнению с достигнутой на стадии освоения. С увеличением производительности при закачке в отверстиях фильтров и поровом пространстве прифилтровой зоны продуктивного горизонта происходит увеличение скорости фильтрации, которая быстро затухает с удалением от

ствола скважины. Создаются условия для перемещения наиболее мелких частиц продуктивного горизонта и переосаждения их на некотором расстоянии. В результате происходит закупорка поровых каналов и производительность скважин уменьшается. С увеличением производительности откачных скважин происходит обратная картина – вынос частиц пород в фильтр и увеличение пропускной способности прифильтровой зоны.

Причиной механической кольматации служат не только суффозионные явления, но и загрязнение выщелачивающих растворов продуктами технологической переработки (частицы смолы, гидроуборка полов, атмосферная пыль, твердые примеси серной кислоты и др.).

Биологическая кольматация связана с образованием растительных и животных микроорганизмов в поровом пространстве пород продуктивного горизонта и прифильтровой зоны.

Знание причин, вызывающих тот или иной вид кольматации, позволяет выбрать и соответствующие методы ее предупреждения или устранения. При этом актуальным становится прогноз кольматации скважин и составление графика межремонтных циклов ремонтно-восстановительных работ на скважинах.

Способы устранения кольматации зависят от ее вида.

Газовая кольматация предупреждается увеличением производительности технологических скважин, когда металл извлекается из продуктивного пласта до того, как успевают прореагировать с рабочим раствором серной кислоты все карбонатные соединения. На стадии эксплуатации скважин для ее устранения применяются эрлифтные прокачки, приводящие к временной частичной дегазации пласта.

Химическая кольматация пород продуктивного горизонта и прифильтровой зоны гидроксидами алюминия и железа устраняется кислотной обработкой скважин.

Для устранения и предотвращения механической кольматации закачных скважин применяются следующие методы РВР:

- периодические эрлифтные прокачки;
- очистка выщелачивающих растворов от механических взвесей.

Для восстановления производительности технологических скважин применяются реагентные методы устранения химической кольматации. По механизму растворения кольматирующих соединений реагенты подразделяют на нейтрализаторы, восстановители и комплексообразователи.

2.2. Расчеты по оседанию разнодисперсных частиц кольматанта

Изучение отстойников технологических скважин показывает, что большинство отстойников заполняются глинистым и песчаным кольматантом практически полностью или наполовину. Хотя в этих скважинах применяются меры по прокачке и выносу этого кольматанта из отстойной части, зачастую они недостаточно эффективны, и весь глинистый раствор остается на забое скважины и постепенно уплотняется. А в некоторых случаях и сам фильтр забит этим песчано-глинистым кольматантом на несколько метров. Согласно регламенту, протяженность отстойной части технологических скважин составляет 11 метров. Длина фильтра зависит от мощности вскрываемого рудного тела на участке Песчаный. Коэффициент фильтрации инкудукского водоносного горизонта на участке Песчаный колеблется в диапазоне – от 1,6 до 40,9 м/сут.

В любой материальной среде скорость падения будет меньше из-за сопротивления среды движению падающего тела. Если принять, что зерно минерала имеет форму шара и что падение его происходит в спокойной среде, то на зерно будут действовать три силы – сила тяжести F_T , выталкивающая сила среды (Архимеда) F_A и сила сопротивления среды F_C (рис.8).

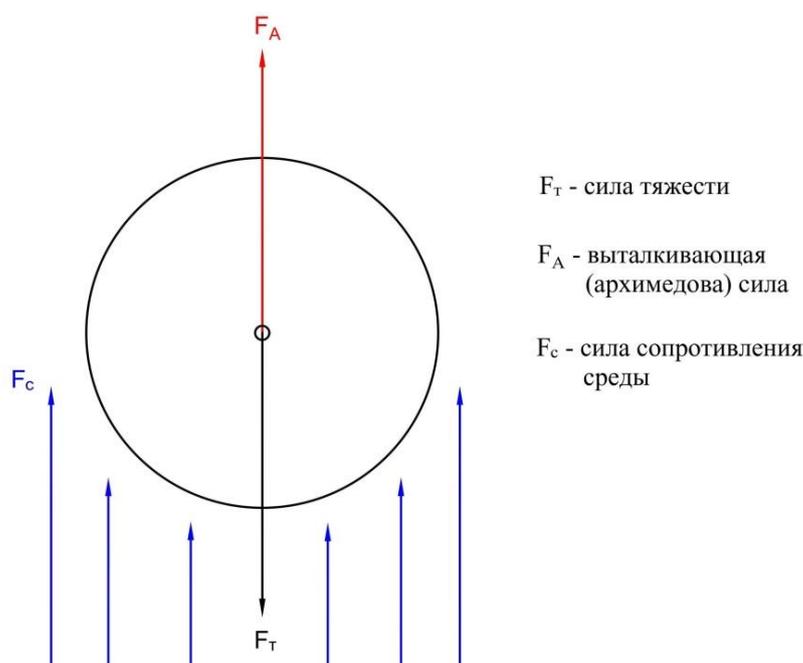


Рисунок 8 – Действующие силы на частицу кальматанта

В начальный момент времени скорость осаждения зерна частицы мала, поэтому сила сопротивления вмещающей среды также мала и сила тяжести превышает силу сопротивления среды и архимедову силу, частица движется с ускорением. Со временем происходит увеличение скорости осаждения, сила сопротивления также увеличивается и быстро устанавливается равновесие сил:

$$\frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ч}} \cdot g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ср}} \cdot g + \zeta \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho_{\text{ср}} W_{\text{ос}}^2}{2} \quad (3.1)$$

где d – диаметр идеальной шаровой частицы, м;

$\rho_{\text{ч}}$ и $\rho_{\text{ср}}$ – плотности частицы и среды, кг/м³;

g – ускорения силы тяжести, 9,81 м/с²;

ζ – коэффициент сопротивления среды;

$W_{\text{ос}}$ – предельная скорость осаждения, м/с.

Из равенства 1 можно вывести предельную скорость осаждения:

$$\frac{\pi d^3}{6} g (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ср}}) = \zeta \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho_{\text{ср}} W_{\text{ос}}^2}{2} \quad (3.2)$$

$$W_{\text{ос}} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ср}})}{3 \cdot \zeta \cdot \rho_{\text{ср}}}}, \text{ м/с} \quad (3.3)$$

Для определения скорости осаждения зерна частицы необходимо знать величину коэффициента сопротивления ζ , который, в свою очередь, является однозначной функцией критерия Рейнольдса. Существуют три различных режима движения частиц в среде. Каждому из трех режимов соответствует определенный характер зависимости коэффициента сопротивления от критерия Рейнольдса [7].

Таблица 4 – Зависимость коэффициента сопротивления от критерия Рейнольдса

Область Стокса	Переходная область	Автомодельная область
$Re = 10^{-4} - 2$	$Re = 2 - 500$	$Re = 500 - 2 \cdot 10^5$

В данном случае рассматриваем автомодельный режим – область действия квадратичного закона сопротивления Ньютона, где $Re = 500 - 2 \cdot 10^5$. Здесь коэффициент сопротивления принимаем постоянным: $\zeta = 0,44$.

Минералогический и гранулометрический анализ осадков, полученный во время прокачки технологических скважин, показывает, что они состоят из мелко-среднезернистого кварцевого песка, с примесью алевритоглинистого материала. Размер частиц в основном от 0,25 мм до 0,05 мм. Все пробы содержат глинистые частицы размером менее 0,05 мм. Для расчета был взят средний максимальный размер 0,25 мм, так как эти частицы имеют большую скорость осаждения, чем меньшие по диаметру. Плотность частицы – 2,5 г/см³; плотность флюида – 1,01 г/см³.

Таким образом скорость осаждения для частиц формы шара:

$$W_{oc} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 0,00025 \cdot (2500 - 1010)}{3 \cdot 0,44 \cdot 1010}} = 0,1047 \text{ м/с} = 10,47 \text{ см/с}$$

Скорость осаждения частиц неправильной формы будет меньше:

$$W'_{oc} = \varphi \cdot W_{oc}, \text{ м/с} \quad (3.4)$$

где φ – коэффициент формы, представляющий собой отношение поверхности равновеликого шара к реальной поверхности частицы:

- $\varphi = 0,77$ для овальных частиц;
- $\varphi = 0,66$ для угловатых частиц;
- $\varphi = 0,58$ для продолговатых частиц;
- $\varphi = 0,43$ для пластинчатых частиц.

Таблица 5 – Скорость осаждения для каждого типа частиц

Тип частиц	овальные	угловатые	продолговатые	пластинчатые
Скорость осаждения, см/с	8,06	6,91	6,07	4,5

В результате расчетов получаем, что минимальная скорость осаждения частиц 4,5 см/с, а максимальная 8,06 см/с.

Минимальный объемный поток в откачной скважине:

$$V_{min} = W \cdot S, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.5)$$

где W – скорость течения жидкости, $W = W_{oc}^{max}$;

S – площадь поперечного сечения, м^2 .

Площадь поперечного сечения примем для диаметра 169 мм, так как для меньшего сечения понадобится меньшая скорость. Верхняя часть ПВХ 195/14, соответственно площадь – $0,0219 \text{ м}^2$.

Тогда:

$$V_{min} = 0,08 \cdot 0,0219 = 0,00177 \text{ м}^3/\text{с} = 6,35 \text{ м}^3/\text{час} = 152,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таким образом, минимальный объемный поток должен составлять не менее $6,35 \text{ м}^3/\text{час}$ или $152,5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Оборудование и насосы, используемые для откачки флюида из скважины, как технологические, так и ремонтно-восстановительные, должны обладать скоростью откачки более $150 \text{ м}^3/\text{сут}$. В противном случае осадка кольматанта и его последующее уплотнение в отстойнике скважины неизбежны.

На рисунке 9 представлены сравнение степеней заполнения отстойника откачной скважины длиной 11 м при разных скоростях откачки насосного оборудования. Расчеты сделаны при условии содержания механических взвесей средним размером $0,25 \text{ мм}$ в ПР, проникающих в фильтр, равно 100 мг/л и разные типы частиц кольматанта распространены равномерно (другие факторы кольматации не учитываются).

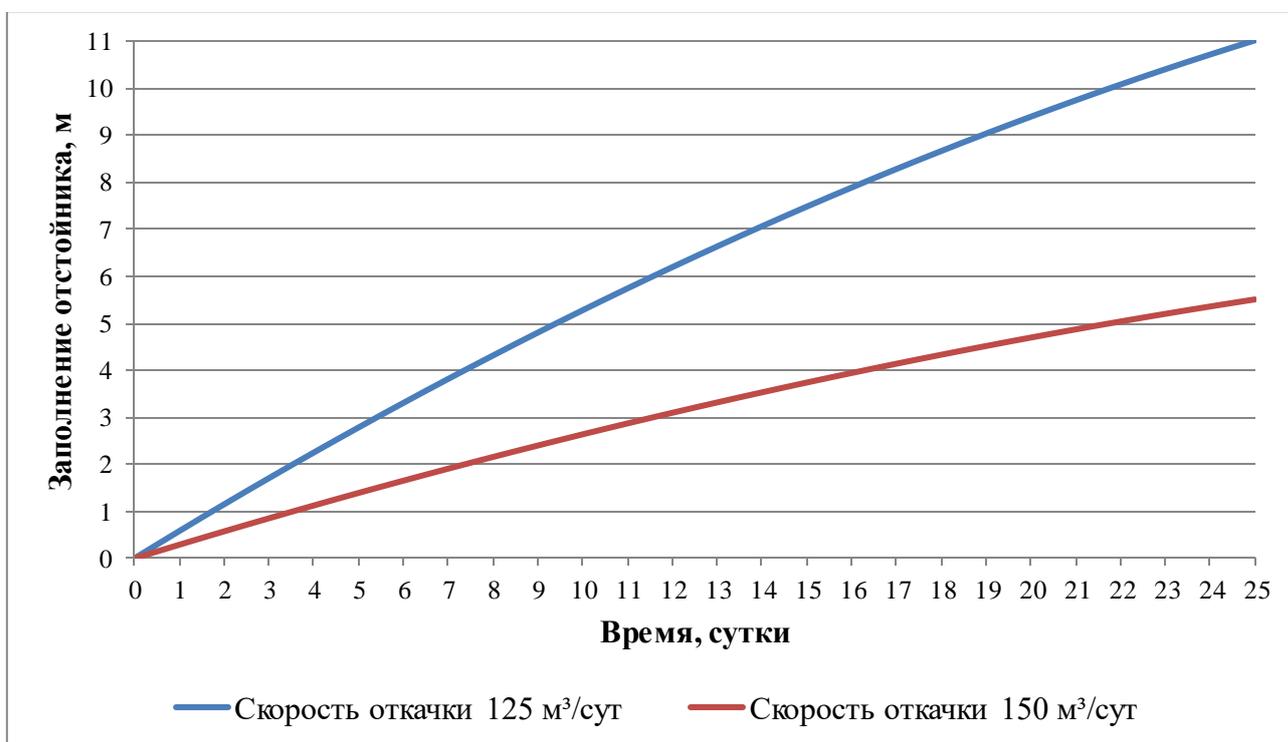


Рисунок 9 – Сравнение степеней заполнения отстойника при разных скоростях откачки раствороподъемных средств

Представленные расчеты по оседанию разнодисперсных частиц кольматанта позволяют выбирать насосное оборудование для успешного решения проблемы кольматации скважин.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Корпоративная социальная ответственность – это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [8].

Данный проект составлялся по руководству законами в области природопользования и недропользования, санитарно-гигиеническими, экологическими нормами и правилами, действующими в Казахстане.

3.1. Охрана недр

Система контроля состояния подземных и поверхностных вод на полигонах ПСВ определяется природной сложностью месторождения, геолого-гидрогеологическими условиями, принятой технологией отработки и географией полигона с учетом СанПиН 5.01.023.99 «Санитарные нормы проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд» [9].

Контролю подвергаются все водоносные горизонты в районе действующего полигона ПСВ, поверхностные сборы атмосферных осадков, а также пескоотстойники с продуктивными и выщелачивающими растворами.

Система контроля базируется на отборе проб из вышеперечисленных источников наблюдения, систематизации данных геофизического контроля, проведении анализа с последующей разработкой необходимых мероприятий.

Конструкция наблюдательных скважин должна обеспечивать опробование только одного водоносного горизонта и исключать перетоки подземных вод (растворов) между водоносными горизонтами.

Система контроля должна включать три сети наблюдательных скважин:

1. Для контроля за возможными утечками растворов из пескоотстойников ПР и ВР;
2. Для контроля за технологическим процессом в зоне гидродинамического воздействия откачиваемых и закачиваемых растворов;
3. Для контроля растекания растворов в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Места отбора поверхностных вод определяются в зависимости от возможных мест разливов технологических растворов, рельефа местности и дальнейшей миграции за пределы обрабатываемого месторождения.

Геофизические методы используются для оценки целостности обсадной колонны скважин и надежности затрубной цементации (токовый каротаж, термометрия), качественной и количественной оценки возможной утечки растворов (индукционный каротаж и расходомерия).

Периодичность стационарных наблюдений за ходом процесса ПСВ и растеканием растворов на обрабатываемых площадях устанавливается в зависимости от этапа освоения эксплуатационного блока.

Наблюдения ведутся только в теплый период года.

Таблица 6 – Периодичность стационарных наблюдений

Место опробования		Экспресс анализ	Сокращенный химанализ	Полный химанализ	Уровень подземных вод	ГИС
Период закисления						
Техно-логические скважины	Откачные скв.	1р/5сут	1р/10сут	1р/мес	-	1р/кв
	Откачные ряды	1р/сут	1р/10сут	1р/мес	-	-
	Закачные скв.	-	-	-	-	1р/кв
	ВР	1р/см	1р/10сут	1р/мес	-	
Наблюдательные скважины	Скважины для контроля процесса ПСВ	1р/5сут	1р/10сут	1р/мес	1р/кв	1р/кв
	Скважины для контроля смежных горизонтов	-	1р/кв	1р/год	1р/кв	1р/кв
	Скважины для контроля горизонтального растекания	-	1р/кв	1р/год	1р/кв	1р/кв
Период отработки						
Техно-логические скважины	Откачные скв.	-	1р/мес	1р/кв	-	1р/год
	Откачные ряды	1р/сут	-	1р/кв	-	-
	Закачные скв.	-	-	-	-	1р/год
	ВР	1р./см	-	1р./кв	-	
Наблюдательные скважины	Скважины для контроля процесса ПСВ	-	1р/мес	1р/кв	1р/кв	1р/кв
	Скважины для контроля смежных горизонтов	-	1р/кв	1р/год	1р/кв	1р/кв
	Скважины для контроля горизонтального растекания	-	1р/кв	1р/год	1р/кв	1р/кв

3.2. Радиационная безопасность и охрана окружающей среды

Радиационная обстановка месторождения Западный Мынкудук определяется распределением радионуклидов в окружающей среде, имеющие природный характер распределения. Техногенный характер обусловлен проводимыми геологоразведочными и опытно-промышленными работами на данной территории. Основными радионуклидами, формирующими естественный радиационный фон среды, являются радионуклиды семейств урана-238, тория-232 и калия-40.

Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения. Для получения информации о радиационной обстановке на предприятии, регулярно должны производиться измерения следующих параметров [10]:

- радиационный технологический контроль;
- радиационный дозиметрический контроль;
- радиационный контроль помещений и промплощадки;
- радиационный контроль окружающей среды.

Ввод рудника ПСВ в эксплуатацию разрешается только после завершения строительства всего комплекса наземных и подземных сооружений при соответствии их требованиям санитарно-гигиенических и природоохранных нормативов и правил, действующих на момент сдачи объекта в эксплуатацию.

Работы с керном продуктивного горизонта ведется в лаборатории, имеющей санитарный паспорт на право проведения работ с радиоактивными веществами в открытом виде, с соблюдением условий, установленных документом [11].

При ведении работ по геофизическому исследованию скважин соблюдаются правила обращения с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений в соответствии с СГТПОРБ-2003 и «Санитарными правилами работы с закрытыми источниками ионизирующих излучений при радиометрическом исследовании разрезов буровых скважин» №5.01.006-97 [12].

При геофизическом исследовании скважин может произойти обрыв каротажного снаряда с генератором нейтронов или радиоактивным источником. Данная ситуация рассматривается как радиационная авария. При извлечении каротажного снаряда необходимо избегать разгерметизации генератора нейтронов или ампулы с радиоактивным источником, которая приводит к радиоактивному загрязнению бурового раствора.

Ликвидация радиационных аварий при обрыве каротажного снаряда с радиоактивным источником в скважине, утере или хищении радиоактивного источника проводится в соответствии с СП №5.01.006-97, «Инструкцией по служебному расследованию радиационных аварий на предприятиях НАК «Казатомпром» [13].

Таблица 7 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Сооружение зумпфов и проходка шурфов	После рекультивации горных выработок почвы восстановятся через 2-3 года
Атмосфера	Пыль, выхлопные газы от автотранспорта	Ограничение работы автотранспорта с неотрегулированными двигателями
Вода и водные ресурсы	Загрязнение подземных вод при смещении раз-личных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин
	Нарушение циркуляции подземных вод и иссушение водоносных горизонтов при нарушении водоупоров буровыми скважинами и подземными выработками	Оборудование скважин оголовками
Недра	Нарушение состояния геологической среды	Гидрогеологические, гидрогеохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных

При эксплуатации месторождений способом ПСВ предусматриваются меры, максимально ограничивающие химическое и радиологическое влияние на объекты окружающей среды, а также механическое воздействие на грунты.

3.3. Рекультивация ореолов остаточных технологических растворов

На стадии ликвидации и списания блоков проводят контрольное бурение, рекультивацию ореолов остаточных технологических растворов и поверхности,

ликвидацию технологических скважин, что сопровождается следующими видами гидрогеологических работ:

- рекультивация ореолов остаточных технологических растворов;
- замеры уровней подземных вод в наблюдательных скважинах;
- опробование остаточных растворов и пластовых вод;
- опытно-фильтрационные работы.

Для наблюдений за рекультивацией используют все наблюдательные скважины и 10% технологических скважин с целью равномерного охвата всей площади блока.

Выбор способа рекультивации определяется методом выщелачивания и зависит от геолого-гидрогеологических особенностей месторождения и хозяйственного использования подземных вод. Основными способами являются:

1. *Промывка пластовыми водами.* Из блока откачиваются растворы с дальнейшим использованием их на новых блоках. При этом происходит подтягивание подземных вод естественного состава. Для достижения исходного химического состава подземных вод требуется извлечение на поверхность 5 – 10 поровых объемов отработанного блока.
2. *Естественная деминерализация.* Снижение минерализации растворов происходит естественным путем вследствие физико-химических реакций взаимодействия с вмещающими породами. Длительность процесса зависит от состава пород, их сорбционно-емкостных свойств и скорости естественного потока и может составлять десятки лет. Данный способ применяется в горизонтах, содержащих непригодные для водопользования воды. Интенсифицировать процесс деминерализации можно, вытесняя остаточные растворы сжатым воздухом или откачивая растворы из специально пробуренных скважин в стороне от отработанной залежи с одновременной закачкой воды с противоположной стороны ореола.
3. *Реагентная очистка остаточных растворов на поверхности.* Очистка растворов происходит с помощью многоступенчатых химических схем и требует специальных установок. Для достижения естественной концентрации подземных вод необходимо извлечение 5 – 10 поровых объемов жидкости из отработанного блока. Такая очистка применяется при восстановлении вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.
4. *Очистка растворов в недрах с помощью электросорбционной технологии.* В продуктивный горизонт через скважины вводят положительные электроды, а в глинистые участки разреза – катоды. Постоянный электрический ток создает направленное движение ионов металла к катоду и поглощение их глинами. Применение ограничено глубиной скважин до 100 м.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Важной задачей управления разработкой месторождений урана способом ПСВ является снижение себестоимости добычи.

Себестоимость добычи урана уменьшается с ростом продуктивности пласта, отношения метра процента к эффективной мощности продуктивного горизонт, средней производительности блока по урану, средней концентрации урана в продуктивных растворах, площади блока, приходящейся на одну технологическую скважину. Возрастание глубины скважин, удельных расходов кислоты и окислителя, массы кислоты, затраченной на закисление одной тонны горнорудной массы, приводит к повышению себестоимости.

4.1. Капитальные затраты

Капитальные затраты, вложенные в строительство и оснащение предприятия, входят в состав себестоимости в виде амортизационных отчислений. Величина капитальных вложений определяется планируемой производительностью предприятия по урану и его экономико-географическим положением.

Таблица 8 – Амортизация оборудования и транспортных средств

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тыс. тенге	Амортизационные отчисления	
		% от стоимости	тыс.тенге
1	2	3	4
Отстойники ПР и ВР	300 000	15,1	45 300
Насосы	50 000	50	25 000
Сорбционные колонны	100 000	14,3	14 300
Буферные колонны	15 000	14,3	2 145
Колонны регенерационные	15 000	14,3	2 145
Колонны расхода осаждения	20 000	14,3	2 860
Оборудование для приготовления реагентов	30 000	6	1 800
Насосы на фабрике	10 000	50	5 000
Краны подъемные	5 000	9	450

продолжение таблицы 8

1		2	3	4
Прочее подъемное транспортное оборудование		1 000	24	240
Технологические трубопроводы		50 000	6	3 000
Фильтпрессы		5 000	15	750
Прочее оборудование		20 000	15	3 000
Итого	тг	621 000 000	-	105 990 000
	\$ США	1 457 610		248 780

Эксплуатация оборудования из расчета 0,5% от стоимости всего оборудования:

$$105\,990\,000 \cdot 0,005 = 529\,950 \text{ тг}$$

Текущий ремонт оборудования из расчета 3,5% от стоимости всего оборудования:

$$105\,990\,000 \cdot 0,035 = 3\,709\,650 \text{ тг}$$

Износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря и оборудования из расчета 10 000 тенге в год на одного рабочего:

$$10\,000 \cdot 300 = 3\,000\,000 \text{ тг}$$

Общие затраты по трем показателем в долларах (принимая курс доллара на 30.03.2020 г. равным 426,04 тг.) 16 993\$

Таблица 9 – Капитальные затраты на промплощадке рудника

Статья затрат	СМР, тыс.тг.	Оборудование, тыс.тг.	Всего, тыс.тг.
1	2	3	4
Подготовка территории строительства	10 000		10 000
Основные объекты строительства	25 000	8 000	33 000

продолжение таблицы 9

1	2	3	4
Объекты подсобного и обслуживающего назначения	7 000	1 300	8 300
Объекты энергетического хозяйства	1 200	300	1 500
Объекты транспортного хозяйства и связи	2 000	500	2 500
Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения	1 000	400	1 400
Благоустройство и озеленение территории	1 000		1 000
Временные здания и сооружения	2 500		2 500
Прочие работы и затраты	5 000		5 000
Содержание дирекции строящегося предприятия	1 600		1 600
Проектные, изыскательские работы, авторский надзор	850		850
Непредвиденные затраты	30 000	5 000	35 000
Итого	87 150 000	15 500 000	102 650 000
НДС (12 %)			12 318 000
Итого сводный сметный расчет	тг		114 968 000
	\$		269 790

Прочие и непредвиденные расходы рассчитываются в размере 10% от затрат на материалы и 10% от фонда оплаты труда.

4.2. Стоимость горно-подготовительных работ блока

Расчеты ГПР и эксплуатационных расходов показаны на примере геологического блока №17-3 С1.

Расчет стоимости горно-подготовительных работ осуществлен исходя из стоимости скважин включающей стоимость бурения и обвязки.

Затраты на горно-подготовительные работы:

$$Z_{\text{ГПР}} = N_{\text{СКВ}} \cdot C_{\text{СКВ}} \cdot H \quad (4.1)$$

где $N_{\text{СКВ}}$ – количество скважин в блоке, шт;
 $C_{\text{СКВ}}$ – стоимость 1 пм технологической скважины, \$/м;
 H – глубина технологических скважин, м.

$$Z_{\text{ГПР}} = 147 \cdot 35 \cdot 280 = 1\,440\,600 \text{ \$}$$

4.3. Эксплуатационные расходы блока

Эксплуатационные расходы включают в себя затраты реагентов на выщелачивание, на подъем и транспортировку растворов, реагентов электроэнергии на переработку продуктивных растворов, а также прочие условно постоянные затраты.

Эксплуатационные затраты за весь период отработки блока:

$$Z_3 = T_3 \cdot C_3 \quad (5.1)$$

где T_3 – время отработки блока, сут;

C_3 – суточные эксплуатационные расходы по руднику, \$/сут.

$$Z_3 = 551,96 \cdot 4000 = 2\,207\,840 \text{ \$}$$

4.4. Экономическая эффективность

В связи с мировой пандемией COVID-19 цена урана на 30.04.2020г. выросла до 32,35 \$ за фунт (UxC Broker Average Price).

В проекте принимается цена закиси-окиси урана до резкого роста цен на мировом рынке, т.е. 18 470 \$ за тонну урана.

Экономическая оценка деятельности предприятия является разделением затрат на условно постоянные (не зависящие от объемов добычи) и условно переменные, а также использование системы экономических оценок по технологической принадлежности затрат.

Таблица 10 – Основные экономические показатели по предприятию

Показатели	Ед. изм.	1 год	Последующие годы
1	2	3	4
Производительность предприятия	т/год	400	500
Капитальные затраты	тг	114 968 000	-
	\$	269 790	-

продолжение таблицы 9

1	2	3	4
Амортизационные отчисления	тг	105 990 000	105 990 000
	\$	248 780	248 780
Эксплуатация, ремонт и износ оборудования	тг	7 239 600	7 239 600
	\$	16 993	16 993
Погашение ГПР	тг	1 953 989 856	976 994 928
	\$	4 586 400	2 296 200
Эксплуатационные расходы (в основном реагенты: H ₂ SO ₄ , смола, NH ₄ NO ₃ , энергозатраты и др.)	тг	497 614 720	622 018 400
	\$	1 168 000	1 460 000
ФОТ, 6 %	тг	188 855 000	236 068 764
	\$	443 280	554 100
Себестоимость 1 т урана	тг	7 171 578	3 899 182
	\$	16 833,11	9 152,15
Доход от 1 т урана	тг	697 381	2 449 730
	\$	1 636,89	9 317,85
Чистая прибыль (с учетом корпоративного налога 20%, социального налога 9,5% и инфляции 2%/год) от 1 т урана	тг	477 705	2 637 068
	\$	1 121,27	6 189,72

В результате экономических расчетов себестоимость 1 кг урана составила 91,52 \$, а чистая прибыль от добычи за каждый кг урана по месторождению Западный Мынкудук составляет 6,18 \$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе подготовки дипломного проекта были изучены геолого-литологические, структурные, гидрогеологические, геотехнологические условия участка Песчаный месторождения Западный Мынкудук в необходимых объемах для проектирования работы уранодобывающего предприятия.

В результате математических расчетов определена оптимальная схема вскрытия геологического блока №17-3 С1 и спроектирована в плане.

Проведен расчет параметров эксплуатационных блоков для достижения проектного годового выпуска урана в количестве 500 т.

В работе рассматриваются виды колматации обусловленными нарушением естественного гидравлического режима водоносного пласта. В итоге расчетов по оседанию разнодисперсных частиц кольматанта определена минимальная скорость откачки насосного оборудования для предотвращения осадка и дальнейшего уплотнения кольматанта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция развития урановой промышленности и атомной энергетики Республики Казахстан 2002-2030 годы, Постановление Правительства Республики Казахстан от 20 августа 2002 года N 926
2. Язиков В.Г. Оптимизация систем разработки пластово-инфильтрационных месторождений урана подземным выщелачиванием через скважины // автореферат. – М., 2001.
3. Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнологических свойств руд и геотехнологических условий гидрогенного типа, проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов: учеб. пособие / В.Г. Язиков, ТПУ, 2014.
4. Инструкция (методические рекомендации) по подземному скважинному выщелачиванию урана / Казатомпром, Алматы, 2006 г., 222 стр.
5. Язиков В.Г. Геотехнология металлов Текст., / В.Г. Язиков, Е.И. Рогов, В.Л. Забазнов, А.Е. Рогов Алматы, 2005- 395 с.
6. Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы: «Эверо», 2001.
7. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана: учебное пособие для вузов. – М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – С. 83–89.
8. ICCSR 26000:2011 Социальная ответственность организации.
9. СНП ПВ-99. «Санитарные правила проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации добычных полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд». Алматы, 1999.
10. НРБ-99. «Нормы радиационной безопасности». Алматы, 1999.
11. Санитарные правила работы с закрытыми источниками ионизирующих излучений при радиометрическом исследовании разрезом буровых скважин» №5.01.006-97. Алматы, 1997.
12. СГТПОРБ-2003. «Санитарно-гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности». Астана, 2003.
13. ПЛААТ – 99. «Правила организации работ по ликвидации последствий аварии при перевозке ядерных материалов автомобильным транспортом». Алматы, 1999.

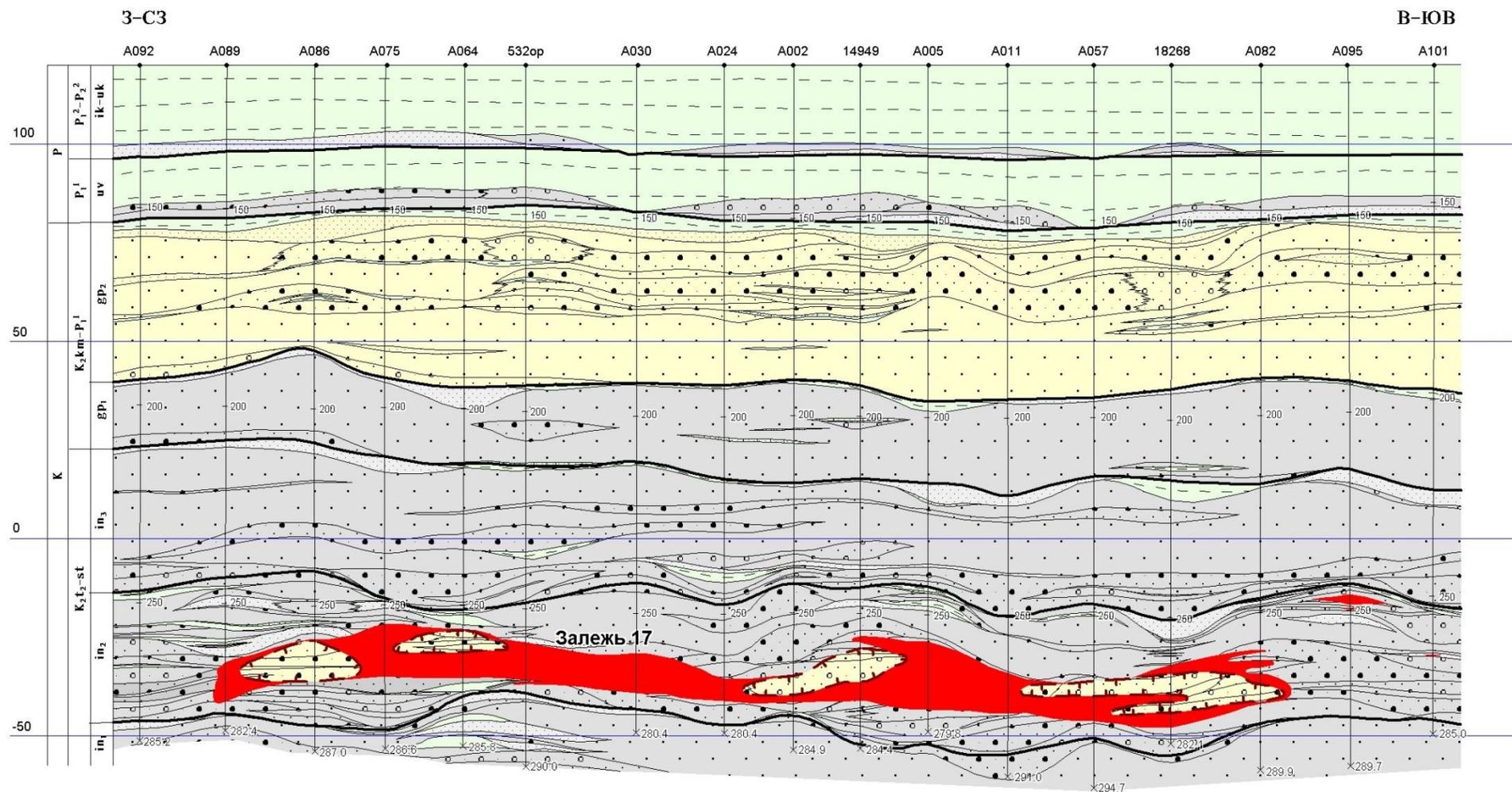


Рисунок Б.1 – Геологический разрез участка Песчаный месторождения Западный Мынкудук

Таблица В.1 – Геотехнологическая классификация уч.Песчаный месторождения Западный Мынкудук по В.Г.Язикову

Геолого-промышленный тип			Пластово-инфильтрационные (региональных зон пластового окисления)				
Геотехнологический подтип			Весьма благоприятные для отработки методом ПСВ	Благоприятные для отработки методом ПСВ	Менее благоприятные для отработки методом ПСВ	Неблагоприятные для отработки методом ПСВ	
1	2	3	4	5	6	7	
Геотехнологические свойства	характеристики	Наличие и состояние водоупоров		Наличие прерывистого верхнего и сплошного надежного нижнего			
		Положение рудного тела в водоносном горизонте			В средней части		
		Расположение рудных тел в вертикальном разрезе			Трёхярусные		
	параметры	Масштабы месторождений в зависимости от достоверно разведанных запасов урана			Крупные от 10 до 100 тыс.т		
		Зависимость скорости выщелачивания от скорости фильтрации			0,5 – 0,75		
		Продуктивность пласта			Рядовые руды (3 - 5 кг/м ²)		
		Мощность продуктивного горизонта			20 – 50 м		
		Отношение мощности рудного тела и эффективной мощности рудовмещающего горизонта			От 1:2 до 1:5		
		Коэффициент фильтрационной неоднородности			Однородные ($K_n = 0,75-0,5$)		
		Глубина залегания рудных тел			100 – 500 м		
		Глубина залегания уровня подземных вод			10 – 50 м		
		Температура подземных вод			10 – 30°C		
		Степень извлечения урана			0,9 – 0,7		
		Отношение Ж:Т			1 – 3		

продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	
Геотехнологические свойства	характеристики	Литологический состав				Не отсортированные разно и мелко-среднезернистые пески с примесью глинисто-алевритовых частиц до 20-30%	
		Морфология рудных тел			Средняя (мешковая) часть ролла		
	параметры	Вещественный состав вмещающих пород	Кислотное ПСВ	Слабокарбонатные (CO ₂ <2%)			
			Карбонатное ПСВ				Слабокарбонатные (CO ₂ <2%)
		Проницаемость руд		Высоко проница-емые K _ф > 10 м/сут			
		Водообильность руд		Высоководобильные более 1 л/с			
		Ширина рудных тел			Умеренно широкие (от 100 до 300м)		
Запасы полезного компонента в проницаемых рудах				60 – 80 %			

Таблица В.2 – Классификация месторождения по среднему содержанию урана в ПР

	Весьма благоприятные для отработки методом	Благоприятные для отработки методом ПСВ	Менее благоприятные для отработки методом ПСВ	Неблагоприятные для отработки методом ПСВ
Среднее содержание урана в ПР	более 100 мг/л	30 – 100 мг/л	10 – 30 мг/л	менее 10 мг/л

Расчет геотехнологических параметров блока № 17-3 С1

Данные для расчетов показаны в таблице 1.

Другие условные обозначения расчётных параметров и характеристик:

- R_0 – оптимальный радиус ячейки, м;
- R_1 – приближенный радиус ячейки, м;
- f – отношение Ж:Т;
- a – расстояние между скважинами в ряду, м;
- b – расстояние между рядами, м;
- ξ – отношение расстояния между рядами к расстоянию между скважинами в ряду;
- β – отношение скорости выщелачивания к средней скорости фильтрации раствора;
- $T_э$ – время выщелачивания, лет;
- $T_{зак}$ – время закисления, сут;
- S_k – показатель скин-эффекта;
- $C_{скв}$ – стоимость 1 пм технологической скважины, \$ США/м;
- $C_э$ – суточные эксплуатационные расходы по руднику, \$ США/сут.
- n – соотношения технологических скважин (ЗС/ОС):
 - для рядной схемы $n = 1,6$;
 - для квадратной схемы $n = 2$;
 - для гексагональной схемы $n = 2,6$.

Оптимальный радиус ячейки

В ячеистых схемах главным параметром является – R, радиус ячейки и ее площадь; для рядной схемы дополнительно соотношение сторон b/a, которое, как правило, равно единице, т.е. a=b (рис.).

Линейное расположение скважин:

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{S(n+1) \cdot H \cdot C_{скв} \cdot K_{\phi} \cdot \beta(nS_H + S_0) \cdot \pi(\xi^2 + 0,25)^2 \cdot \ln\left(\ln \frac{R_1}{R_c}\right)}{165 \cdot f \cdot \rho \cdot \xi \cdot (\xi + 1)^2 \cdot C_э}}, \text{ м} \quad (1.1)$$

$$\text{где } \beta = \frac{11,04}{\alpha \cdot \left(\ln \frac{R_1}{R_c} + S_k\right) \cdot \ln\left(\ln \frac{R_1}{R_c}\right)} = \frac{11,04}{1,34 \cdot \left(\ln \frac{50}{0,05} + 1\right) \cdot \ln\left(\ln \frac{50}{0,05}\right)} = 0,54 \quad (1.2)$$

Тогда:

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{233000 \cdot (1,6 + 1) \cdot 280 \cdot 35 \cdot 15,5 \cdot 0,54 \cdot (1,6 \cdot 35 + 10) \cdot \pi(1^2 + 0,25)^2 \cdot \ln\left(\ln \frac{50}{0,05}\right)}{165 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot (1 + 1)^2 \cdot 4000}} = 46,37 \text{ м}$$

Расстояние между откачным и закачным рядом:

$$b = \frac{R_0 \cdot \xi}{\sqrt{\xi^2 + 0,25}} = \frac{46,37 \cdot 1}{\sqrt{1^2 + 0,25}} = 41,5 \text{ м} \quad (1.3)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = b = \frac{R_0}{\sqrt{\xi^2 + 0,25}} = \frac{46,37}{\sqrt{1^2 + 0,25}} = 41,5 \text{ м} \quad (1.4)$$

Для квадратной ячейки:

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{S(n + 1) \cdot H \cdot C_{\text{СКВ}} \cdot K_{\phi} \cdot \beta(nS_H + S_0) \cdot \pi(\xi^2 + 1)^2 \cdot \ln\left(\ln \frac{R_1}{R_c}\right)}{331 \cdot f \cdot \rho \cdot \xi \cdot (\xi + 1)^2 \cdot C_3}}, \text{ м} \quad (2.1)$$

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{233000 \cdot (2 + 1) \cdot 280 \cdot 35 \cdot 15,5 \cdot 0,54 \cdot (2 \cdot 35 + 10) \cdot \pi(0,5^2 + 0,25)^2 \cdot \ln\left(\ln \frac{50}{0,05}\right)}{331 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot 0,5 \cdot (0,5 + 1)^2 \cdot 4000}} = 36,8 \text{ м}$$

тогда сторона квадрата a :

$$a = \frac{2R_0}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot 36,8}{\sqrt{2}} = 52 \text{ м} \quad (2.2)$$

Для гексагональной схемы:

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{S(n + 1) \cdot H \cdot C_{\text{СКВ}} \cdot K_{\phi} \cdot \beta(nS_H + S_0) \cdot \pi \cdot \ln\left(\ln \frac{R_1}{R_c}\right)}{396 \cdot f \cdot \rho \cdot C_3}}, \text{ м} \quad (3.1)$$

где

$$\beta = \frac{4,23}{\left(\ln \frac{R_1}{R_c} + S_k\right) \cdot \ln\left(\ln \frac{R_1}{R_c}\right)} = \frac{4,23}{\left(\ln \frac{50}{0,05} + 1\right) \cdot \ln\left(\ln \frac{50}{0,05}\right)} = 0,27 \quad (3.2)$$

$$R_0 = \sqrt[4]{\frac{233000 \cdot (2.6 + 1) \cdot 280 \cdot 35 \cdot 15,5 \cdot 0,27 \cdot (2,6 \cdot 35 + 10) \cdot \pi \cdot \ln\left(\ln\frac{50}{0,05}\right)}{396 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot 4000}} = 46,9 \text{ м}$$

Время закисления блока

При рядной схеме вскрытия:

$$T_{\text{зак}} = \frac{144 \cdot R_0^2 \cdot K_{\text{п}}}{K_{\text{ф}} \cdot n \cdot S_{\text{н}} \cdot \ln\left(\ln\frac{R_0}{R_{\text{с}}}\right)}, \text{сут} \quad (4.1)$$

$$T_{\text{зак}} = \frac{144 \cdot 46,37^2 \cdot 0,25}{15,5 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot \ln\left(\ln\frac{46,37}{0,05}\right)} = 46,4 \text{ сут}$$

При квадратной схеме:

$$T_{\text{зак}} = \frac{174 \cdot R_0^2 \cdot K_{\text{п}}}{K_{\text{ф}} \cdot n \cdot S_{\text{н}} \cdot \ln\left(\ln\frac{R_0}{R_{\text{с}}}\right)}, \text{сут} \quad (4.2)$$

$$T_{\text{зак}} = \frac{174 \cdot 36,8^2 \cdot 0,25}{15,5 \cdot 2 \cdot 35 \cdot \ln\left(\ln\frac{36,8}{0,05}\right)} = 28,77 \text{ сут}$$

При гексагональной схеме вскрытия:

$$T_{\text{зак}} = \frac{160 \cdot R_0^2 \cdot K_{\text{п}}}{K_{\text{ф}} \cdot n \cdot S_{\text{н}} \cdot \ln\left(\ln\frac{R_0}{R_{\text{с}}}\right)}, \text{сут} \quad (4.3)$$

$$T_{\text{зак}} = \frac{160 \cdot 46,9^2 \cdot 0,25}{15,5 \cdot 2,6 \cdot 35 \cdot \ln\left(\ln\frac{46,9}{0,05}\right)} = 32,43 \text{ сут}$$

Время выщелачивания блока

При рядной схеме вскрытия:

$$T_3 = \frac{144 \cdot R_0^2 \cdot \rho \cdot f}{\beta \cdot K_\phi (nS_H + S_0) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_0}{R_c} \right)}, \text{сут} \quad (5.1)$$

$$T_3 = \frac{144 \cdot 46,37^2 \cdot 1,7 \cdot 1,5}{0,54 \cdot 15,5 \cdot (1,6 \cdot 35 + 10) \cdot \ln \left(\ln \frac{46,37}{0,05} \right)} = 743,75 \text{ сут}$$

При квадратной схеме:

$$T_3 = \frac{144 \cdot R_0^2 \cdot \rho \cdot f}{\beta \cdot K_\phi (nS_H + S_0) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_0}{R_c} \right)}, \text{сут} \quad (5.2)$$

$$T_3 = \frac{144 \cdot 36,8^2 \cdot 1,7 \cdot 1,5}{0,54 \cdot 15,5 \cdot (2 \cdot 35 + 10) \cdot \ln \left(\ln \frac{36,8}{0,05} \right)} = 393,5 \text{ сут}$$

При гексагональной схеме вскрытия:

$$T_3 = \frac{160 \cdot R_0^2 \cdot \rho \cdot f}{\beta \cdot K_\phi (nS_H + S_0) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_0}{R_c} \right)}, \text{сут} \quad (5.3)$$

$$T_3 = \frac{160 \cdot 56,24^2 \cdot 1,7 \cdot 1,5}{0,54 \cdot 15,5 \cdot (2,6 \cdot 35 + 10) \cdot \ln \left(\ln \frac{56,24}{0,05} \right)} = 551,96 \text{ сут}$$

Общее количество скважин в блоке

$$N = \frac{S_{\text{бл}}}{S_{\text{я}}} (n + 1), \text{шт} \quad (6.1)$$

При рядной схеме вскрытия:

$$S_{\text{я}} = 2 \cdot b \cdot a = 2 \cdot 41,5 \cdot 41,5 = 3444,5 \text{ м}^2 \quad (6.2)$$

$$N = \frac{233000}{3444,5} (1.6 + 1) = 175,87 \approx 176 \text{ шт},$$

где 68 откачных и 108 закачных скважин.

При квадратной схеме:

$$S_{\text{я}} = a^2 = 52^2 = 2704 \text{ м}^2 \quad (6.3)$$

$$N = \frac{233000}{2704} (2 + 1) = 258,5 \approx 259 \text{ шт},$$

где 86 откачных и 173 закачных скважин.

При гексагональной схеме вскрытия:

$$S_{\text{я}} = \frac{3\sqrt{3} \cdot R_0^2}{2} = \frac{3\sqrt{3} \cdot 46,9^2}{2} = 5714,75 \text{ м}^2 \quad (6.4)$$

$$N = \frac{233000}{5714,75} (2.6 + 1) = 146,78 \approx 147 \text{ шт}$$

где 40 откачных и 107 закачных скважин.