

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

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

Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова

**Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых**

Алтыбаев Магжан Ибадуллаұлы

**«Геолого-структурные условия локализации уранового оруденения и
совершенствование методов отработки урановых залежей на примере
месторождения Инкай»**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Специальность 6М070600 – «Геология и разведка урановых
месторождений/геохимия»**

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Алтыбаев Магжан Ибадуллаұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Геолого-структурные условия
локализации уранового оруденения
и совершенствование методов
отработки урановых залежей на
примере месторождения «Инкай»
6М070600 – Геология и разведка
урановых месторождений/Геохимия

Направление подготовки

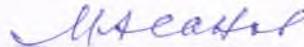
Научный руководитель

Кандидат геол.- минер.наук.,

ассоц. профессор

каф. «ГСПиРМПИ», КазННТУ

имени К.И. Сатпаева

 М.А. Асанов

« 10 » декабрь 2019 г.

Рецензент

доктор технических наук,

профессор каф. «Горное дело» КазННТУ

имени К.И. Сатпаева

 Х.А. Юсупов

« 10 » ноябрь 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук, лектор

 С.К. Асубаева

« 3 » 12 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ

доктор PhD, ассоц. профессор

 А.А. Бекботаева

« 10 » 12 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки МПИ

6М070600 - «Геология и разведка урановых месторождений/Геохимия»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ГСПиРМПИ
доктор РнД, ассоц. профессор
А.А. Бекботаева
«10» _____ 2019 г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Алтыбаеву Магжану Ибадуллаұлы

Тема: «Геолого-структурные условия локализации уранового оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей на примере месторождения «Инкай»»

Утвержденный советом института № 1193-М от «29» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной диссертации: «12» декабря 2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации – текстовые и графические материалы производственной, исследовательской и экспериментальной практики

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) совершенствование методов отработки урановых залежей месторождений Инкай с учетом результатов экспериментальных работ;
- б) участие в разработке методов и способов экспериментальных работ при отработке урановых залежей месторождения Инкай;
- в) участие в составлении отчета по результатам экспериментальных работ;
- г) расчет экономической эффективности внедрения результатов экспериментальных работ;
- д) рекомендации по результатам магистерской диссертации для внедрения при разработке урановых залежей гидрогенного типа;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- а) геологическая карта месторождения Инкай;
- б) геологический разрез месторождения Инкай;
- в) карта-схема, геолого-технологические разрезы по экспериментальному блоку №108;

Рекомендуемая основная литература:

1 Проект промышленной разработки участка №1,2,3 месторождения урана Инкай в Созакском районе Южно-Казахстанской области(Книга 1,Добычной комплекс ПСВ).

2 Отчет по результатам геотехнологической оценки промышленной эксплуатации технологического блока №108-2019г.

3 Инструкция по применению Классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008, -296 с.

4 Мамилов В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980, - 240 с.

5 Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана.//под ред. Скороварова Д.И.-М.:Энергоатомиздат, 1997

6 Глазунов И.С, Определение рациональных сеток рабочих скважин.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	20.09.2019	
Практика отработки урановых месторождений	04.09.2019	
Краткое характеристика района работ и месторождения урана «Инкай»	04.09.2019	
Геолог-структурные условия оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей месторождения «Инкай»	10.11.2019	
Экономическая эффективность предлагаемой технологии	20.11.2019	
Заключение	26.11.2019	

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	кандидат геол.- минер. наук, ассоц. профессор каф. ГСПиРМПИ М.А.Асанов	1.11.2019	
Практика отработки урановых месторождений		5.11.2019	
Краткое характеристика района работ и месторождения урана «Инкай»		10.11.2019	
Геолог-структурные условия оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей месторождения «Инкай»		18.11.2019	
Экономическая эффективность предлагаемой технологии		22.11.2019	
Заключение		26.11.2019	
Нормоконтролер	канд. геол.- минерал. наук, лектор С.К.Асубаева	03.12.2019	

Научный руководитель  /М.А.Асанов/
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант  /М.И.Алтыбаев /
(подпись)

Дата « 10 » 12 2019 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки МПИ

6М070600 - «Геология и разведка урановых
месторождений/Геохимия»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ
доктор PhD, ассоц. профессор
_____ А.А. Бекботаева

« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Алтыбаеву Магжану Ибадуллаұлы

Тема: «Геолого-структурные условия локализации уранового оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей на примере месторождения «Инкай»»

Утвержденный советом института № 1193-М от «29» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной диссертации: «12» декабря 2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации – текстовые и графические материалы производственной, исследовательской и экспериментальной практики

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) совершенствование методов отработки урановых залежей месторождений Инкай с учетом результатов экспериментальных работ;
- б) участие в разработке методов и способов экспериментальных работ при отработке урановых залежей месторождения Инкай;
- в) участие в составлении отчета по результатам экспериментальных работ;
- г) расчет экономической эффективности внедрения результатов экспериментальных работ;
- д) рекомендации по результатам магистерской диссертации для внедрения при разработке урановых залежей гидрогенного типа;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- а) геологическая карта месторождения Инкай;
- б) геологический разрез месторождения Инкай;
- в) карта-схема, геолого-технологические разрезы по экспериментальному блоку №108;

Рекомендуемая основная литература:

1 Проект промышленной разработки участка №1,2,3 месторождения урана Инкай в Созакском районе Южно-Казахстанской области (Книга 1, Добычный комплекс ПСВ).

2 Отчет по результатам геотехнологической оценки промышленной эксплуатации технологического блока №108-2019г.

3 Инструкция по применению Классификации запасов к гидrogenным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008, -296 с.

4 Мамилов В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980, - 240 с.

5 Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. // под ред. Скороварова Д.И.-М.: Энергоатомиздат, 1997

6 Глазунов И.С., Определение рациональных сеток рабочих скважин.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	20.09.2019	
Практика отработки урановых месторождений	04.09.2019	
Краткое характеристика района работ и месторождения урана «Инкай»	04.09.2019	
Геолог-структурные условия оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей месторождения «Инкай»	10.11.2019	
Экономическая эффективность предлагаемой технологии	20.11.2019	
Закключение	26.11.2019	

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	кандидат геол.- минер. наук, ассоц. профессор каф. ГСПиРМПИ М.А.Асанов	1.11.2019	
Практика отработки урановых месторождений		5.11.2019	
Краткое характеристика района работ и месторождения урана «Инкай»		10.11.2019	
Геолог-структурные условия оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей месторождения «Инкай»		18.11.2019	
Экономическая эффективность предлагаемой технологии		22.11.2019	
Заключение		26.11.2019	
Нормоконтролер	канд. геол.- минерал. наук, лектор каф. ГСПиРМПИ С.К.Асубаева	03.12.2019	

Научный руководитель _____ /М.А.Асанов/
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант _____ /М.И.Алтыбаев /
(подпись)

Дата
2019 г.

« _____ » _____

АННОТАЦИЯ

Диссертационный работе изучены процессы и проблемы при разработке гидрогенных урановых залежей месторождения «Инкай». В процессе эксплуатации технологических блоков, как правило содержания урана в продуктивных растворе меньше а срок отработки больше чем указано проекте на разработке месторождения.

Для устранения этого недостатка в работе предложена технология которое заключается бурение двух дополнительных наблюдательных скважин которое последующие будет служит как откачные скважины с построением гидродинамического 3D модели(выявление и оконтурование застойных зон за счет запасов которых будет происходить увеличение содержания урана в продуктивных растворах).

Предлагаемое технология обеспечить повышение содержание урана в продуктивных растворе 7,5% и снижает срок отработки выбранного экспериментального технологического блока месторождения до 5 месяцев.

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыста "Инкай" кен орнының гидрогенді уран шоғырларын әзірлеу кезіндегі үдерістер мен проблемалар зерделенді. Технологиялық блоктарды пайдалану процесінде, әдетте, өнімді ерітіндідегі уранның мөлшері аз, ал өңдеу мерзімі кен орнын игеру жобасында көрсетілгеннен көп.

Бұл кемшілікті жою үшін жұмыста екі қосымша бақылау ұңғымасын бұрғылау технологиясы ұсынылған, ол келесісі гидродинамикалық 3D үлгісін (қор есебінен өнімді ерітінділерде уран құрамының артуы болатын іркіліс аймақтарын анықтау және контурлау) құрумен сору ұңғымалары ретінде қызмет етеді.

Ұсынылып отырған технология өнімді ерітіндідегі уран мөлшерін 7,5% арттыруды қамтамасыз ету және кен орнының таңдалған тәжірибелік технологиялық блогын өңдеу мерзімін 5 айға дейін төмендетеді.

ANNOTATION

The dissertation work studied the processes and problems in the development of hydrogenic uranium deposits of the field "Inkai". In the process of operation of technological units, as a rule, the uranium content in the productive solution is less and the working life is longer than specified in the project on the development of the field.

To eliminate this drawback in the proposed technology which consists of drilling two additional observation wells which will then serve as pumping wells with the construction of a hydrodynamic 3D model (identification and delineation of stagnant zones due to reserves which will increase the content of uranium in productive solutions).

The proposed technology provides an increase in the uranium content in the productive solution of 7.5% and reduces the term of development of the selected experimental technological block of the field to 5 months.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Практика отработки урановых месторождений	11
1.1 Современное состояние урановой отрасли	11
1.2 Анализ опыта применения подземного скважинного выщелачивания урана	12
2. Краткое характеристика района работ и месторождения урана «Инкай»	16
2.1 Физико-географический очерк	16
2.2.Геологическая характеристика месторождения « Инкай»	18
2.2.1 Открытые и разведка	18
2.2.2 Стратиграфическая характеристика района исследования	
2.2.3 Тектонические особенности района месторождения «Инкай»	20
3. Геолого-структурные условия оруденения и совершенствование методов отработки урановых залежей месторождения « Инкай»	23
3.1 Геолого- структурные и гидрогеологические особенности месторождения «Инкай»	23
3.1.1 Химический состав руд и вмещающих пород	28
3.1.2 Радиогидрогеомическая характеристика подземных вод	29
3.1.3 Морфология рудных залежей	30
3.1.4 Урановая минерализация ,вещественный состав руд	31
3.2 Детальный анализ геолого-технологических показателей отработки залежей и выбор блока для проведения экспериментальных работ	37
3.2.1 Построение геолого-литологической модели технологического блока №108	40
3.2.2 Составление базы данных исследование	40
3.2.3 Моделирование литологии экспериментального блока №108	40
3.2.4 Моделирование зоны активной фильтрации блока №108	41
3.3 Построение гидродинамической модели технологического блока №108	42
3.4 Выводы и рекомендаций	42
4. Экономическая эффективность предлагаемой технологии	44
Заключение	46
Список использованной литературы	47
Приложений и таблицы	50-72

ВВЕДЕНИЕ

Объем и эффективность производства и потребления энергии в значительной степени определяет уровень развития страны и благосостояния ее населения. В двадцатом столетии потребление энергии человечеством увеличивалось примерно в 2-3 раза через каждые 30 лет и продолжает увеличиваться хотя и с меньшими темпами. Это придает энергетике особый характер как отрасли национальной экономики, без развития которой нельзя решить задачи развития народного хозяйства и подъема жизненного уровня людей.

Одним из основных направлений Концепции развития урановой промышленности и атомной энергетики Республики Казахстан до 2030 годы является модернизация и расширение добычи и производства уранового топлива.[1] (Постановление Правительства Республики Казахстан от 20 августа 2002 года № 926 О Концепции развития урановой промышленности и атомной энергетики Республики Казахстан на 2002-2030 годы).

В настоящее время при отработке месторождения традиционными методами ПСВ урана через определенное время наблюдается резкое снижение содержания урана в продуктивном растворе, что несоответствие проектным данным, из-за этого увеличивается срок отработки технологического блока, что приводит к дополнительным материальным трудовым затратам.

Целью настоящей работы является совершенствование методов отработки урановых залежей (выявление и оконтуривание застойных зон за счет запасов которых будет происходить увеличение содержания урана в продуктивных растворах) с учетом геолого-структурных условий локализации уранового руденения на примере месторождения «Инкай»

Идея работы заключается в составлении гидродинамических 3D модели с использованием дополнительных наблюдательных скважин для выявления застойных зон и расчета гидродинамических модели.

Для решения вышеуказанных проблем можно выделить следующие **задачи исследования:**

- анализ и обобщения опыта по повышению эффективности ПСВ урана в горно-геологических условиях;
- моделирование литологии и зоны активной фильтрации
- обработка результатов исследования и выдача рекомендации

Предметом исследования является геотехнологический блок №108 – участка «№1» месторождения «Инкай».

Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов обеспечена значительным количеством принятых исходных данных с соблюдением принципов ПВ, решением

аналитических задач с последующей проверкой их в производственных условиях.

Научная новизна:

- построение гидродинамических 3d модели с учетом фильтрационных свойств руд (выявление и оконтуривание застойных зон за счет запасов которых будет происходить увеличение содержания урана в продуктивных растворах) горных пород;
- разработано технология повышения содержания урана в ПР с использованием дополнительных наблюдательных скважин с учетом гидродинамических модели.

Личный вклад диссертанта. Детальный анализ горно-геологических и геотехнологических условий месторождения, литературных источников по теме исследования, участие в экспериментальных исследованиях для выявления застойных зон в гидродинамической 3D модели, сбор статистических данных, обработка данных и подведение результатов с выводами.

Практическая значимость работы: повышение содержания урана продуктивных растворах, что снижает срок отработки технологических блоков и потери урана в недрах.

Публикации: по диссертации опубликована 1 статья.

Объём и структура работы: Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, список используемой литературы из 34 наименований и содержит 72 страницу машинописного текста, 21 приложение, 15 таблиц.

Автор выражает искреннюю признательность и благодарность научному руководителю профессору Асанову М.А. и руководителю от производства Горбатенко О.А. а также сотрудникам кафедры «ГСПиРМПИ» университета Сатпаева за полезные советы, ценные замечания и постоянное внимание в ходе выполнения данной работы.

1.1 Современное состояние урановой отрасли

В последние годы наиболее значимое влияние на состояние и тенденции развития мирового рынка урана оказывает ядерная энергетика, которая занимает 4-е место в мировом энергетическом балансе после угольной (40%), газовой (21%) и гидроэнергетики (более 16%) [2]. С учетом роста населения планеты и масштабного развития промышленности потребность в электроэнергии увеличивается более быстрыми темпами относительно сделанных ранее прогнозов. При этом, как прогнозируют эксперты, новые источники энергии начнут работать в промышленном масштабе и по конкурентоспособным ценам не ранее 2030 года. Все острее встает проблема нехватки ископаемых энергоресурсов: относительно дешевые и доступные ресурсы нефти, газа, угля в ближайшем будущем будут добыты из недр.

Решением проблемы является активное развитие ядерной энергетики, одной из молодых и динамично развивающихся отраслей всемирной экономики. Атомная отрасль имеет большую возможность выступить локомотивом для развития других отраслей. Она обеспечивает заказ, а значит — и ресурс развития машиностроению, металлургии, материаловедению, геологии, строительной индустрии и т.д. [3].

Очевидно, что развитие мировой атомной энергетики выдвигает повышенные требования к её надёжному и долгосрочному сырьевому обеспечению [3].

В мире действует 436 блоков АЭС общей установленной мощностью 372 ГВт. Основные действующие мощности расположены в США (104), Франции (59), Японии (53) и России (31). Ведется строительство 49 новых реакторов общей установленной мощностью 44 ГВт (Приложение А-1) [4].

Количество действующих атомных блоков возрастет на 88 % . Рост мощностей атомной энергетики составит 119%. Наиболее активное развитие АЭ планируется в Китае и Индии. В России планируется увеличение мощностей АЭС в 2.5 раза (Приложение А-2).

Прогноз Всемирной Ядерной Ассоциации (WNA, 2017): Реакторные потребности к 2030 г. увеличатся с 68 тыс. до 104 тыс.т урана (на 53%) Добыча урана должна увеличиться с текущих 50 тыс.т до 99 тыс.т (Приложение А-3).

Казахстан занимает 2 место в мире по разведанным запасам – 15% от мировых запасов. Из них 78% запасов урана Казахстана сосредоточено в месторождениях песчаникового типа, в водонасыщенных проницаемых породах. Это составляет 67% разведанных мировых запасов урана

пригодных для отработки методом подземного выщелачивания. Казахстанский урановый концентрат обеспечивает более 40% потребности мировой мирной атомной энергетики. В Казахстане добычей урана занимается национальная атомная компания Казатомпром, доля добычи урана, в мировом объеме которого составляет более 24%. В настоящее время более 26% урана в мире добывается методом ПСВ (Приложение А-4).

1.2 Анализ опыта применения подземного скважинного выщелачивания урана

Подземное выщелачивание полезных ископаемых, метод добычи полезного ископаемого избирательным растворением его химическими реагентами в рудном теле на месте залегания с извлечением на поверхность.

Подземное выщелачивание применяется для добычи цветных металлов и редких элементов, имеются предпосылки использования его для разработки фосфатов, боратов и др.

Подземное выщелачивание цветных металлов известно с 16 в. (Испания), в крупных промышленных масштабах метод впервые освоен на медном руднике Канаде в Мексике (1924) и на медноколчеданных месторождениях Урала (1939 – 42 гг). Подземное выщелачивание применялся в ряде стран (США, СССР, Франция, Япония, ГДР и др.); в 1974 этим способом было получено 20% мировой добычи меди. Выбор растворителя при подземном выщелачивании зависит от состава руды и характера химического соединения, образуемого полезным компонентом [5-7].

В истории подземного выщелачивания урана можно выделить несколько периодов:

1. Начало 60-х годов прошлого столетия связано с созданием технологий подземного выщелачивания независимо в СССР и США с использованием схожих технологических подходов. Метод был предназначен для извлечения урана из типичных месторождений роллового типа (подвид урановых месторождений песчаникового типа), расположенных в водонасыщенных проницаемых породах, в которых нельзя было использовать обычные способы добычи. В СССР развивались технологии сернокислотного, а в США – содового выщелачивания.

2. 70-е и 80-е годы – становление ПСВ. В этот период были открыты основные месторождения, создана сырьевая база и начато активное развитие подземного выщелачивания в бывшем СССР (построены основные рудники в Казахстане и Узбекистане) и в США (11

рудников по ПСВ). Начата добыча урана на рудниках по ПСВ в Болгарии, Чехии, Китае.

3. 90-е годы – период застоя, связанный с конверсией урановой промышленности, снижением потребностей в уране и падением цен на уран. Поддерживались и незначительно развивались ранее созданные мощности в Казахстане и Узбекистане, были закрыты большинство рудников ПСВ в США и Европе, созданы небольшие рудники в России и в Австралии.

4. 2000-е годы ознаменовались резкой активизацией добычи урана методом ПСВ в Казахстане (8 новых рудников), в меньшей степени в Узбекистане (замещение выбывающих мощностей), в США, России и Австралии.

5. Современный период после 2010 года. Дальнейшее развитие ПСВ на действующих и новых рудниках в Казахстане, США, России.

В середине прошлого столетия геологами Краснохолмской экспедиции (ныне ГП НПЦ «Урангеология», г. Ташкент) в центре пустыни Кызылкум было открыто и разведано урановое месторождение Учкудук нового, неизвестного до того времени типа. Вскоре в Кызылкумском регионе по выявленным критериям были обнаружены и разведаны аналогичные месторождения и рудопроявления (Сугралы, Северный и Южный Букинай, Кетменчи и многие другие). Затем подобные объекты были открыты и в других регионах бывшего СССР и зарубежных стран.

Такие месторождения, имеющие широкое распространение на нашей планете, получили название «эпигенетических инфильтрационного (учкудукского) типа». Их происхождение связано с гипергенными процессами в краевых частях межгорных и предгорных впадин, заполненных осадочными породами мезозой-кайнозойского чехла и в примыкающих к ним невысоких горах, сложенных коренными кристаллическими породами подстилающего фундамента.

В 1962 г. впервые было высказано мнение о возможности применения метода ПСВ урана из забалансовых руд инфильтрационных месторождений Учкудук в их естественном залегании. Основанием к этому послужили наблюдаемые случаи обогащения ураном (до 50–100 мг/л) подземных вод в дренажных скважинах и траншеях горных выработок. Эта возможность была проверена первыми опытными работами по ПСВ на залежи 30 (участок ПВ-101), начатыми в 1963 г. Были опробованы три способа выщелачивания – водное, содовое и кислотное с применением в качестве окислителя кислорода воздуха. Полученный опыт позволил приступить к опытно-промышленной отработке залежи. Выполненные работы позволили разработать технологию добычи, выявить преимущества метода ПСВ перед традиционными подземными и открытыми горными работами.

К началу работ в 1963 г. на залежи №30 опыта отработки урановых месторождений методом ПСВ в отечественной и мировой практике не существовало.

Переход от горного способа добычи к подземному выщелачиванию потребовал интенсивного проведения научно-исследовательских работ с целью изучения распределения урана и механизма процесса выщелачивания в недрах, режимов отработки, оптимизации и интенсификации процесса, отработки технологии извлечения урана из растворов ПВ. В связи с этим в 1965 г. в ЦНИЛ Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) была создана группа подземного выщелачивания в составе горно-геологической лаборатории. Лаборатория ПСВ была создана в 1974 г., а в 1986 г. она объединилась с технологической лабораторией, образовав лабораторию технологии и геотехнологии. К работе были привлечены ВНИИХТ и ПромНИИПроект, на некоторых этапах научно-исследовательских работ – ВСЕГИНГЕО, МГРИ, ВИМС, ИГЕМ и др.

В целом, в связи с развитием ядерной энергетики в 1970–1990 гг. на предприятиях Министерства среднего машиностроения, расположенных преимущественно в Украине, Узбекистане, Киргизии, Казахстане и Таджикистане, были достигнуты высокие производственные показатели по добыче урана методом подземного выщелачивания. Накоплен значительный опыт в разведке, промышленной отработке и методике исследований, представляющий определенный интерес и для извлечения из руд других металлов.

В связи с этим в мире за последнее десятилетие доля добычи урана подземным выщелачиванием относительно других методов добычи выросла с 20 до 48 % (2015 г.).

Абсолютная добыча этим способом за этот же период увеличилась в 3,7 раз: с 7 926 т в 2004 до 29 197 т в 2015 году. Основной прирост обеспечил Казахстан, увеличив добычу ПСВ за 10 лет более чем в шесть раз – до 23 800 т в 2015 г., Узбекистан добыл 2385 т. Оставшаяся часть была добыта Россией, США, Австралией и Китаем.

Подземное выщелачивание относится к фильтрационным процессам и основано на химических реакциях «твёрдое тело — жидкость». При подземном выщелачивании проницаемых рудных тел месторождение вскрывается системой скважин, располагаемых (в плане) рядами, многоугольниками, кольцами. В скважины подают растворитель, который, фильтруясь по пласту, выщелачивает полезные компоненты. Продуктивный раствор откачивается через откачные скважины. В случае монолитных непроницаемых рудных тел залежь вскрывают подземными горными выработками, отдельные рудные блоки дробят с помощью буровзрывных работ. Затем на верхнем горизонте массив орошают растворителем, который, стекая вниз, растворяет полезное ископаемое.

На нижнем горизонте растворы собирают и перекачивают на поверхность для переработки.

В процессе разведки гидрогенных месторождений на опытных полигонах должна быть доказана целесообразность использования метода подземного выщелачивания, для чего непременно определяют геотехнологические показатели отработки этих месторождений. Без успешно проведенного опыта с благоприятными результатами Государственная комиссия по запасам не принимает месторождение для промышленной отработки.

Для количественной оценки показателей процесса на опытном много скважинном полигоне ПВ должен быть участок (так называемая центральная ячейка), эксплуатирующийся без разубоживания продуктивных растворов пластовыми водами и имеющий практически постоянный гидродинамический контур.

При скважинном способе вскрытия основной и главной выработкой является технологическая скважина, сооружаемая с поверхности, так как она не только вскрывает залежи, но и подготавливает их к добыче и через нее осуществляется непосредственная добыча этих залежь, т.е. является одновременно вскрывающей, подготовительной и очистной выработкой[8]. Поэтому к технологическим скважинам предъявляются особые условия, которое регламентируется в специальных инструкциях.

Технологические скважины подразделяются на закачные (нагнетательные), обеспечивающие подачу реагента в недра, и откачные (разгрузочные), обеспечивающие извлечение полезного компонента. Кроме того, на предприятиях сооружаются вспомогательные скважины различного целевого назначения (наблюдательные, разведочные, контрольные, барражные и др.)

Схема вскрытия продуктивного горизонта включает схему расположения технологических скважин по площади месторождения и схему установки фильтров в разрезе продуктивного горизонта.

2. КРАТКОЕ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА «ИНКАЙ»

2.1 Физико-географический очерк

Гидрогенное урановое месторождение Инкай приурочено к Шу Сарысуйской урановой провинции.

В административном отношении рудник ПВ Инкай - 1 месторождения Инкай с базовым поселком Тайконур входит в Созакский район Туркестанской области Республики Казахстан.

Самыми крупными населенными пунктами, расположенными в районе месторождения, являются поселки: Каратауский, расположенный на расстоянии 120 км от поселок Тайконур, районный центр Шолакорган – на расстоянии 260 км, Кызымшек - на расстоянии 170 км, Шиели - на расстоянии 180 км, Созак - на расстоянии 220 км, Жанатас - на расстоянии 350 км от поселка Тайконур. Поселки связаны между собой автомобильными дорогами.

Ближайшие железнодорожные станции: Кызылорда - 300 км, Шиели - 180 км, Созак - 220 км, Жанатас - 350 км.

Ближайший аэропорт республиканского значения расположен в районе г. Кызылорда.

Район размещения проектируемого предприятия представлен на карте-схеме, (Приложение Б-1)

Месторождение Инкай расположено в юго-западной части пустыни Бетпак-Дала (Рисунок 1). Пустыня Бетпак-Дала представляет собой песчано-глинистую пологонаклонную с севера на юг равнину, осложненную бессточными такырами, дефляционными котловинами и редкими куполовидными поднятиями. Абсолютные отметки колеблются от 120 до 180 м.

На севере месторождения развиты преимущественно бурые пустынно-степные почвы, на юге – песчаные почвы и только на такырах сменяются глинистыми почвами, суглинками, обычно сильно засоленными почвами.

Растительность выражена солончаково-боялычовым комплексом и редколесьем саксаула.

Гидрографическая сеть района образована реками Шу, Сарысу и Бактыкарын. Реки имеют сток только в паводковый период (май – июнь), позднее разбиваются на отдельные плесы с горько-соленой водой. Минерализация воды меняется от 2,1 до 9 г/л.

Климат местности – резко континентальный со значительными годовыми и суточными перепадами температур, суровой зимой, жарким летом, короткой весной, сухостью воздуха, малым количеством осадков.

Среднегодовая температура воздуха – плюс 8 – 12 °С.

Абсолютный максимум наиболее жарких месяцев (июнь, июль) – плюс 43 °С, абсолютный минимум – минус 26°С в январе. Суточные колебания температуры воздуха в летние месяцы - 14°С. Среднегодовая сумма осадков колеблется в пределах 130-140 мм.

Количество твердых осадков составляет 20-40% годовых.

Средняя влажность воздуха – 56-59%.

Для района расположения месторождения характерны сильные, почти непрерывно дующие ветры. Среднегодовое число штилей не превышает 1,7%. Преобладающее направление ветра – восточное и северо-восточное.

Среднегодовая скорость ветра – 3,8-4,6 м/с.

Часто бывают пыльные бури.

Животный мир типичен для пустынь и полупустынь Южного Казахстана. Отсутствие источников воды исключает постоянный выпас скота на площади месторождения, его не пересекают постоянные скотопрогоны. Земли в пределах месторождения практически не пригодны для сельскохозяйственных нужд и в настоящее время не используются.

Крупные предприятия в районе эксплуатационных работ СП «Инкай»:

Степное рудоуправление НАК «Казатомпром», проводящее отработку месторождений: Уванас, , Мынкудук с базовым поселком Кызымшек;

ТОО «Южная Горно-химическая компания», проводящее отработку месторождений: Инкай, участок 4 (Южный) и Акдала;

СП ТОО «Каратау» СП АО «Акбастау», месторождение Буденновское базовым поселком Тайконур.

Снабжение железнодорожными грузами СП «Инкай» осуществляется с прирельсовой базы ТОО «ТТК-Шиели», которая расположена в поселке Шиели. Перевалочная база железнодорожной станции Шиели связана с месторождением автомобильной дорогой, которая имеет выход на автомобильные дороги областного и республиканского значения.

Электроснабжение ТОО СП «Инкай» намечено осуществлять с подстанции КТПН – 10/04 кВ, запитанной от ГПП промплощадки, которая запитана от подстанции пос. Тайконур.

Обеспечение технической и питьевой водой предусматривается от существующего водозабора участка №1.

Район месторождения имеет свои особенности и трудности в области социально-экономического развития, которые определяются его удаленностью от развитых производственно-культурных центров, суровыми природно-климатическими условиями, но в целом район месторождения Инкай благоприятен для уранодобывающей промышленности.

2.2 Геологическая характеристика месторождения «Инкай»

2.2.1 Обнаружение и разведка

Месторождение Инкай расположено в западной части Шу-Сарысуйской депрессии на площади листов государственной геологической карты масштаба 1:200000 – 42-XX, XXVI (Е.А. Никитин, 1965 г.) и относится к урановым объектам пластово-инфильтрационного типа, сформированное вдоль региональной системы фронтов зон пластового окисления (ЗПО) в верхнемеловых водоносных горизонтах. Месторождение открыто в 1976 г.

На месторождении проведены предварительная (1979÷1983 гг.) и детальная (1984÷1991 гг.) разведки, осуществлен опыт по подземному выщелачиванию. Площадь месторождения составляет 1100 км² с протяжённостью в меридиональном направлении 55 км и шириной 7-17 км в пределах которой выявлено 9 рудных залежей, локализованных в мынкудукском (4) и инкудукском (5) горизонтах. К северо-востоку оруднение смыкается с месторождением Мынкудук, на юге - примыкает к месторождению Будённовское.

2.2.2 Стратиграфическая характеристика района исследования

Геологический разрез верхней части земной коры в Шу-Сарысуйской депрессии.

Представлена тремя комплексами:

юрским - предплатформенным;

мел-палеогеновым платформенным;

неоген-четвертичным – платформенным, платформенно-суборогенным.

Отложения юрского комплекса на территории Инкайского месторождения не установлены, но известны в прибортовых частях депрессии, где заключены

вграбенах среди пород промежуточного структурного этажа.

Мел-палеогеновый платформенный комплекс представлен континентальными терригенными образованиями позднего мела и континентальными морскими терригенными образованиями палеоцена и

эоцена. Стратиграфическая колонка месторождения представлена .(Приложение В)

Меловые отложения в районе месторождения Инкай залегают на глубоко размытой поверхности промежуточного структурного этажа. Выделяются следующие горизонты:

мынкудукский (туронский ярус);

инкудукский (туронский и сантонский ярусы);

жалпакский (кампанский и маастрихтский ярусы).

Туронский ярус – мынкудукский горизонт ($K2t1\ mk$) представлен пачкой сероцветных и пестроцветных аллювиальных, реже озерно-аллювиальных отложений, накопленных в условиях туронской речной системы, ориентированной, в целом, с северо-востока на юго-запад. Мощность горизонта возрастает с северо-востока на юго-запад от 30÷40 м до 70÷90 м, и он является *основным рудовмещающим горизонтом* месторождения.

Турон-сантонский ярус – инкудукский горизонт ($K2t2st1\ in$) с отчетливой

границей размыва залегает на отложениях турона. Отличается грубозернистым составом и низкой степенью сортировки материала. В его разрезе выделяются три подгоризонта (цикла), которые начинаются гравийно-галечными отложениями и завершаются мелко-среднезернистыми песками с прослоями глин и алевроитов.

Средняя мощность нижнего подгоризонта 30÷35 м, среднего подгоризонта 55÷60 м, верхнего подгоризонта 25÷35 м.

Основным рудовмещающим подгоризонтом является средний подгоризонт, в составе которого преобладают зеленовато-серые гравийно-галечные отложения, закономерно переходящие вверх по разрезу в более сортированные разно-среднезернистые пески.

Кампан-маастрихтский ярус – жалпакский горизонт ($K2sn\ gp$) с небольшим перерывом залегает на инкудукском горизонте, который подразделяется на два подгоризонта: "собственно жалпакский" (сероцветный) и "бюртускенский" (пестроцветный). Граница между этими подгоризонтами – геохимическая. Отложения пестроцветной части представлены преимущественно средне-мелкозернистыми песками с

красно-бурыми глинами в верхней части подгоризонта, ее мощность составляет 20÷60 м.

В сероцветной части развиты среднезернистые слоистые полевошпат-кварцевые пески. Мощность отложений 1÷20 м.

На месторождении Инкай в этом горизонте промышленные руды отсутствуют. Палеогеновые отложения представлены континентальными (палеоцен) и морскими (эоцен) образованиями.

Уванасский горизонт ($P1^{2uv}$) представлен сероцветными разномзернистыми песками с прослоями темно-серых гумусированных глин, которые вверх по разрезу замещаются осветленными среднезернистыми песками и зелеными и пестроцветными глинами. Мощность горизонта 30÷50 м.

Уюкский горизонт ($P2^{1-2uk}$) - отложения распространены повсеместно и представлены, главным образом, глинами. Мощность горизонта 50÷60 м.

Иканский горизонт ($P2^2 ik$). Распространен совместно с уюкским горизонтом и по составу отложений (серовато-зеленые глины, иногда опоковидные) почти не отличается от него.

Интымакский горизонт ($P2^{2-3 im}$). Представлен морскими глинами, зеленовато-серыми, голубовато-зелеными, прерывисто-слоистыми, реже массивными. Мощность меняется от 80 до 150 м.

Неогеновые отложения представлены красноцветными образованиями миоценового и плиоценового отделов.

Миоцен ($N1$) представлен преимущественно массивными глинами красно-бурого цвета с разномзернистыми песками и запесоченными карбонатными глинами. Мощность в наиболее опущенной части Созакского прогиба достигает 200 м, а в верхней части 0÷90 м. Плиоцен ($N2$) представлен желтовато-коричневыми и красно-бурыми карбонатными глинами, разномзернистыми и глинистыми песками.

Четвертичные отложения образуют маломощный покров на плато Бетпак-Дала, выполняют долины рек Сарысу и Шу, сухих логов, такырные и солонцовые котловины, слагают песчаные массивы Муюнкум. Среди них наибольшим распространением пользуются аллювиальные пески, супеси, суглинки, гравийники, эоловые пески, алевроиты и глины.

Мощность отложений от долей метров до 10÷20 м.

2.2.3 Тектонические особенности района работ

Тектонической особенностью Шу-Сарысуйской депрессии и района месторождения Инкай является то, что ее современный структурный план сформировался на границе плиоцена и четвертичного времени в результате резкого вздымания обрамляющих горстовых сооружений.

В региональном плане Инкай-Мынкудукский рудный район расположен в центральной части Шу-Сарысуйской депрессии, сформированной на окраине Туранской плиты. В течение мела и палеогена Шу-Сарысуйской депрессия развивалась как платформенная структура, а в неоген-четвертичное время испытала влияние орогенеза, протекавшего в соседней Тяньшанской эпиплатформенной орогенной области.

Район месторождения Инкай приурочен к крупной структуре второго порядка – Шу-Сарысуйской впадине. С севера и востока последняя окаймляется Казахским щитом, на юго-западе ограничивается Каратауским горст-антиклинорием, а на юго-востоке Уланбель-Таласской седловиной отделяется от Восточно-Муюнкумского склона. Северная граница Шу-Сарысуйской впадины не имеет четкого выражения. Впадина характеризуется весьма пологим региональным погружением отложений чехла в юго-западном направлении. В этой же ее части выделяется Сузакский прогиб, где общая мощность чехла достигает 800 м. Юго-западный борт прогиба, обращенный, к Каратаускому антиклинорию значительно круче, чем северо-восточный, углы падения пород достигают здесь нескольких градусов, в зоне Главного Каратауского разлома – нескольких десятков градусов. Южная граница месторождения захватывает северо-восточный борт Созакского прогиба и в северном направлении переходит в Бугульджинское поднятие.

До мелового времени район представлял собой эпикаледонскую впадину, состоящую из складчатого фундамента (дислоцированные протерозойские и раннепалеозойские образования) и промежуточного структурного этажа (средне-поздне-палеозойские осадочные формации). К крупным разломам северо-западного простирания приурочены небольшие, узкие грабенообразные прогибы. Начало прогибания Созакской впадины относится к мелу. В туронский век обширная площадь претерпевает медленное погружение, причем амплитуда опускания участков дифференцированно распространялась по блоково-пликативным структурам. В континентальных условиях медленного погружения Сузакского прогиба происходит заложение обширной речной сети, унаследованной по оперяющим разломам северо-восточного направления. Туронские реки приносили и формировали мелкообломочные осадки: пески, алевроиты, глины с незначительным включением растительного детрита. Сенонский период характеризуется пульсирующими, относительно резкими прогибами суши, продолжает унаследовано развиваться речная сеть, заложенная в туроне. В приносимом материале преобладают грубообломочные породы, которые формируют разноразмерные пески с гравием и галькой. Пульсирующее

погружение и временное затухание движений приводит к цикличности осадконакопления, что хорошо проявлено в разрезе.

К концу кампан-маастрихта стабилизация участка приводит к формированию осадков преимущественно глинистого состава, которые в основном приурочены к верхней части горизонта. В палеогене отмечается пульсирующее обширное прогибание всей площади месторождения с далеко уходящей к востоку береговой линией морского бассейна. В это время формируются морские разности пород. Аридные климатические условия, установившиеся в неогене, привели к формированию мощной красноцветной толщи глин и песков. В плиоцен-четвертичное время блоковое смещение по Главному Каратаускому взбросу привело к образованию хребта Большой Каратау. Площадь месторождения сопряжена с районом, где проявлены разрывные нарушения глубинного заложения каледонского возраста; Это разломы северо-западного направления: Главный Каратауский, Аксумбинский, Джувантюбинский и их северо-восточные оперяющие ветви. В мезозойско-кайнозойском чехле унаследовано проявлены только наиболее крупные разрывные нарушения складчатого фундамента и промежуточного структурного этажа. В течение мела, палеогена, миоцена большинство из них развивалось конседиментационно, что подтверждается в изменении мощности отложений в разделяемых разломами блоково-пликативных структурах. Чаще всего нарушения в чехле проявлены флексурообразными перегибами слоев, затухающими вверх по разрезу. В целом же рудовмещающие и перекрывающие их горизонты на месторождении залегают практически горизонтально.

3 ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОРУДЕНЕНИЯ И СОВЕРЩЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОТРАБОТКИ УРАНОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ИНКАЙ»

3.1 Гидрогеологические особенности месторождения

Район месторождения Инкай расположен в северо-западной части Созакского артезианского бассейна третьего порядка, который входит в состав более крупного Западно-Шу-Сарысуского бассейна второго порядка.

В разрезе Созакского артезианского бассейна выделено два гидрогеологических этажа: верхний (платформенный) – неоген-четвертичные и мел-палеогеновые водовмещающие отложения и нижний (фундамент) – скопление трещинно-жильных вод, связанных с палеозойскими породами.

В верхнем гидрогеологическом этаже выделены:

1. Водоносный горизонт грунтовых вод спорадического распространения в миоценовых отложениях.
2. Напорные порово-пластовые воды мел-палеогеновых отложений:

- а) комплекс водоносных и водоупорных палеоцен-эоценовых отложений;
- б) водоносный комплекс верхнемеловых отложений.

нижнем гидрогеологическом этаже выделены водоупорные породы пермского возраста. **Водоносный горизонт грунтовых вод спорадического распространения в миоценовых отложениях (бетпакадалинский – N1bt).**

Отложения бетпакадалинской свиты распространены на месторождении повсеместно. Перекрываются отложениями тогускенской свиты (средний плиоцен), которые по результатам исследований безводны.

Водовмещающие отложения бетпакадалинской свиты – мелкозернистые пески розового и бурого цвета нижней пачки горизонта, на севере и северо-западе месторождения мощностью 20 м, и до 40 50 м в южной части месторождения.

Подстилающие породы – региональный водоупор морских глин позднего эоцена.

Горизонт в местах скопления грунтовых вод обводнен слабо. Дебиты скважин 0,14 0,35 л/сек при понижении 1,71 17,43 м, удельный дебит 0,008 0,02 л/сек, водопроводимость пород низкая, коэффициент фильтрации 0,08 1,70 м/сут.

Режим циркуляции грунтовых вод безнапорный. Воды горизонта жесткие, слабосоленые, соленые с минерализацией 2,2 5,8 г/л сульфатно-

хлоридного натриевого состава, проявляющие сульфатный вид агрессии по отношению к строительным бетонам.

По результатам спектрального и химического анализов сухого остатка, в грунтовых водах содержание – стронция выше предельно-допустимых концентраций для питьевой воды в 1,5 3,0 раза, содержание фтора – в 1,5 раза, содержание селена, бора, титана – в 1,5 2,0 раза. Для питьевого водопотребления воды не пригодны.

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Области разгрузки – естественные понижения в рельефе месторождения – Ащикольские солончаки и солончаки более мелкого порядка.

Напорные воды мел-палеогеновых отложений.

На основании стратиграфического расчленения разреза осадочных пород, химического состава подземных вод, выявленных условий гидравлической связи между водоносными горизонтами, литогенетического типа пород, слагающих комплекс напорных вод на месторождении, он разделен на две части:

а) комплекс водоносных и водоупорных палеоцен-эоценовых отложений;

б) водоносный комплекс позднемеловых отложений.

Комплекс водоносных и водоупорных палеоцен-эоценовых отложений.

По данным гидрогеологических работ на месторождении выделены: а) водоупорные отложения раннего-позднего эоцена; б) уванасский горизонт.

Водоупорные породы раннего-позднего эоцена представлены на месторождении: уюкским (P_2^1), иканским (P_2^2) и интымакским (P_2^{2-3}) горизонтами.

Отложения водоносного комплекса распространены по всей территории района.

Отложения представлены серо-зелеными, голубовато-зелеными слоистыми, реже массивными, морскими глинами. Вскрываются скважинами в интервале глубин 20 170 м (северо-запад), 70 280 м (юг, юго-запад). Общая мощность отложений 150 210 м.

На месторождении Инкай водоупорные породы раннего-позднего эоцена являются надежным водоупором между неоген-четвертичными образованиями и уванасским горизонтом.

Уванасский водоносный горизонт – P_1^{2uv} .

Отложения горизонта на месторождении вскрываются на глубине 170 280 м при общей мощности 20 30 м.

Перекрывающими породами являются морские глины уюкского горизонта мощностью до 50 60 м. Подстилаются отложения уванасского горизонта глинами, алевроитами, мелкозернистыми глинистыми пестроцветными песками жалпакского горизонта.

Водовмещающие породы горизонта – средне- мелкозернистые, осветленные полевошпат-кварцевые пески.

Воды горизонта напорные. Пьезометрический уровень положительного (юг, юго-восток, северо-западная, западная границы месторождения) и неглубокого залегания (центральная часть месторождения, Северный фланг). Движение напорных вод происходит в северо-западном направлении.

Уванасский горизонт умеренно водообильный. Водовмещающие породы – умеренно проницаемые и проницаемые, умеренной и высокой проводимости. Температура подземных вод 26,0 26,5°.

Опытно-фильтрационные работы по определению гидравлической связи уванасского горизонта со смежными горизонтами показали, что связь отсутствует, и его можно рассматривать как изолированный напорный горизонт.

Область разгрузки подземных вод уванасского горизонта – естественные понижения – солончаки Ащиколь, Асказансор, оз. Арыс.

Воды горизонта пресные с минерализацией 0,6 0,9 г/л, смешанного состава – хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатного натриевого состава, содержание урана $2 \cdot 10^{-7}$ 9,6 10^{-6} г/л, радия $1 \cdot 10^{-12}$ 6 10^{-12} г/л.

Минерализация вод, макро- и микрокомпонентный состав, низкие содержания радиоактивных элементов благоприятны для использования вод при питьевом и техническом водоснабжении.

Воды горизонта инертны в отношении всех видов агрессивности.

По результатам режимных наблюдений отмечается стабильное снижение пьезометрического уровня уванасского горизонта в среднем 0,64 м/год.

Водоносный комплекс позднемеловых отложений.

В гидрогеологическом разрезе водоносного комплекса выделяются три горизонта, сформировавшихся в обстановке платформенного режима:

жалпакский – K₂sn (gp);

инкудукский – K₂t₂st₁ (in);

мынкудукский – K₂t₁ (mk).

Горизонты характеризуются общей площадью питания и разгрузки, однородностью химического состава подземных вод.

Жалпакский водоносный горизонт – K₂sn (gp).

Имеет повсеместное распространение на месторождении и за его пределами. Вскрыт разведочными и гидрогеологическими скважинами на глубинах: Северный фланг – 220-270 м, Южный фланг – 280-355 м. В кровле горизонта выделена пачка первично красноцветных, бурых пород,

сложенных плотными глинами и мелкозернистыми глинистыми песками, которые являются водоупором между уванасским горизонтом и водоносным комплексом позднемеловых отложений. Мощность пачки от первых метров до 10 м.

Подстилающие породы водоносного горизонта – красноцветные глины и мелкозернистые глинистые пески инкудукского горизонта, имеющие прерывистый линзующийся характер и образующие гидравлические «окна» между водопроницаемыми отложениями жалпакского и нижезалегающего инкудукского горизонтов.

Водовмещающие породы – мелко- и среднезернистые пески полевошпат-кварцевого состава с примесью гравия и гальки, с включением углефицированного детрита.

Общая мощность отложений на месторождении – 40-60 м, средняя эффективная (проницаемая) мощность – 44,9 м.

Воды горизонта напорные, пьезометрическая поверхность, с абсолютными отметками 158,87-158,64, плавно снижается с юго-востока на северо-запад.

Глубина залегания пьезометрического уровня от +15,84 м до – 25,3 м. На Южном фланге, западной и северо-западной границах участка № 2 пробурены скважины с избыточным напором, до 23,55 м. При этом границы самоизливающихся вод едины для всех водоносных горизонтов верхнемеловых отложений.

Водоносный горизонт водообильный. Дебиты скважин – 1,67-14,13 л/сек при понижении – 3,05-25,82 м, удельный дебит – 0,29-1,97 л/сек. Водовмещающие породы характеризуются высокой проницаемостью, коэффициенты фильтрации на месторождении – 5,5-12,0 м/сут, водопроводимость – 226-575 м²/сут.

При проведении опытных гидрогеологических работ (откачки, выпуски) обнаружено тесное гидродинамическое взаимодействие жалпакского горизонта с другими водоносными горизонтами верхнемелового комплекса:

Инкудукский водоносный горизонт K₂t₂st₁ (in).

На месторождении Инкай отложения горизонта являются рудоносными. На участке № 1 зона пластового окисления (ЗПО) развивается в средней части горизонта инкудукского горизонта, на участке № 2 – в средней и нижней, на Северном фланге – в верхней. В вертикальном разрезе горизонта выделяются три подгоризонта – нижний, средний и верхний, которые начинаются (снизу-вверх) гравийно-галечными отложениями, сменяясь мелко- и среднезернистыми песками с прослоями и линзами глин. Так как надежных водоупоров внутри горизонта нет, то деление на подгоризонты в гидрогеологическом отношении является условным.

Водовмещающие отложения горизонта – пески мелко-, среднезернистые, разноезернистые, разноезернистые с гравием. Водонесущий горизонт глубокого залегания, кровля вскрывается на глубине – 250–380 м, подошва – 370–480 м. Общая мощность горизонта – 110–130 м.

Перекрывающие отложения – образования жалпаковского горизонта – пески среднезернистые, разноезернистые, разноезернистые с гравием в нижней части разреза.

Подстилающие отложения – отложения мынкудукского горизонта, разрез которых чаще всего начинается мелко- и среднезернистыми песками.

Выдержанных в разрезе и по простиранию водоупорных отложений в кровле и подошве инкудукского горизонта, отделяющих его от выше- и нижележащих водонесущих горизонтов нет. Прослой глины, алевролитов и глинистых песков имеют линзующийся характер с мощностью от 0,5 до 2,5 метров.

Подземные воды высоконапорные. Напор на кровлю горизонта по мере его погружения в южном направлении увеличивается. Пьезометрический уровень положительного залегания Южный фланг, северо-западная граница участка №2. Здесь уровень устанавливается на 1,34–18,51 м выше поверхности земли с абсолютными отметками 156,54–158,10 м. В северной и центральной частях месторождения (участок № 1) пьезометрический уровень неглубокого залегания 2,01–30,05 м с абсолютными отметками 158,50–160,91 м.

Движение подземных вод, север-северо-запад с плавным снижением пьезометрической поверхности и уклоном 0,0002. Скорость движения подземных вод 0,99 м/год ($V_{ист.} = 3,94$ м/год).

Водонесущий горизонт водообильный. Дебиты скважин – 1,33–18,30 л/сек при понижении – 0,64–35,28 м, удельный дебит – 0,27–2,75 л/сек.

Мынкудукский водонесущий горизонт – K_{2t1} (mk).

Мынкудукский горизонт имеет повсеместное распространение на месторождении Инкай. Глубина залегания кровли горизонта – 360–370 м, подошвы – 435–530 м. Мощность горизонта возрастает с 30–40 м на северо-востоке до 70–90 м на юге, юго-западе. Он является основным рудовмещающим горизонтом участка № 1, но рудоносность проявлена и на остальных участках месторождения. Подстилающие отложения – являются региональным водоупором, представленным палеозойскими слаболигифицированными алевро-глинистыми отложениями, перекрывающие – отложения инкудукского горизонта. Надежных, выдержанных по мощности и простиранию водоупоров между мынкудукским и инкудукским горизонтами нет.

Водоупоры представлены линзами глины, алевроитов или глинистых песков мощность от 1–2 м до 5–10 м.

Водовмещающие породы формировались в условиях латформенного режима, в период образования туронской речной системы, поэтому наибольшее распространение получили аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения.

В вертикальном разрезе снизу вверх выделяются:

1. Стрежнево-русловые отложения – разнотернистые, разнотернистые с гравием и галькой пески.
2. Пойменные среднетернистые пески.
3. Отложения пойменно-старичные – средне- и мелкозернистые пески с прослоями глиин и алевроитов.

Средняя мощность пронцаемых отложений на участке № 1 – 59,7 м, на участке № 2 – 47,7 м, на Южном фланге – 85,1 м, на Северном фланге – 46 м.

Водоносный горизонт напорный. Глубины залегания уровня подземных вод зависят от рельефа местности, но уменьшаются с севера на юг, от +37,68 м до +23,82 м. Северо-восточная, южная и юго-восточная части месторождения характеризуется положительным залеганием пьезометрического уровня – области самоизлива.

Водовмещающие породы мынкудукского горизонта – пески мелко- и среднетернистые с прослоями разнотернистых с гравием и галькой и с невысоким содержанием алевроито-глинистых частиц (до 14÷15 %). Породы являются хорошо пронцаемыми разностями, отличающиеся хорошей и высокой водообильностью, при этом водообильность пород горизонта на разных участках месторождения практически одинакова.

3.1.1 Химический состав подземных вод

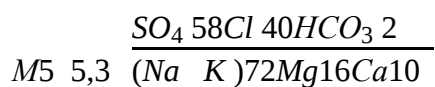
На месторождении Инкай инкудукский мынкудукский водоносные горизонты являются рудоносными.

По химическому составу относятся, в основном, к сульфатно-хлоридным, либо гидрокарбонатно-сульфатным. По катионному составу к натриевым.

Минерализация воды водоносного комплекса в пределах участка изменяется в следующих пределах:

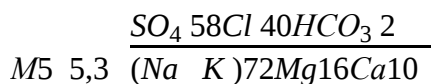
1) Жалпакский водоносный горизонт -от 4.2 г/дм³ до 6,1 г/дм³.

Наиболее характерный химический состав этих вод представляется следующей формулой солевого состава:



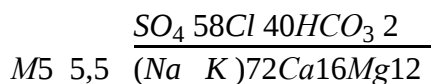
2) Инкудукский водоносный горизонт – от 5,3 г/дм³ до 6,1 г/дм³.

Наиболее характерный химический состав этих вод представляется следующей формулой солевого состава:



3) Мынкудукский водоносный горизонт – от 4,1 г/дм³ до 6,1 гдм³.

Наиболее характерный химический состав этих вод представляется следующей формулой солевого состава:



Из вышеуказанного видно, что минерализация и химический состав подземных вод во всех водоносных горизонтах, входящих в верхнемеловой водоносный комплекс, имеют одинаковую минерализацию и химический состав. Такая сходимость химического состава и минерализации подтверждает то, что перечисленные водоносные горизонты представляют собой единый водоносный комплекс. Тем не менее, в ходе разведочных работ, проведенных в 2007 году, более подробно исследовались и уточнялись качественные показатели именно жалпакского водоносного горизонта верхнемеловых отложений. Результаты проведенных химических анализов в процессе разведочных работ 2006-2007 гг. по жалпакскому водоносному горизонту также показывают неизменность химического состава во времени. Так по химическому составу подземные воды в скважинах водозабора также относятся

к сульфатно-хлоридным, с минерализацией 4.9-5.1 г/л. Жесткость (мг-экв./дм³): общая-25.1, карбонатная-2.13, окисляемость (мг/дм³) - более 1мг/дм³, борная кислота (мг/дм³) – 4.34, кремниевая кислота (мг/дм³) – 10.1-16.16, водородный показатель находится в пределах: 6,8-7,54.

3.1.2 Радиогидрогеохимическая характеристика подземных вод

1) Жалпакский водоносный горизонт. Радионуклидный состав характеризуется U и Ra-226. Содержание урана составляет 0,6 Бк/дм³, радия – 0,35 Бк/дм³ и не превышает уровень вмешательства для воды хозяйственно-питьевого назначения.

2) Инкудукский водоносный горизонт. Радионуклидный состав характеризуется U и Ra-226.

3) Содержание урана составляет 0,03 Бк/дм³, радия – 0,04-0,44 Бк/дм³ и не превышает уровень вмешательства для воды хозяйственно-питьевого назначения.

4) Мынкудукский водоносный горизонт. Радионуклидный состав характеризуется U и Ra-226. Содержание урана составляет 0,015-3,7 Бк/дм³, радия – 603 Бк/дм³ и чаще превышает уровень вмешательства для воды хозяйственно-питьевого назначения.

3.1.3 Морфология рудных залежей

Рудные залежи на месторождении Инкай пространственно тяготеют к границе выклинивания ЗПО, а их контуры в плане и разрезе определены по данным гамма-каротажа – по заданному кондициями бортового содержанию урана – 0,01 % и минимальному бортовому метропроценту – 0,0400.

Каждая из выявленных залежей располагается в пределах одного рудовмещающего горизонта, причем в большинстве случаев соответствует одному гипсометрическому уровню, тем самым, характеризуя устойчивую приуроченность к коррелируемым по разрезам частям продуктивной толщи, и представляет собой определенный структурный элемент рудного поля.

Залежи состоят из нескольких морфологических элементов – главного ролла с хорошо выраженными мешковыми частями и крыльями, соразмерность которых меняется от равновеликих величин до преобладания той или иной морфологической части в 10 раз. Кроме того, широко развиты сопряженные мешково-крыльевые элементы рудного тела ("крылатые мешки"), мощность которых достигает от 20 м до 25 м. В процессе развития рудоконтролирующего окисления возникают сателлитные и останцовые тела. Они, как правило, располагаются в "тылу" основных роллов, отделяясь от них незначительным (десятки и сотни метров) интервалом безрудных пород.

В плане все рудные залежи имеют облик извилистых лент, различающихся между собой лишь протяженностью, шириной и пространственно взаимосвязаны с основными структурно-морфологическими типами выклинивания ЗПО в плане, где типизация последних основана на положении границы выклинивания ЗПО относительно направления движения региональных кислородсодержащих пластовых вод. С этой позиции на месторождении выделяется несколько структурно-морфологических типов выклинивания ЗПО в плане.

I тип западные протяженные крылья СЗ-ЮВ простирания со "скользящим" контактом выклинивания зоны окисления.

II тип фронтовые "мешковые" выклинивания с межкрыльевой амплитудой от 3 км до 10 км.

III тип восточные крылья СЗ-ЮВ направления с преобладанием субфронтального выклинивания.

IV тип западные крылья СЗ-ЮВ простирания с участками субфронтального выклинивания за счет локального смещения вектора потока в западном направлении.

В поперечных разрезах морфологический облик залежей имеет многообразное сочетание элементов ролла, и в общих чертах представляет

собой форму неправильных роллов, обычно асимметричных, деформированных расслоенных или комбинацию нескольких сближенных роллов в сочетании с останцовыми и сателлитными телами. Конкретная совокупность морфоэлементов определяется литолого-структурным планом участка, его фациально-геохимическими особенностями, гидродинамическими характеристиками рудовмещающих горизонтов.

Параметры уранового оруденения в подсчетных блоках меняются в широких пределах: содержание урана от 0,027 % до 0,070 % при среднем 0,044 %, мощность от 2,55 м до 10,61 м при средней 6,21 м.

3.1.4 Урановая минерализация, вещественный состав руд

Урановое оруденение на месторождении генетически связано и контролируется развитием региональной зоны пластового окисления (ЗПО) в двух продуктивных горизонтах турон-сантонского возраста. ЗПО развита послойно, образуя рудные залежи лентообразной формы в плане и роллообразные в разрезе на глубинах 290÷520 м. В местах совмещения рудных полос в плане, формируются многоярусные руды суммарной стволовой

мощностью до 100 м. (Рис 3)

Промышленное урановое оруденение установлено в двух рудовмещающих горизонтах континентальных отложений верхнего мела: инкудукском K_{2t2st1} (in) в интервалах глубин 380÷420 м и мынкудукском $K_{2t1}(mk)$ на глубинах 480÷520 м.

Мынкудукский горизонт представлен, в основном, мелкосреднезернистыми песками с незначительным количеством грубозернистых разностей и глин. Мощность горизонта колеблется в пределах 50÷80 м. Рудные залежи мынкудукского горизонта имеют в своем основании региональный палеозойский водоупор.

Инкудукский горизонт с видимой границей размыва залегает на отложениях мынкудукского горизонта, мощность 100÷130 м с хорошо проявленной ритмо-стратиграфической закономерностью осадконакопления.

Урановое оруденение приурочено только к двум подгорizontам (циклам):

нижнему (in_1) и среднему (in_2), мощностью соответственно 30÷35 м и 55÷65 м,

в то время как верхний подгорizont (мощность 25÷30 м), сложенный разнотернистыми песками промышленных руд не содержит.

В среднем инкудукском подгорizontе (in_2) оруденение расположено в зоне грубых песков на уровне основного русла. Здесь рудные залежи

наиболее продвинулись на северо-запад по направлению движения подземных вод.

В нижнем инкудукском подгоризонте (in₂) и мынкудукском горизонте оруденение локализовалось в сложной системе наложенных искривленных языков окисления. Это привело к большому разнообразию ролловой морфологии.

Вещественный состав рудных образований от безрудных отложений макроскопически не отличается и представлен полевошпат-кварцевыми, реже слюдисто-полевошпат-кварцевыми песками.

Обломочный материал, как в рудных, так и в нерудных песчаных и гравийно-песчаных отложениях разной степени окатанности, представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками кремнистых и кислых вулканических пород, небольшим количеством слюды (мусковит, биотит), фрагментами обугленного растительного детрита.

От суммы всего обломочного материала кварц в среднем составляет 50÷70. Содержание обломков кремнистых и кислых вулканических пород, которые представлены микрокварцитами, микрогранитами, кремнистыми и серицит-кремнистыми сланцами, изменяется от 3 до 30 %. Полевые шпаты составляют 5÷25 % и представлены ортоклазом, микроклином, плагиоклазом. Средние содержания слюдистых минералов (мусковит, биотит) варьируют до 1,8 %. Обугленный растительный детрит в виде мелких фрагментов растений, стеблей, листьев составляет 0,01÷0,11 % и выражен гелифицированной структурой (ксилен, ксиловитрен) и бесструктурной тканью.

Акцессорные минералы представлены: ильменитом, лейкоксенизированным ильменитом, турмалином, ставролитом, гранатом, эпидотом, андалузитом, апатитом, дистеном, цирконом, рутилом. От общей массы породы тяжелая фракция составляет 0,1÷1,7 %.

Аутигенная минерализация выполнена пиритом (марказитом), кальцитом, сидеритом, гетитом, гидрогетитом, самородным селеном, сфалеритом, хлоритом. В оруденелых песках, кроме перечисленных минералов, присутствуют настуран и коффинит.

Цементация рудных песков слабая, в воде они легко размокают. Поровый заполнитель, как в рудных, так и в нерудных отложениях представлен глинисто-алевритовым материалом полимиктового состава и составляет 11÷27 от общей массы породы.

Вместе с глинистыми минералами во фракции 0,05 мм присутствуют неокатанные зерна кварца, полевых шпатов, чешуйки слюды (мусковит, биотит), обрывки обугленного растительного детрита, акцессорные и аутигенные минералы.

По степени распределения и количеству цемент можно охарактеризовать как поровый, неравномерный, пятнистый. По степени кристалличности – пленочный, крустификационный.

Урановая минерализация представлена настураном и коффинитом в соотношении 82% и 18%, в т.ч. по инкудукскому горизонту 77% и 23%, по мынкудукскому горизонту 87% и 13%. Настуран образует дисперсную вкрапленность и мелкие скопления в глинисто-алевритовом заполнителе песков, налеты и корочки на обломках зерен и тонкую вкрапленность во фрагментах обугленного детрита. Коффинит образует также тонкорассеянную вкрапленность в глинисто-алевритовом заполнителе песков.

Содержание урана варьирует в широком диапазоне от сотых долей процента до десятых долей процента, в среднем от 0,019 до 0,075.

Содержание сопутствующих компонентов находится в пределах геохимического фона для Шу-Сарысуйской депрессии: селен – $0,01 \div 0,03\%$, скандий – $2,5 \div 3,8$ г/т, рений – $0 \div 0,008$ г/т, редкие земли – $89,9 \div 147,8$ г/т, иттрий – $8,2 \div 23,3$ г/т, молибден – $2,6 \div 22,7$ г/т.

Рудные и вмещающие пески характеризуются низким средним содержанием вредных примесей: карбонатность (CO_2) – $0,2 \div 0,3\%$, $\text{C}_{\text{орг.}}$ – $0,02 \div 0,07\%$, пятиокись фосфора – $0,02 \div 0,04\%$, содержание железа общего – $0,61 \div 1,53\%$. По составу руды месторождения силикатные.

С позиции геотехнологического районирования месторождения выделяется два типа руд:

1. Рудные залежи с наличием регионального палеозойского водоупора в основании рудных тел.
2. «Висячие» (подвешенные) руды, где отсутствует или слабо выражен водоупорный комплекс пород.

Первый тип руд характерен для туронского (мынкудукского) горизонта, второй – турон-сантонского (инкудукского) горизонта.

Морфологические особенности рудных залежей на месторождении достоверно изучены на участках с разведанными промышленными запасами урана категорий С₁ и С₂. Пространственно и морфологически залежи тяготеют

к границе выклинивания зоны пластового окисления (ЗПО), а их контуры определены по данным гамма-каротажа, по заданным кондициям.

Каждая из выявленных залежей располагается в пределах одного рудовмещающего горизонта, причем в большинстве случаев соответствует одному гипсометрическому уровню, тем самым, характеризуя устойчивую приуроченность к коррелируемым по разрезам частям продуктивной толщи, и представляет собой определенный структурный элемент рудного поля.

Залежи состоят из нескольких морфологических элементов – главного ролла с хорошо выраженными мешковыми частями и крыльями, соразмерность которых меняется от равновеликих величин до преобладания той или иной части в $5 \div 10$ раз. Кроме того, широко развиты сопряженные мешково-крыльевые элементы рудного тела, мощность

которых достигает 20÷25 м. В процессе развития рудоконтролирующего окисления возникают сателлитные и останцовые тела. Они, как правило, располагаются в тылу основных роллов.

В плане все рудные залежи имеют облик извилистых лент, различающихся между собой протяженностью, шириной и пространственно связаны с основными структурно-морфологическими типами выклинивания ЗПО.

В поперечных разрезах морфологический облик залежей имеет многообразное сочетание элементов ролла, и в общих чертах представляет собой форму неправильных роллов, обычно асимметричных, деформированных и расслоенных или комбинацию нескольких сближенных роллов в сочетании с останцовыми и сателлитными телами. Конкретная совокупность морфоэлементов определяется литолого-структурным планом участка, его фациально-геохимическими особенностями, гидродинамическими характеристиками рудовмещающих горизонтов.

Всего на Контрактной территории ТОО СП «Инкай» выделены рудные залежи, которые включают разведанные запасы урана категорий В, С₁ и С₂. В мынкудукском горизонте локализованы залежи – № 1, 2, 3, 15, а в инкудукском залежи – № 10, 10а, 11, 14.

Ниже приведены особенности залежей, принятых к отработке.

Залесь 1 выделена в нижней части мынкудукского горизонта и включает себя запасы урана категорий С₁ и С₂. В плане она имеет очень сложное строение. Для неё характерны как "раздувы" (до 1000 м), так и узкие места (до 25 м), вплоть до безрудных выклиниваний зон окисления. Глубина залегания варьирует в пределах 425-475 м; подошва рудных тел подстилается региональным водоупором - палеозойскими алевролитами. Содержание урана в рудах меняется от 0,011 до 0,450%, причем высокие концентрации металла тяготеют к литологическим слоям, обогащенным углефицированным детритом. Коэффициенты фильтрации рудовмещающего пласта составляют 11-15 м/сут, максимум - до 50 м/сут.

Залесь 2 состоит из рудных тел в верхней части мынкудукского горизонта. Форма залежи простая и напоминает равносторонний треугольник со сторонами около 700 м. Средние параметры руд составляют: содержание - 0,048%, мощность - 5,5 м. Руды висячие, без хорошо выраженных водоупоров. Коэффициенты фильтрации рудовмещающих мелко-среднезернистых песков - 7-11 м/сут.

Залесь 3 наиболее протяженная в мынкудукском горизонте и составляет 95% запасов участка № 1. Общая её длина по простиранию – 12 км при ширине от 50 до 1150 м. Урановые рудные тела связаны с выклиниванием ЗПО, преобладающими морфологическими элементами являются лентообразные полосы северо-западного простирания шириной 250-300 м и примыкающие к ним под углом 35-50⁰ менее протяжённые

ленты шириной до 250 м. В местах сочленения разноориентированных линейных элементов образуются рудные раздувы шириной до 1150 м.

Продуктивный мынкудукский горизонт на участке залежи № 3 имеет типичное строение: разнотернистые и груботернистые отложения в нижней части горизонта, которые последовательно сменяются на относительно мелкозернистые пески в его средней и верхней части.

Рудные тела в разрезе тяготеют к нижней части горизонта в интервалах глубин 480÷520 м, что в свою очередь определяет наличие нижнего палеозойского водоупора для большей части залежи.

Параметры руд меняются в широких пределах: содержание урана от 0,010 до 0,490 %, мощность от первых метров до 25 м.

Залежь 15 локализована в среднем подгоризонте мынкудука в южной части участка №3. Для неё характерна резко выраженная гофрировка рудных полос шириной 50-800 м. Рудные тела - это хорошо проницаемые ($K_f=11,9$ м/сутки) груботернистые разнотернистые пески с гравием и галькой. Руды - "висячие", без явно выраженных региональных водоупоров. Средние параметры оруденения: мощность - 3,5 м, содержание - 0,041%.

Залежь 10 выделяется в нижнем подгоризонте инкудукского горизонта и в плане частично перекрывает залежи 1 и 2.

Она состоит из нескольких разобобщенных тел, линейно-вытянутых в северо-западном направлении. Ширина рудных полос от 50 до 1000 м при средней мощности около 6 м и содержании урана 0,053%. Глубина залегания подошвы руд в пределах 380-400 м; водоупоры невыдержанные, разлинзованные.

Залежь 10а расположена на севере участка № 1. Залежь приурочена к нижнему подгоризонту инкудукского горизонта. Для нее характерны спорадически проявленные рудные полосы северо-западного простирания/протяженностью до 1,5 км, при ширине 25-400 м, которые между собой соединяются безрудными линиями выклинивания зоны пластового окисления.

Прерывистость оруденения в плане обусловлена неблагоприятными фациально-геохимическими условиями строения подгоризонта, такими как наличие слабопроницаемых пород и первично окисленных разностей. Строение залежи в плане сложное. Руды приурочены к хорошо проницаемым разностям – средне-разнотернистым пескам с гравием и галькой, коэффициенты фильтрации которых составляют от 2,5 до 7 м/сут. Подошва рудных тел находится в пределах 440-450 м, где выражены только локальные водоупоры мощностью 0,2-3 м.

Частично руды залежи 10а накладываются на руды третьей залежи. Совмещение составляет не более 10%. Удельная продуктивность урана находится в пределах средних значений 5 кг/м^2 .

Залежь 11 расположена на севере участка №2 и выходит на уч. №3 в среднем подгоризонте инкудукского горизонта и представлена последовательно чередующимися линзообразными извилистыми лентами шириной 50-500 м переходящими в "раздувы" до 800 м в плане.

Оруденение как правило, приурочено к разнозернистым пескам с гравием галькой. Выдержанные водоупоры отсутствуют или проявлены локально. Средние параметры: содержание урана - 0,046%, мощность - 7,5 м.

В морфологическом плане это чередующиеся линзообразные извилистые ленты, шириной 50÷500 м, переходящие в «раздувы» шириной до 800 м. Коэффициент сложности составляет 2,2 при протяжённости по магистрали 10,5 км.

Разведочные работы проведены в основном по сети 800-50 м (категория С₂) и только на протяжении 3,2 км разбурена по сети 200-50 м (категория С₁).

Инкудукский горизонт сложен преимущественно грубообломочными породами: разнозернистые пески с гравием и галькой, которые выше по разрезу сменяются средне-мелкозернистыми песками.

Урановое оруденение, как правило, приурочено к более проницаемым частям разреза. Выдержанные водоупоры отсутствуют. Средние параметры руд составляют: содержание урана – 0,046 %, мощность рудных тел – 7,50 м.

Урановые рудные тела на площади проведения опытных работ в плане выглядят как извилистые ленты протяженностью от 17,5 до 37,5 км, шириной 0,05-0,3 км; мощность рудных тел - 0,5 - 12,0 метров.

В разрезе форма рудных залежей преимущественно ролловая, в мешковых частях мощность руды достигает 10 м и более, а в протяженных, часто прерывистых крыльях, обычно 1,0-5,0 метров.

Руды мономинеральные, содержание попутных полезных компонентов (ППК) в рудах находятся в пределах кларковых значений. Нерастворимые в сернокислотных растворах минералы (кварц, акцессории, обломки кремнистых пород) составляют 87 % в составе рудных пород, труднорастворимые (полевые шпаты, слюды, глинистые минералы, органическое вещество) - 12,7%, растворимые (урановые минералы, карбонаты, сульфиды) - 0,3%.

Залежь 14 включает оруденение в нижнем подгоризонте инкудукского горизонта. Рудные тела образуют лентообразные прямолинейные или сильно гофрированные полосы шириной 25-200 м при длине по магистрали 5 км. Руды локализованы в хорошо проницаемых разнозернистых песках с гравием ($K_{\phi}=30\text{м/сутки}$) в интервалах глубин 290-370 м. Водоупоры (глины, алевроиты) проявлены локально. Средние параметры: содержание урана - 0,026%, мощность - 5,2 м.

3.2 Детальный анализ геолого–технологических показателей отработки залежей и выбор блока для проведения экспериментальных работ

Был выполнен анализ работы технологического блока 108 средствами сопряжённого трехмерного и гидродинамического моделирования.

Согласно полученным результатам, наибольший интерес представляют ячейки 108-10-3/108-8п-3 и 108-6-2/108-6п-0:

блок в работе с 26-го августа 2018.

по длине фильтров (зоной активной фильтрации) откачных скважин охвачены равновеликие объемы рудного блока: верх рудного блока: **108-10-3**

6.2 м (инт.499.4-505.6), низ рудного блока – **108-8п-3**=6.0 м (инт.507.5-513.4).

в ячейке отрабатывается контрастное оруденение - скв. **108-10-3**: продуктивность всего сечения - 10.02 кг/м^2 в инт. 501.9-514.4, в зоне фильтра

– 4.81 кг/м^2 , скв. **108-8п-3**: продуктивность всего сечения - 14.21 кг/м^2 в инт. 498.5-513.4 м, в зоне фильтра 8.73 кг/м^2).нарушение равномерности проработки верхней и нижней части блока с ноября 2018 г.:

по длине фильтров (зоной активной фильтрации) откачных скважин охвачены следующие объемы рудного блока: верх рудного блока – **108-6-2** = 8.0 м (инт.502.6-510.6), низ рудного блока – **108-6п-0** =4.0 м (инт.510.8 - 514.8).

отрабатывается контрастное оруденение - скв. **108-6-2**: продуктивность всего сечения – 42.25 кг/м^3 в инт. 500.9-512.7, в зоне фильтра – 25.25 кг/м^2 , скв. **108-6п-0**: продуктивность всего сечения - 35.21 кг/м^3 в инт. 500.9-513.2 м, в зоне фильтра – 13.89 кг/м^2).

геометрия ячейки нарушена по линии 108-6-2 – 104-9-2.

нарушение равномерности проработки верхней и нижней части блока с октября 2018 г:

Результаты опробования ячейки 108-10-3/108-8п-3 на 25 мая 2019 г:

2. по откачной скважине 108-10-3 (верх) рост значений рН до 2.11 при снижении содержания урана до 92.6 мг/л;

3. по откачной скважине 108-8п-3 (низ) рост значений рН до 2.63 при высоком содержании урана – 372.3 мг/л.

По сути, схема отработки нам представляется следующим образом:

4. *верхняя часть рудного блока (в зоне фильтра – 4.81 кг/м^2)* - с начала эксплуатации ячейки активно отрабатывается со средним

дебитом откачной скважины 108-10-3 около $11 \text{ м}^3/\text{ч}$ (исключение – апрель 2019 – $7.37 \text{ м}^3/\text{ч}$). Низкая производительность блокирующей закачной скважины 108-15-5 (интервал фильтра 501.0-504.9), в августе 2018 – феврале 2019 составил около $2 \text{ м}^3/\text{ч}$, в марте – скважина остановлена. Таким образом, сформирована возможность притока пластовых вод, что в перспективе обуславливает рост значений рН и снижение содержания урана в ПР. Следует отметить, что верхняя часть фильтра откачной скважины 108-10-3 (около 2.5 м) локализована в безрудной части блока.

5. **нижняя часть рудного блока** (в зоне фильтра – $8.73 \text{ кг}/\text{м}^2$) - с начала эксплуатации ячейки активно отрабатывается со средним дебитом откачной скважины 108-8п-3 более $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. С декабря 2018 производительность была резко снижена до $2.6 \text{ м}^3/\text{ч}$ (в апреле 2019 скважина не работала) и добыча фактически ведется на «подборе» ПР, проседающих при отработке верхней части блока. При снижении производительности блокирующих скважин 108-11п-4 и 108-11п-6 (менее $1 \text{ м}^3/\text{ч}$) и их отключения в марте 2019, северо-восточная часть ячейки остается открытой для притока пластовых вод.

Наиболее активно блок проработан по линии прямого тока 108-10-3/108-8п-3 ÷ 108-7-6/108-9п-5. Мощность безрудных отложений от нижней кромки фильтра до кровли палеозоя в скважине 108-8п-3 составляет 5.1 м (инт. 513.5-518.6 м), в скважине 108-9п-5 – 8.8 м (инт. 510.0-518.8 м).

Результаты опробования ячейки 108-6-2/108-6п-0 на 5 июня 2019 г:
по откачной скважине 108-6-2 (верх), значение рН до 1.93 при содержании урана $233.4 \text{ мг}/\text{л}$;

по откачной скважине 108-6п-0 (низ) рост значений рН до 2.44 при снижении содержания урана – до $89 \text{ мг}/\text{л}$ ($114 \text{ мг}/\text{л}$ -16.05.2019).

По сути, схема отработки аналогична работе ячейки 108-10-3/108-8п-
верхняя часть рудного блока ($25.25 \text{ кг}/\text{м}^2$ в зоне фильтра скважины 108-6-2) - с начала эксплуатации ячейки активно отрабатывается со средним дебитом откачной скважины 108-6-2 более $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ (исключение – апрель 2019

нижняя часть рудного блока ($13.89 \text{ кг}/\text{м}^2$ в зоне фильтра скважины 108-6п-0) - с начала эксплуатации ячейки активно отрабатывается со средним дебитом откачной скважины 108-6п-0 в августе – $9.71 \text{ м}^3/\text{ч}$. Но уже в сентябре 2018 года производительность была снижена до $6.09 \text{ м}^3/\text{ч}$, в октябре до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$, 24.10.2018 - остановлена.

В эксплуатацию скважина возвращена 4 января 2019, в период февраль – июнь средний дебит составил около $2.5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Добыча

фактически ведется на «подборе» ПР от верхней части блока. При снижении производительности блокирующих скважин 108-11п-4 и 108-11п-6 (менее 1 м³/ч) и их отключении в марте 2019, северо-восточная часть ячейки остается открытой для притока пластовых вод.

Следует принимать во внимание зоны растекания от скважин 104 блока (104-9-1 и 104-9-2, сформированные до начала эксплуатации блока 108, растворами в контуре смежной ячейки 104-8-1 (блок 104).

Откачная скважина 104-8-1 (единый рудный блок в интервале 498.3-516.0 м. продуктивностью 17.7 кг/м², фильтр 501.2-505.2м., в зоне активной фильтрации продуктивность 7.7 кг/м²) не ориентирована на отработку нижней части рудного блока, вскрытого в скважинах 104-9-1 (единый рудный блок в интервале 499.7-515.5 м. продуктивностью 33.1 кг/м², фильтр 499.6-505.6 м., в зоне активной фильтрации продуктивность 11.9 кг/м²) и 104-9-2 (единый рудный блок в интервале 498-509.2 м. продуктивностью 33.1 кг/м², фильтр 499.3-504.3 м., в зоне активной фильтрации продуктивность 11.9 кг/м²). Режим работы скважин (до ввода в эксплуатацию блока 108), оказывающих влияние на отработку ячейки 108-6-2/108-6п-0, приведен ниже:

Таблица 7. Производительность технологических скважин, м³/ч

Дата	104-8-1	104-9-1	104-9-1
02.2018	11.30	1.57	1.57
03.2018	9.57	1.36	1.36
04.2018	11.95	1.95	1.95
05.2018	10.86	1.76	1.76
06.2018	12.82	2.52	4.94
07.2018	12.58	2.09	2.05
08.2018	9.92	2.30	1.90

Следует отметить, что в материалах, высланных в наш адрес, указано, что **скважина 104-8-1** в феврале 2019 года **остановлена**. Однако, результаты опробования во время остановки скважины фиксируют в ней (?) максимальные содержания урана по блоку 104: 19.02.2019 – 185 мг/л, 07.03.2019 – 179 мг/л, 19.03.2019 – 176 мг/л, 29.03.2019 – 171 мг/л, 12.04.2019– 186 мг/л и т.д. до 08.07.2019 – 103 мг/л.

3.2.1 Построение литологической модели технологического блока №108

Сбор и анализ исходной информации по скважинам были выполнены в программе Leapfrog Geo. Гидродинамическое моделирование выполнено в программе Visual Modflow Flex.

3.2.2 Составление базы данных

За основу создания технологической базы данных были взяты материалы по технологическому бурению 108 и 104 технологических блоков. Данные по скважинам были представлены в виде файлов формата Microsoft Excel.

Таблицы включали параметры уранового оруденения по скважинам, координаты устьев технологических скважин, инклинометрию, литологию и положения фильтра.

Состав и описание полей технологической базы данных приведены в таблицах 8-12.

На рисунке 1 приведена технологическая база данных в трехмерном пространстве.

3.2.3 Моделирование литологии

При моделировании литологической модели использовался программный комплекс Leapfrog Geo.

Программный комплекс Leapfrog Geo позволяет моделировать геологическую модель методом условного моделирования. Данный метод отличается от традиционного геологического моделирования тем, что модель строится в автоматическом режиме, считывая литологические коды с базы данных при заданных параметрах интерпретации и коэффициентов анизотропии. Традиционно геологические модели строятся путем создания моделей вручную. Определяются разрезы, и на разрезах создаются литологические разности. Затем проводятся линии для соединения поверхностей между разрезами.

Условное моделирование выполняется с использованием математических инструментов для построения модели на основе базы данных. Строится математическая конструкция, которую можно использовать для отображения различных аспектов данных в 3Д. Условное моделирование избавляет от кропотливого ручного труда и от допущения ошибок, связанных с человеческим фактором.

Leapfrog Geo использует быструю RBF – математический алгоритм, созданный на основе радиальных базисных функций. Дискретные переменные, такие как литологические разности, так же, как и непрерывные переменные, например, коды литологических разностей, можно использовать для построения поверхностей.

Вместо представления модели, построенной на основе жестких геометрических конструкций, визуализация 3Д модели полученной

средствами условного моделирования, повторяет формы естественных объектов, существующих в реальности.

Процесс моделирования в программе Leapfrog начинается с создания контактных поверхностей, которые будут использоваться для расщепления цельного объема на соответствующие литологические единицы.

Использование этого подхода означает, что при любых условиях в модели не будет пустого пространства или перекрывающихся объемов.

За основу моделирования литологической модели использованы данные из таблицы «Lith» из технологической базы данных.

Проницаемые породы моделировались по данным из колонки Lith код 1, 18. Непроницаемым породам соответствовал код пород 2.

Моделирование литологической модели методом условного моделирования, требует настройки параметров, которые влияют на построение геологической модели месторождения.

Основным критерием интерполяции является – глобальный тренд, который включает в себя расстояния поиска подобных литологических кодов. Радиус поиска основан на сети бурения скважин. Поиск подобных литологических кодов будет производиться по трем осям X, Y, Z. Для определения направления поиска литологических кодов используется углы простираия, падения и залегания месторождения.

При выделении пород по проницаемости использовались данные таблицы «Lith» из базы данных, столбца Lith1. В таблице 13 приведены литологические коды пород по типу проницаемости.

Таблица 13 Коды пород по типу проницаемости

№ п/п	Код породы	Описание
1	1	Проницаемые не окисленные (серые) отложения
2	2	Непроницаемые отложения
3	18	Проницаемые окисленные (желтые) отложения
4	U	Рудное тело

Согласно приведенным кодам пород была отстроена литологическая модель технологического блока, которая приведена на рисунках 2-6.

3.2.4 Моделирование зоны активной фильтрации

Моделирование зоны фильтрации выполняется по данным посадки фильтров откачных и закачных скважин. Данные по глубинам посадки фильтров взяты из таблицы «Filt». На рисунках 7 и 8 приведена литологическая модель рудного тела с положением фильтров технологических скважин.

3.3 Построение гидродинамической модели технологического блока 108

Гидродинамическое моделирование с целью определения формирования **застойных зон** (за счет запасов этих зон повышаются содержания урана в продуктивных растворах) в технологических блоках выполнялось по следующей последовательности:

- Создание литологической модели в Leapfrog.
- Экспорт моделируемого участка в программу Visual Modflow из Leapfrog.
- Гидродинамический расчет модели.
- Анализ полученных результатов

Исходная информация представлена Заказчиком в виде файлов формата «Microsoft Excel» и содержит в себе фактические показатели отработки технологических блоков 104 и 108. Данные по работе скважин были экспортированы в программу Modflow в виде таблицы «Wells.xlsx», которая содержит следующие столбцы:()

Моделирование было произведено на период с момента запуска блока соседнего технологического блока 104 (февраль 2018 г.) до июня 2019 г.

Подготовленная модель Modflow, приведенная на рисунке 9, с помощью модуля Hydrogeology была экспортирована в программу Visual Modflow Flex.

На приложениях 9-10 приведен результат моделирования блока 108 в виде карты-схемы тс.

3.4 Выводы и рекомендации

Для повышения содержания урана в продуктивном растворе на основании 3D моделирования предлагается пробурить две наблюдательные скважины, с помощью которых будет определен застойные зоны

Предлагается согласно полученным результатам:

Соорудить наблюдательную скважину на линии прямого тока между скважинами 108-8п-3 ÷ 108-9п-5 с установкой нижней кромки фильтра на кровлю палеозойского фундамента (длина фильтра – 4 м) для оценки масштаба вероятного гравитационного проседания ПР. Ожидаемый результат опробования растворов - рН – 2,9 ÷ 2,6, U - 80 ÷ 120 мг/л. Примерное расположение скважины приведено на приложение Д-12

Соорудить наблюдательную скважину (интервал монтажа фильтра – 504-508 м), ориентированную на выявление застойной зоны, положение которой выявлено построением гидродинамической модели. Ожидаемое содержание урана в растворах – 120 – 150 мг/л. Примерное расположение скважины приведено на (приложение Д-11

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На выбранном технологическом блоке плановый срок отработки 5,3 лет. После внедрения предлагаемой технологии отработки застойных зон руд составит 4,8 лет.

Экономическим эффектом предлагаемой технологии срок отработки сокращается на 7,5%.

Ожидаемый экономический эффект на затраты 5 месяцев: за счет экономии электроэнергии, серной кислоты и дополнительных затрат на бурение, сооружение и обвязка двух наблюдательных скважин.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ск}} + \mathcal{E}_{\text{э}} - \mathcal{З}_{\text{б}} - \mathcal{З}_{\text{со}}$$

$\mathcal{E}$ – ожидаемый экономический эффект;

$\mathcal{E}_{\text{ск}}$ – Экономия серной кислоты на 5 месяцев;

$\mathcal{E}_{\text{э}}$ – затраты на потребление электроэнергии;

$\mathcal{З}_{\text{б}}$ – затраты на бурение;

$\mathcal{З}_{\text{со}}$ – дополнительные затраты на сооружение и обвязку скважин.

- Затраты на химические реагенты (на отработки технологического блока на 5 месяцев применяют концентрацию серной кислоты в размере 6 г/л (0,006 кг/м³))

$$\mathcal{E}_{\text{ск}} = Q_{\text{вр}} * q_{\text{кск}} * N_{\text{сут}} * N_{\text{д}} * \mathcal{Ц}_{\text{ск}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ск}} = 120 * 0,006 * 24 * 150 * 28480 = 73\,820\,160 \text{ т}$$

$\mathcal{E}_{\text{ск}}$ – Экономия серной кислоты на 5 месяцев;

$Q_{\text{вр}}$ – выщелачивающий раствор в технологическом блоке;

$q_{\text{кск}}$ – концентрация серной кислоты, 0,006 кг/м³;

$N_{\text{сут}}$ – количества рабочих часов в сутки, час;

$N_{\text{д}}$ – количества дней за 5 месяцев;

$\mathcal{Ц}_{\text{ск}}$ – цена серной кислоты за тонн.

- Затраты на потребление электрической энергии погружных насосов и расходомеров, для 13 откачных скважин с потреблением 6,5 кВт составит:

$$\mathcal{E}_{\text{э}} = 13 * 6,5 * N_{\text{сут}} * N_{\text{д}} * 14,96$$

$$\mathcal{E}_{\text{э}} = 13 * 6,5 * 24 * 150 * 14,96 = 4\,550\,832 \text{ тг}$$

$\mathcal{E}_{\text{э}}$ – затраты на потребление электроэнергии;

$N_{\text{сут}}$ – количества рабочих часов в сутки, час;

$N_{\text{д}}$ – количества дней за 5 месяцев;

14,96 – тариф на 1 кВт, тенге.

- Затраты на два дополнительных наблюдательных скважин составит:

$$\mathcal{З}_{\text{б}} = N_{\text{скв}} * H_{\text{скв}} * \mathcal{С}_{\text{б}}$$

$$\mathcal{З}_{\text{б}} = 2 * 1043 * 12000 = 25\,032\,000 \text{ тг}$$

$\mathcal{З}_{\text{б}}$ – затраты на бурение;

$N_{\text{скв}}$ – количества скважин;

$H_{\text{скв}}$ – глубина скважин;

Сб- погонных метров/тенге.

- Затраты на сооружение и обвязку скважин принимаем 20% от затраты на бурение

$$\mathbf{З_{со} = Зб*0,2}$$

$$\mathbf{З_{доп} = 25\,032\,000*0,2=5,006\,400\,тг}$$

Зсо – дополнительные затраты на сооружение и обвязку скважин;

Зб-затраты на бурение.

$$\mathbf{\Xi = 73\,820\,160+4550832-25032000-5006400=48\,332\,592\,тг}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационной работе подготовлено решение актуальной проблемы повышения содержания урана продуктивных растворах и ускорение отработки запасов выбранного экспериментального технологического блока №108.

В результате проведенных исследований разработано следующее заключение:

- на основании анализа практики отработки месторождений Инкай было установлено, снижение содержания урана продуктивным раствором и срок отработки месторождения не соответствует проектным данным;

- задачей перед исследованием является-выявление застойных зон за счет запасов которых можно увеличить содержание урана в продуктивных растворах;

- для решения указанных проблем выбран экспериментальный технологический блок №108 для проведения исследовательских работ для решения вышеуказанной задачи;

- построен гидродинамическая модель экспериментального технологического блока №108(выявление и оконтуривание застойных зон за счет запасов которых будет происходить увеличение содержания урана в продуктивных растворах), произведены расчеты;

- предложено в пределах технологического блока №108 бурение двух дополнительных наблюдательных технологических скважин которое будут использованы впоследствии как откачные скважины;

- предложенная технология позволяет повысить содержания урана в продуктивном растворе и срок отработки экспериментального технологического блока №108 на 7,5%.Ожидаемый экономический эффект составляет по экспериментальному технологическому блоку №108, составляет 48 332 592 тнг.

В результате настоящих исследований подготовлены конкретные рекомендации по внедрению данных экспериментальных работ по технологическому блоку №108 для всего месторождения урана «Инкай».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Проект промышленной разработки участка №1,2,3 месторождения урана Инкай в Созакском районе Южно-Казахстанской области (Книга 1, Добычной комплекс ПСВ).
- 2 Отчет о результатах работ «Разработка методики определения степени проработанности рудовмещающих пород и оценки качества выщелачивания урана при ПСВ» (Книга 1-2), стр 377.
- 3 Языков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы: ТОО «Fortess», 2005. -394 с
- 4 Калабин А.И. Добыча полезного ископаемого выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М.: Атомиздат, 1981.-145 с
- 5 Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: Недра, 1983.
- 6 Инструкция по применению Классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008, -296 с.
- 7 Мамилев В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980, - 240 с.
- 8 Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана.//под ред. Скороварова Д.И.-М.:Энергоатомиздат, 1997
- 9 Глазунов И.С, Определение рациональных сеток рабочих скважин на участках ПВ по трехрядной системе. М.: ЦНИИ Атоминформ, 1974
- 10 Новик-Качан В.П., Губкин Н.В., Десятников Д.Т. и др. Добыча металлов способом выщелачивания. М.: Цветметинформация, 1970.
- 11 Шулика В.П., Вильнянский А.С., Глазунов И.С. Современное состояние подземного выщелачивания урана в капиталистических странах //Атомная техника за рубежом. 1983. № 3. - С. 9— 13.
- 12 Чесноков Н.И., Котенко Е.А., Грязнов М, В. Уранодобывающая промышленность капиталистических стран. М.: Атомиздат, 1979.
- 13 Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 1980.
- 14 Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации. М.: Недра, 1976.
- 15 Справочник по растворимости / Под ред. В. Б. Коган, С. К. Огородникова, В. В. Кафарова. Л.: Химия. 1970. 345 с. - 4 .
- 16 Г.Б. Акынов, Ж.А. Алыбаев, «Изучение влияния пероксида водорода на выщелачивание урана кислотным способом в условиях месторождения «Ирколь», Вестник КазНУ №1, 2016, Алматы.
- 17 Под общей редакцией Ю.В.Демехова, Б.М. Ибраева «Геотехнология урана: учебное пособие». Алматы, 2017, 273 с.

18 С.А. Яшин, Б.О. Дуйсебаев, К.Д. Полиновский, Г.С. Батыршаева, М.А. Ахметов «К вопросу о преимуществах малореагентного метода при серноокислотном выщелачивании из руд с высоким содержанием коффинита» , 2006 г.

19 D. Langmuir, “Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits” // *Geochimical Cosmochimica Acta*, 2015 vol. 42, pp. 547 to 569.

20 Miller G.H. Oil base drilling fluids // *Third World Petroleum Congr. - Proc. Sect. 2. - 2009.*

21 Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождения урана и золота в кызылкумском регионе. <Геоинформцентр> Москва 2002 г.

22 Добыча урана методом подземного выщелачивания Носков М.Д., Северск 2010, 83с

23 Никулин А.А. Перспективы мирового рынка урана в контексте новых тенденций развития ядерной энергетики // *Проблемы национальной стратегии.* — 2013. — № 2. — С. 104-122.

24 Пономарёв-Степной Н.Н. Роль атомной энергетики в структуре мирового энергетического производства XXI века // *Электрон. журн. энергосервисной компании «Экологические системы».* — 2006. — № 8. — С. 19-26.

25 А.В. Бойцов Устойчивое развитие мировой урановой промышленности: вызов времени. – М., 2015 - С. 67-75.

26 Интыкбаев А.М., Дуйсебаев Б.О. Основы подземного выщелачивания урана и примеры решения задач, Алматы ,2007

27 Луценко И.К. и др. Бесшахтная разработка рудных месторождений – М.: Недра, 1986.

28 Бойцов В.Е. Геология месторождений урана. Издание: Недра, Москва, 1989 г.

29 Инструкция по применению Классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008, -296 с.

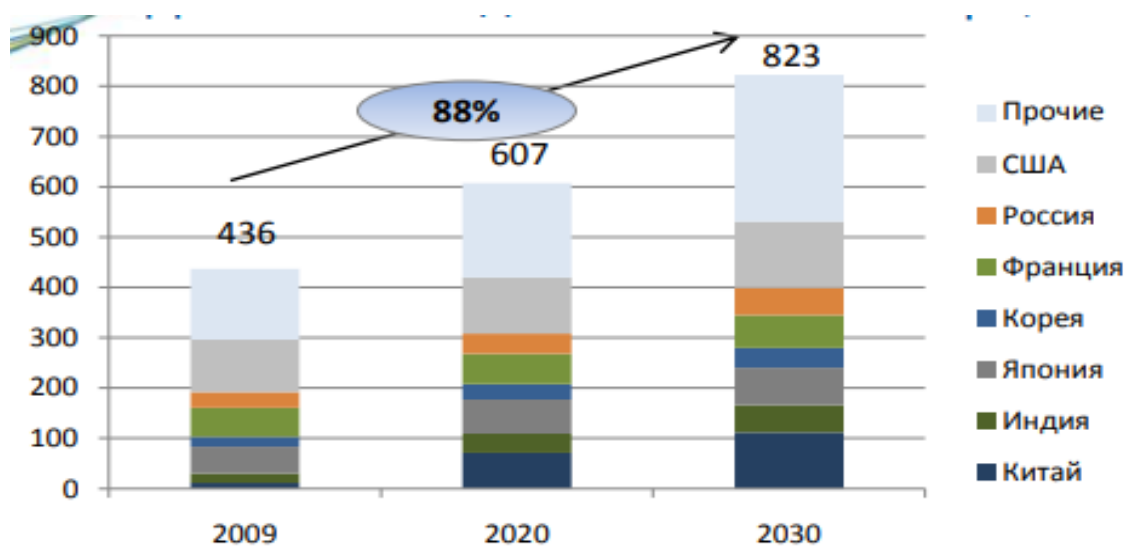
30 Грушевой Г.В. Закономерности локализации уранового оруденения в чехле молодых платформ / *Основные проблемы уранового рудообразования.* - М., 1987.-С. 48-51.

31 Лохман Б. Имеет ли будущее атомная энергетика // *АльПари.* — 2011. — № 1. — С. 8–14.

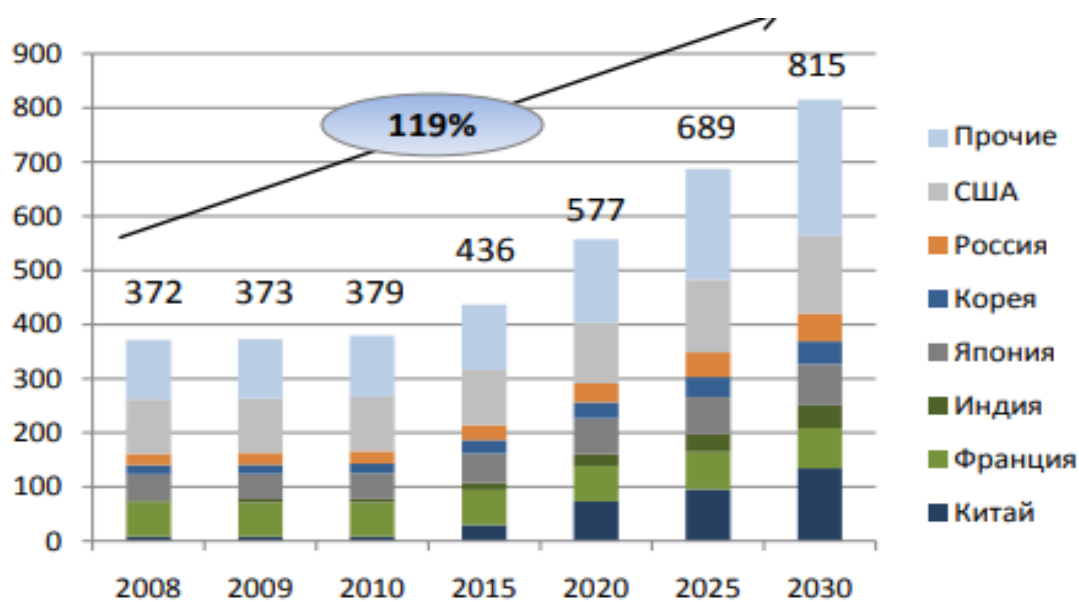
32 Фролов И.Э. Атомная промышленность России: итоги реформирования, политика и проблемы развития // *Проблемы прогнозирования.* — 2014. — № 6. — С. 3–15.

33 Омар Б. Атом возвращается // *Новое поколение.* — 2015. — 23 янв. — № 8 (1237). — С.354

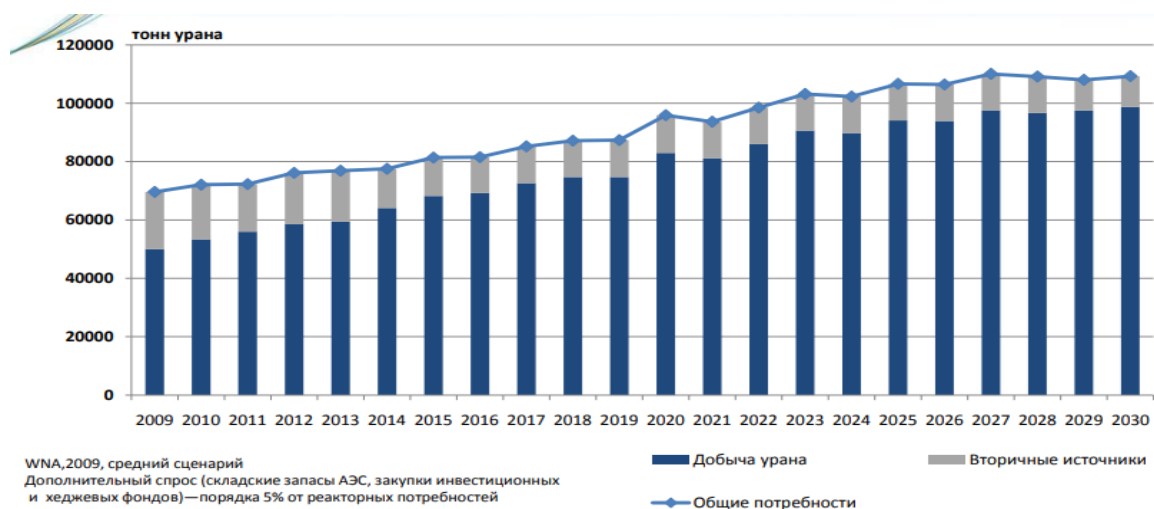
ПРИЛОЖЕНИЯ И ТАБЛИЦЫ



Приложение А-1- Динамика ввода блоков АЭС в мире

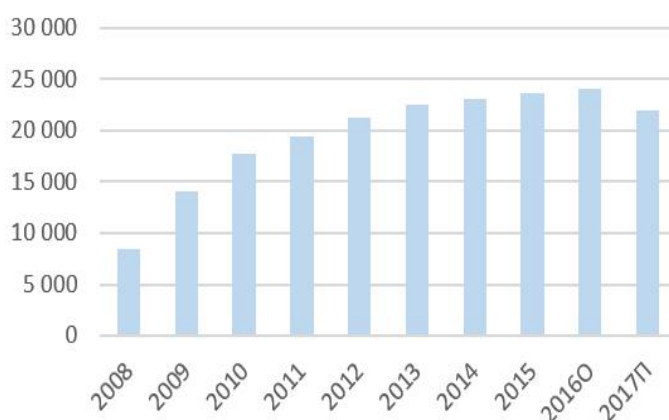


Приложение-2- Динамика ввода реакторных мощностей в мире, ГВт

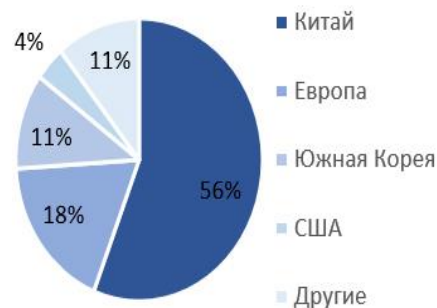


Приложение А-3- Прогноз сырьевых потребностей атомной энергетики до 2030 года

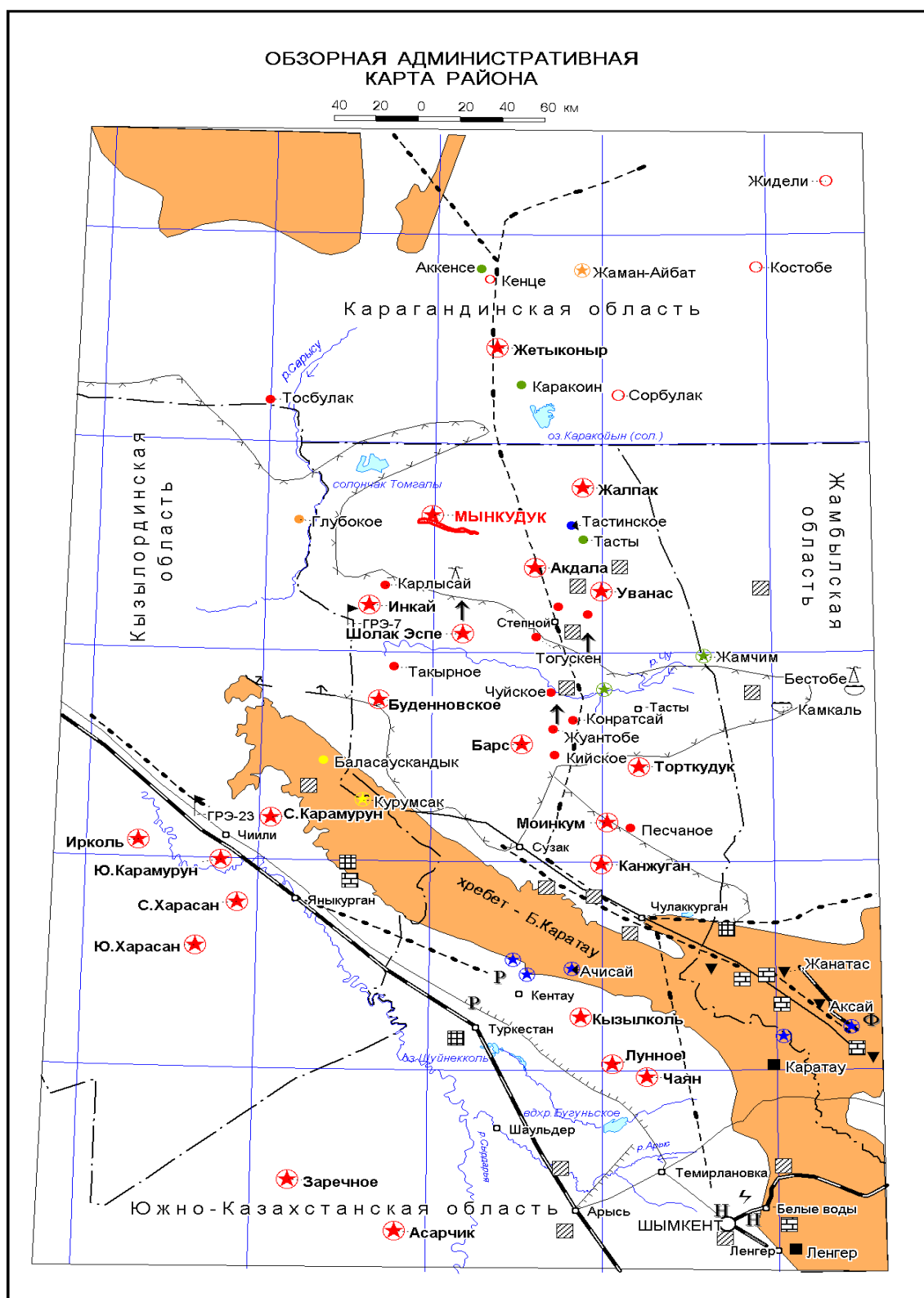
Добыча урана в Казахстане, тонна (2008-2017П)



Импортирующие страны урана из Казахстана



Приложение А-4- Добыча урана в Казахстане



Приложение Б. Схема географического положения м. «Инкай»

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	Населенные пункты
	Поселки геологических экспедиций
Пути сообщения:	
	железные дороги
	железные дороги узкоколейные
	автомобильные дороги с твердым покрытием
Промышленные предприятия и магистрали:	
	нефтеперегонный завод
	свинцово-цинковый комбинат
	комбинат по обогащению и переработке фосфоритов
	электростанции
	высоковольтные линии электропередач
	нефтепроводы
	водоводы
Полезные ископаемые:	
	Месторождения(1) и рудопроявления(2) урана в мезозойско-кайнозойских отложениях и их названия
	Месторождения и рудопроявления урана в домезозойских образованиях и их названия
Месторождения(1) и рудопроявления(2) других полезных ископаемых и их названия:	
	полиметаллов
	меди
	редких земель
	урано-ванадиевые
	фосфоритов
	каменного угля
	газа
	поваренной соли
	известняка
	бентонитовых глин
	строительных материалов (песок, галька, гравий, бутовый камень)
Прочие обозначения	
	Выход на дневную поверхность домезозойских образований
	Границы самоизлива пластовых вод
	Самоизливающиеся скважины
	Контур месторождения Центральный Мынкудук

Продолжение приложение Б. Условные обозначения

Таблица 1 - Верхняя часть рудного блока, производительность технологических скважин, м³/ч

Дата/инт. фильтра	108-10-3	108-7-4	108-15-4-1	108-15-5	108-15-6	108-7-6	108-7v-9
	499.4-505.6	499.2-505.2	500.8-508.8	501.0-504.9	499.5-507.8	498.3-505.6	497.7-503.8
08.2018	12.05	8.45	4.05	2.01	8.42	7.96	7.76
09.2018	12.60	7.74	4.20	2.10	7.76	7.49	7.69
10.2018	11.33	4.58	3.37	1.89	6.98	5.27	5.21
11.2018	9.61	7.04	2.96	1.59	5.88	6.94	4.93
12.2018	10.27	6.38	2.75	1.53	4.79	6.40	4.37
01.2019	10.35	6.13	3.03	1.69	4.40	5.91	4.47
02.2019	11.00	4.92	1.82	1.76	3.72	3.15	4.69
03.2019	9.85	5.56	2.93	1.70	4.02	4.40	4.93
04.2019	7.37	4.32	2.29	0	2.85	3.77	3.80
05.2019	10.45	5.41	3.07	0	4.55	5.16	5.73
06.2019	11.12	5.33	2.95	0	4.10	4.88	5.54

Таблица 2 - Нижняя часть рудного блока, производительность технологических скважин, м³/ч

Дата/инт. фильтра	108-8n-3	108-9n-4	108-11n-4	108-11n-6	108-9n-5	108-7-5
	507.5-513.4	505.9-512.8	510.6-512.2	510.9-512.8	504.8-510.0	505.4-511.3
08.2018	12.57	4.58	2.10	2.10	6.94	8.29
09.2018	10.85	3.71	1.81	1.81	6.30	7.26
10.2018	9.36	3.46	1.37	1.26	4.76	3.31
11.2018	5.60	2.58	0.89	0.89	3.43	3.80
12.2018	2.61	2.34	0.43	0.43	2.79	3.54
01.2019	2.21	1.92	0.37	0.37	2.57	2.98
02.2019	2.90	3.42	0.99	0.99	4.47	4.30
03.2019	2.51	3.09	0.80	0.68	3.53	3.67
04.2019	0	1.74	0	0	1.43	2.08
05.2019	2.59	2.05	0	0.33	1.97	3.33
06.2019	2.57	1.78	0	0.18	1.66	3.00

Таблица 3 - Верхняя часть рудного блока, производительность технологических скважин, м³/ч

Дата/инт. фильтра	108-6-2	108-7-2	108-7-3	108-5-3	108-5v-8	104-9-1	104-9-2
	502.6-510.6	499.9-508.1	500.7-508.9	502.0-509.0	501.1-506.1	499.6-505.6	499.3-504.3
08.2018	14.85	8.14	8.13	8.73	4.72	2.30	1.90
09.2018	14.44	6.90	7.27	7.69	3.50	3.00	2.91
10.2018	11.13	5.07	5.33	5.56	3.63	3.52	3.56
11.2018	10.19	4.70	5.02	5.35	3.09	3.13	3.39
12.2018	11.18	5.35	4.68	5.10	3.97	4.10	4.29
01.2019	8.99	4.87	4.55	4.95	3.36	3.67	3.84
02.2019	11.6	3.94	4.52	5.89	2.77	3.36	3.24
03.2019	9.86	5.69	5.94	5.79	1.18	3.50	3.31
04.2019	7.32	4.06	4.51	4.45	1.39	0	0
05.2019	9.84	4.57	4.98	5.58	3.43	3.31	3.24
06.2019	11.12	4.71	5.13	5.84	3.54	3.07	3.20

Таблица 4 - Нижняя часть рудного блока, производительность технологических скважин, м³/ч

Дата/инт. фильтра	108-6n-0	108-9n-2	108-9n-3	108-5n-9	108-5-2	108-5n-0	108-5-1	108-7-1
	510.8-514.8	509.9-513.9	509.6-514.7	510.5-514.4	506.5-511.4	511.8-514.0	506.5-511.4	504.1-508.1
08.2018	9.71	5.01	4.91	4.41	4.43	2.40	2.53	2.53
09.2018	6.09	3.77	3.23	3.11	3.65	2.07	3.10	3.09
10.2018	3.00	2.36	2.06	2.06	2.30	0.60	1.86	1.86
11.2018	0	1.67	1.65	1.65	1.69	0	1.57	1.57
12.2018	0	1.56	1.92	1.92	1.65	0	1.82	1.82
01.2019	3.54	2.74	2.06	2.30	3.18	1.08	1.49	1.49
02.2019	2.24	2.46	3.38	3.01	3.45	1.48	1.86	1.86
03.2019	2.87	0.91	2.55	2.53	3.75	0.91	1.62	1.59
04.2019	2.24	0.45	1.77	1.77	2.50	0.45	1.20	1.20
05.2019	2.59	0.55	2.27	2.27	2.16	0.55	1.83	1.83
06.2019	2.57	0.51	2.26	2.26	2.23			

Таблица 5. Производительность смежных откачных скважин, м³/ч

Дата/ инт.	108-10-4	108-8n-4	108-6-4	108-6-3	108-6n-5	108-10-2	108-10-2	108-4-1	108-4-0	104-8-1	108-10-1	108-8n-1
фильтр												
	498.7 - 503.9	505.1 - 511.2	501.2 - 509.5	501.0 - 506.9	508.8 - 515.1	501.4 - 509.5	501.4 - 509.5	504.0 - 512.1	500.7 - 506.8	501.2 - 505.2	500.7 - 506.7	510.1 - 515.4
08.20 18	13.32	12.62	13.89	12.05	14.91	13.45	13.45	15.00	15.04	9.92	13.19	11.17
09.20 18	13.88	11.07	12.12	14.87	11.58	12.62	12.62	14.75	12.12	12.89	12.61	10.19
10.20 18	13.12	10.48	11.46	10.07	10.17	10.76	10.76	10.36	11.75	10.32	10.65	10.40
11.20 18	12.53	9.16	10.44	11.15	10.58	8.98	8.98	11.00	9.89	1.61	11.23	9.35
12.20 18	11.04	7.75	10.20	9.10	11.44	8.44	8.44	10.00	13.03	1.46	13.84	8.25
01.20 19	9.88	5.95	9.04	8.92	9.28	8.85	8.85	10.90	11.19	1.67	12.23	8.72
02.20 19	5.49	6.85	8.25	10.55	10.26	10.99	8.46	11.58	11.15	0.7	10.32	9.12
03.20 19	12.80	2.83	9.41	10.12	10.11	7.65	7.65	10.25	10.99	0	10.46	0
04.20 19	7.54	1.59	6.30	8.04	7.91	5.33	5.33	7.33	7.51	0	7.09	0
05.20 19	9.82	1.86	10.56	10.71	10.88	6.01	6.01	9.87	9.8	0	9.72	0
06.20 19							6.03	10.29	10.70	0	11.92	0

Таблица 8 Таблица COLLAR – файл расположения устьев скважин.

№ п/п	Название поля в Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
1	Hole_id	Номер скважины
2	X	Координаты по оси X (долгота)
3	Y	Координаты по оси Y (широта)
4	Z	Координаты высоты
5	Maxdepth	Максимальная глубина скважины
6	Block	Номер технологического блока
7	Type	Тип скважины (откачная или заказная)

Таблица 9 Таблица SURVEY – файл положения скважин и горных выработок.

№ п/п	Название поля в Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
1	Hole_id	Номер скважины
2	Depth	Глубина
3	Dip	Угол наклона скважины
4	Azimut	Азимут

Таблица 10 Таблица RI – файл рудных интервалов.

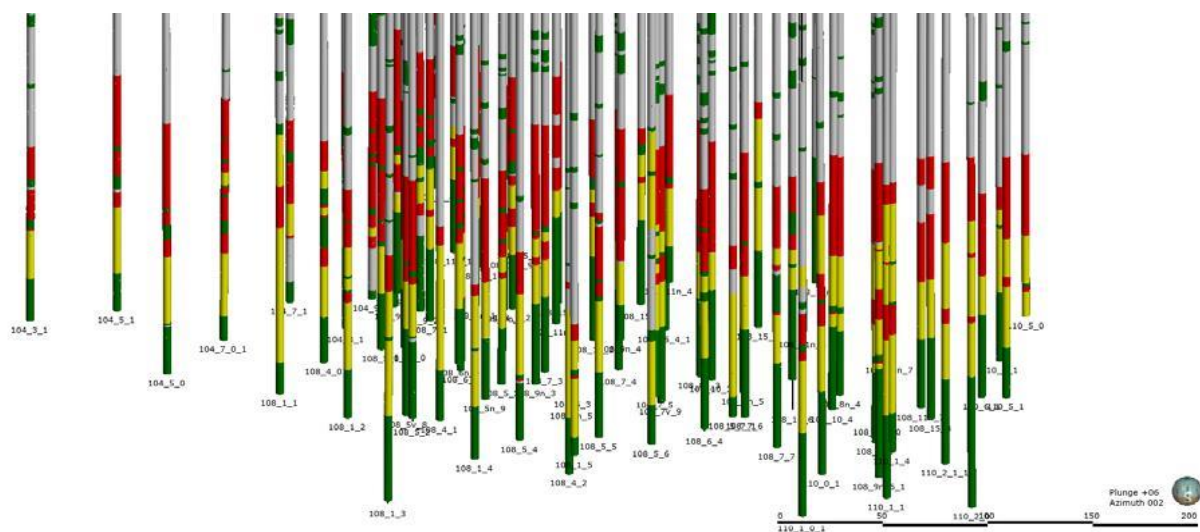
№ п/п	Название поля в Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
1	Hole_id	Номер скважины
2	From	Начало интервала – ОТ
3	To	Конец интервала – ДО
4	Block	Номер технологического блока
5	M	Мощность интервала
6	MCU	Метропроцент урана
№ п/п	Название поля в Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
7	Lith	Литологический тип пород
8	KF	Коэффициент фильтрации (М/сут)

Таблица 11 Таблица Lith – файл литологии.

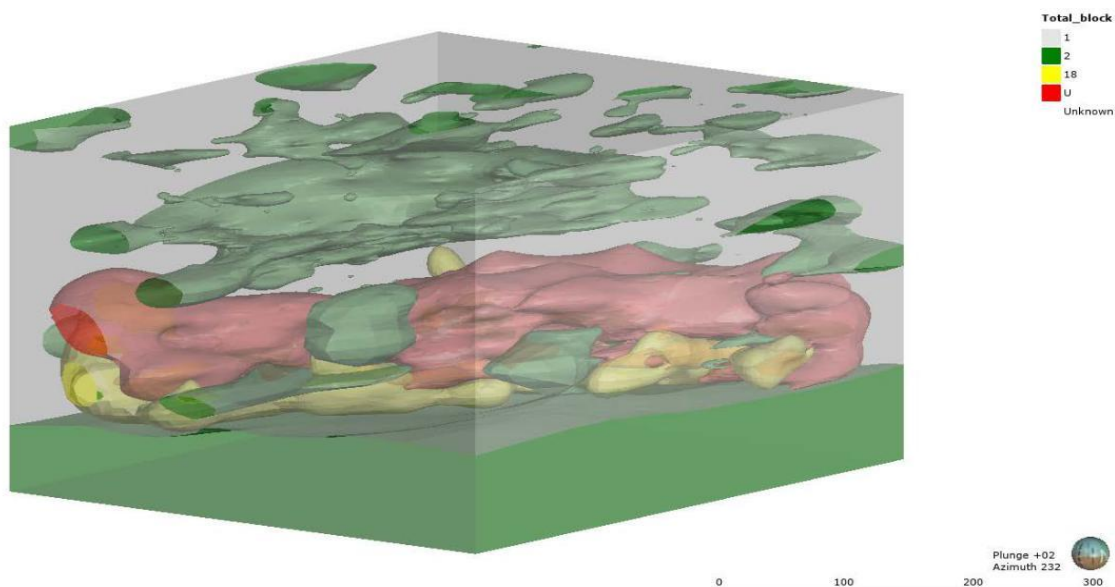
№ п/п	Название поля в Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
1	Hole_id	Номер скважины
2	From	Начало интервала – ОТ
3	To	Конец интервала – ДО
4	Lith	Тип пород по проницаемости
5	Lith1	Код литологической разности
6	KOFILTR	Коэффициент фильтрации (М/сут)

Таблица 12 Таблица Filt – файл расположения фильтров.

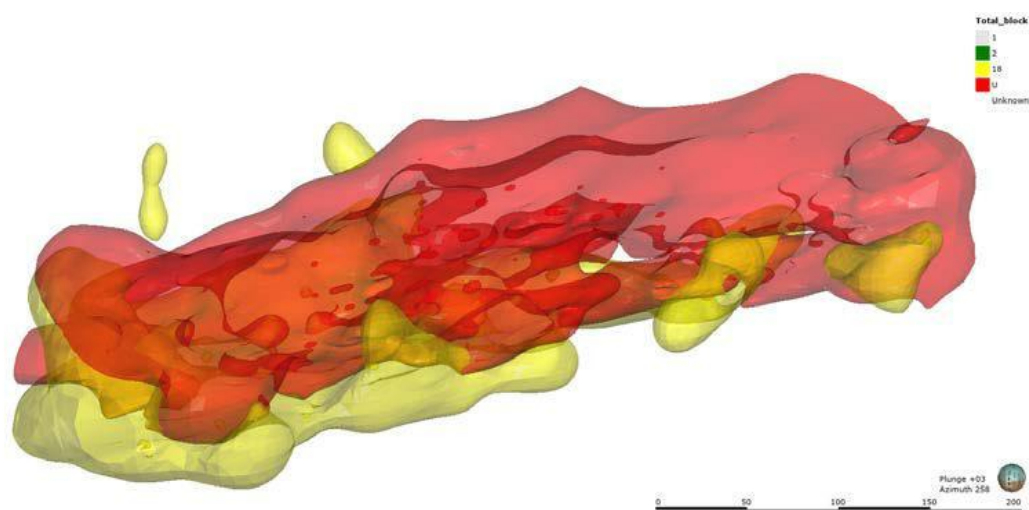
№ п/п	Название поля Leapfrog Geo	Расшифровка и описание
1	Hole_id	Номер скважины
2	From	Начало интервала – ОТ
3	To	Конец интервала – ДО
4	Block	Номер технологического блока
5	Filt_KM	Кодировка фильтров



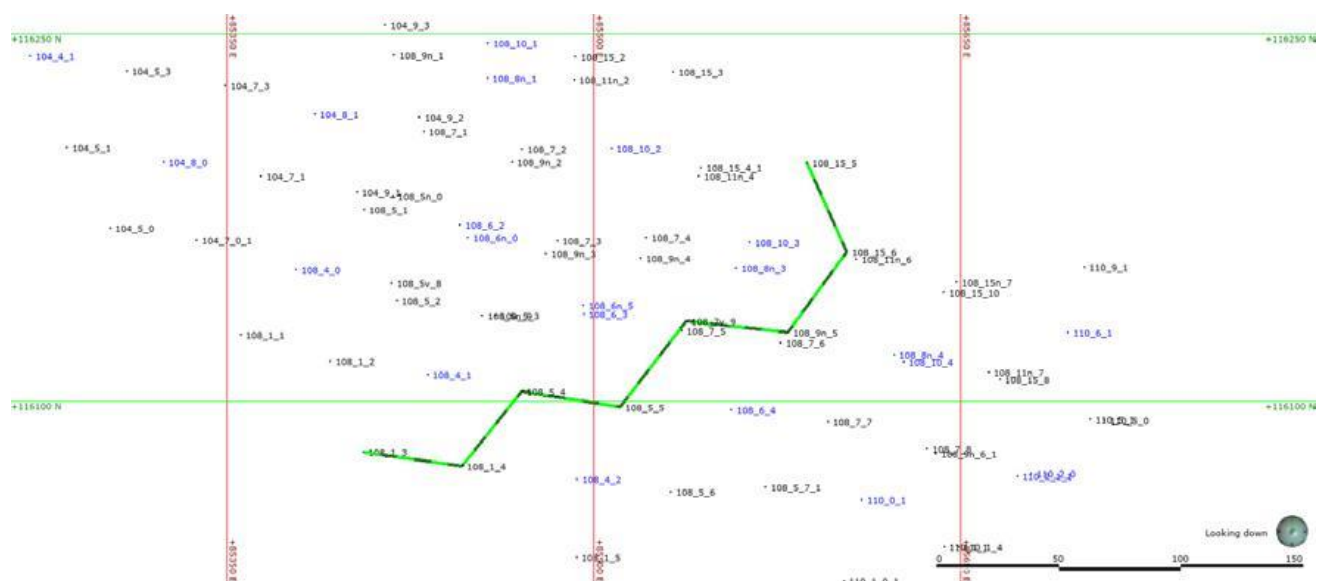
Приложение Д-1. Отображение технологических скважин по литологическому типу



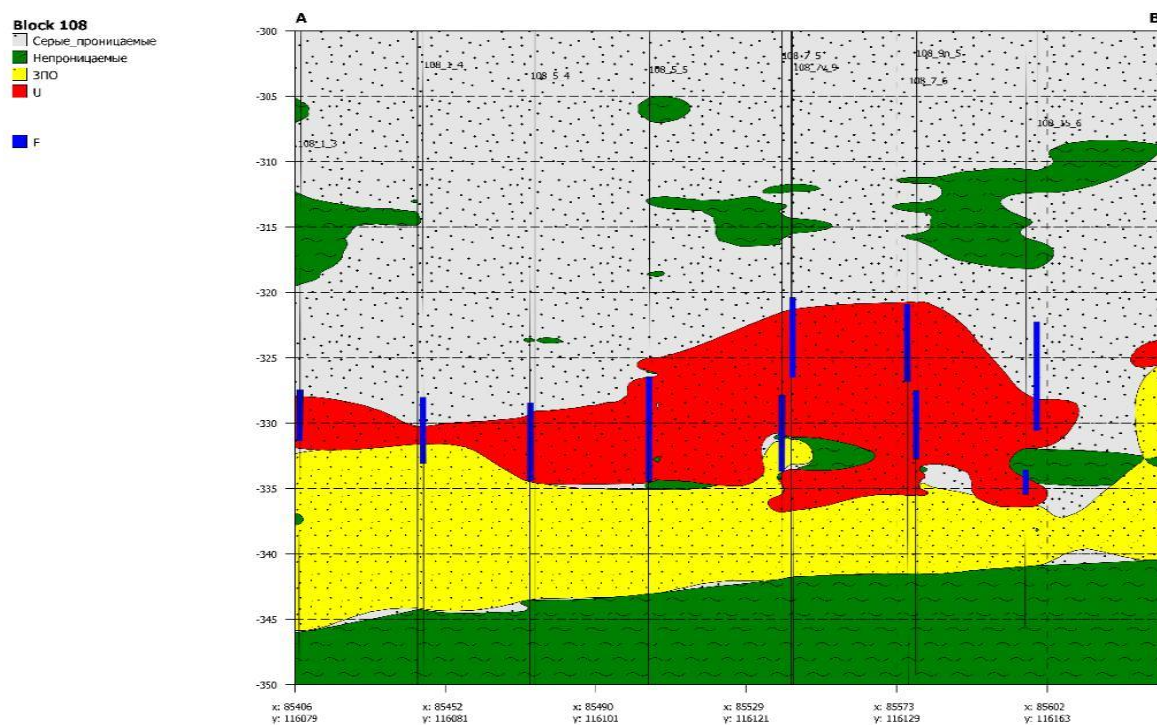
Приложение Д-2 – Литологическая модель технологического блока 108.



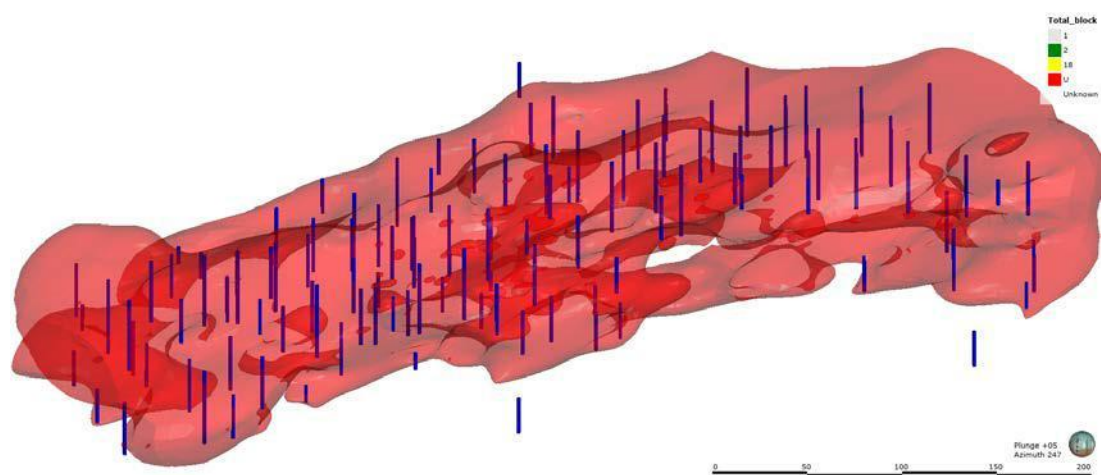
Приложение Д-3 – Рудное тело и ЗПО блока 108.



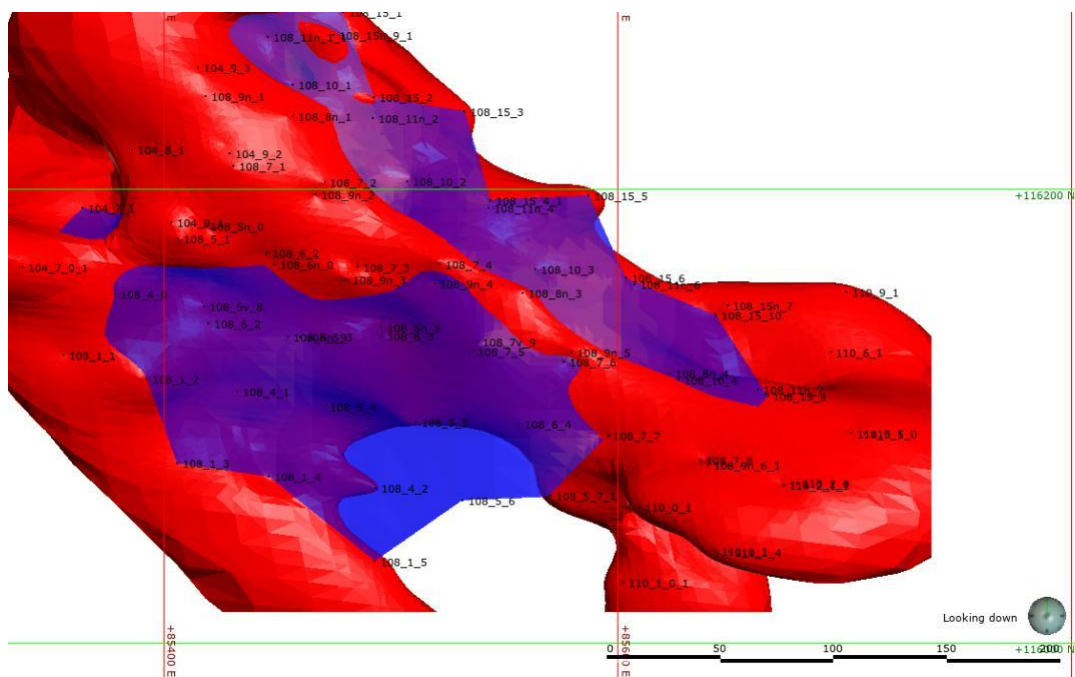
Приложение Д-4 – Линия разреза по блоку 108



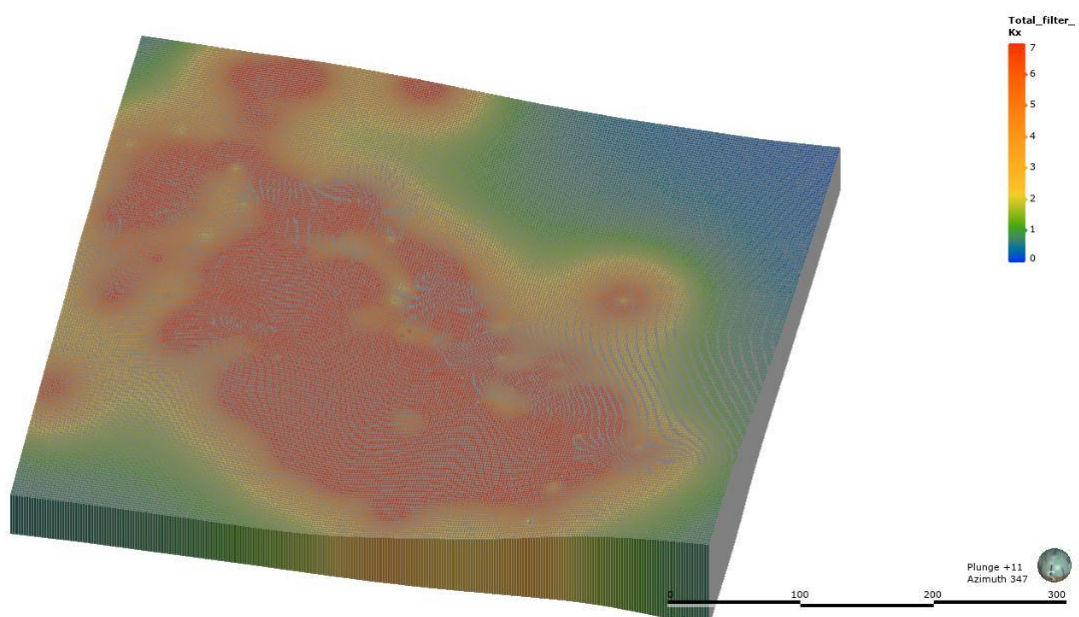
Приложение Д-5. Разрез по закачным скважинам блока 108



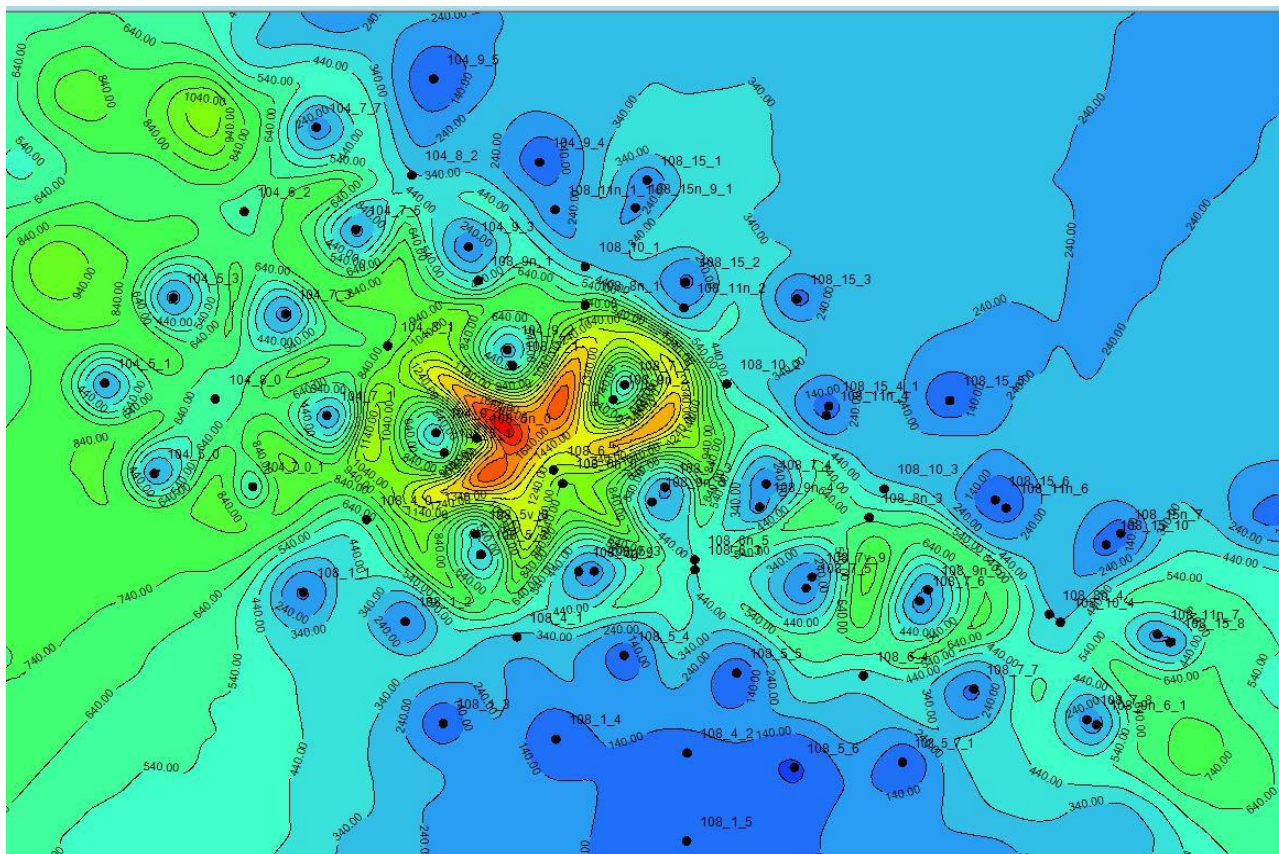
Приложение Д-6 – Рудное тело блока 108 с положением фильтров технологических скважин.



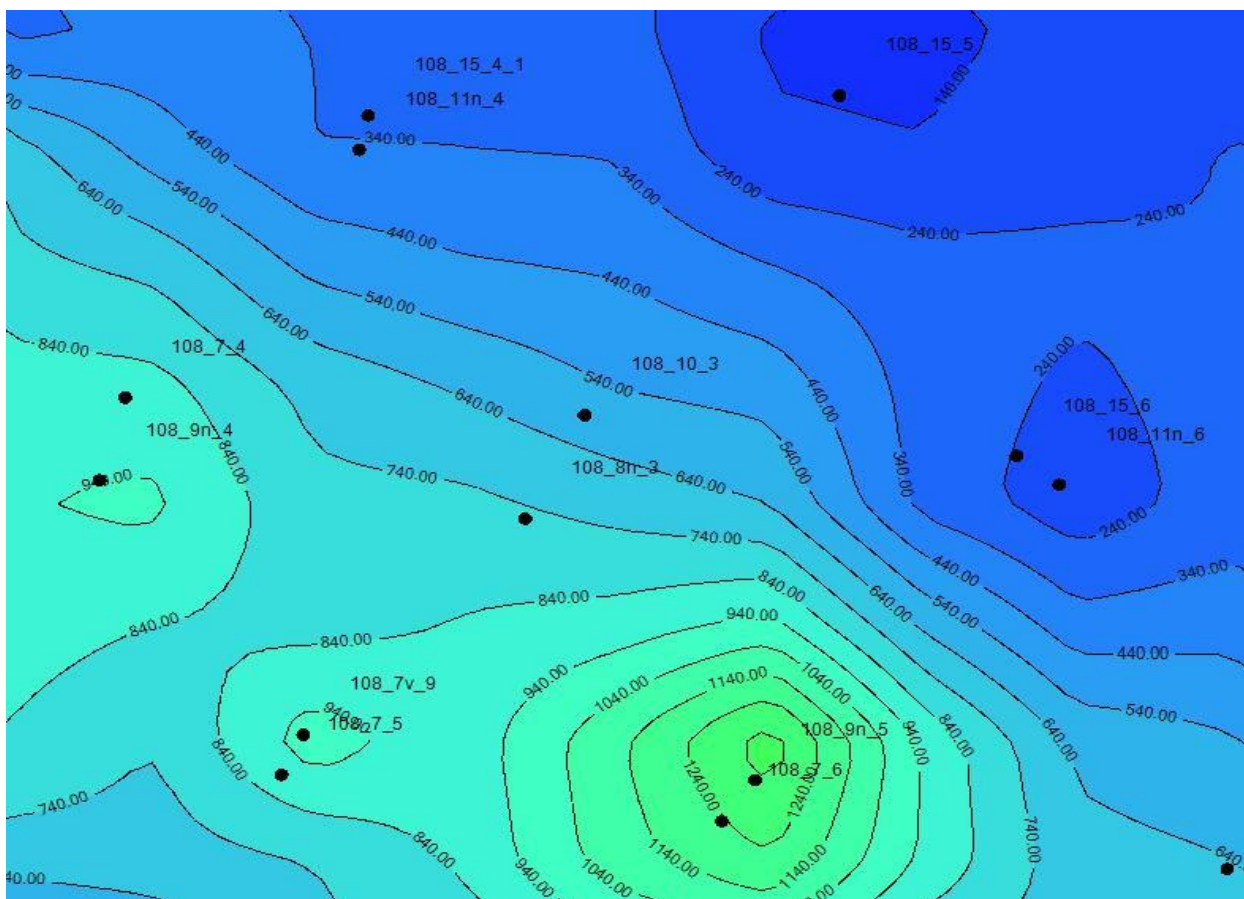
Приложение Д-7. Модель зоны активной фильтрации блока 108 с рудным телом.



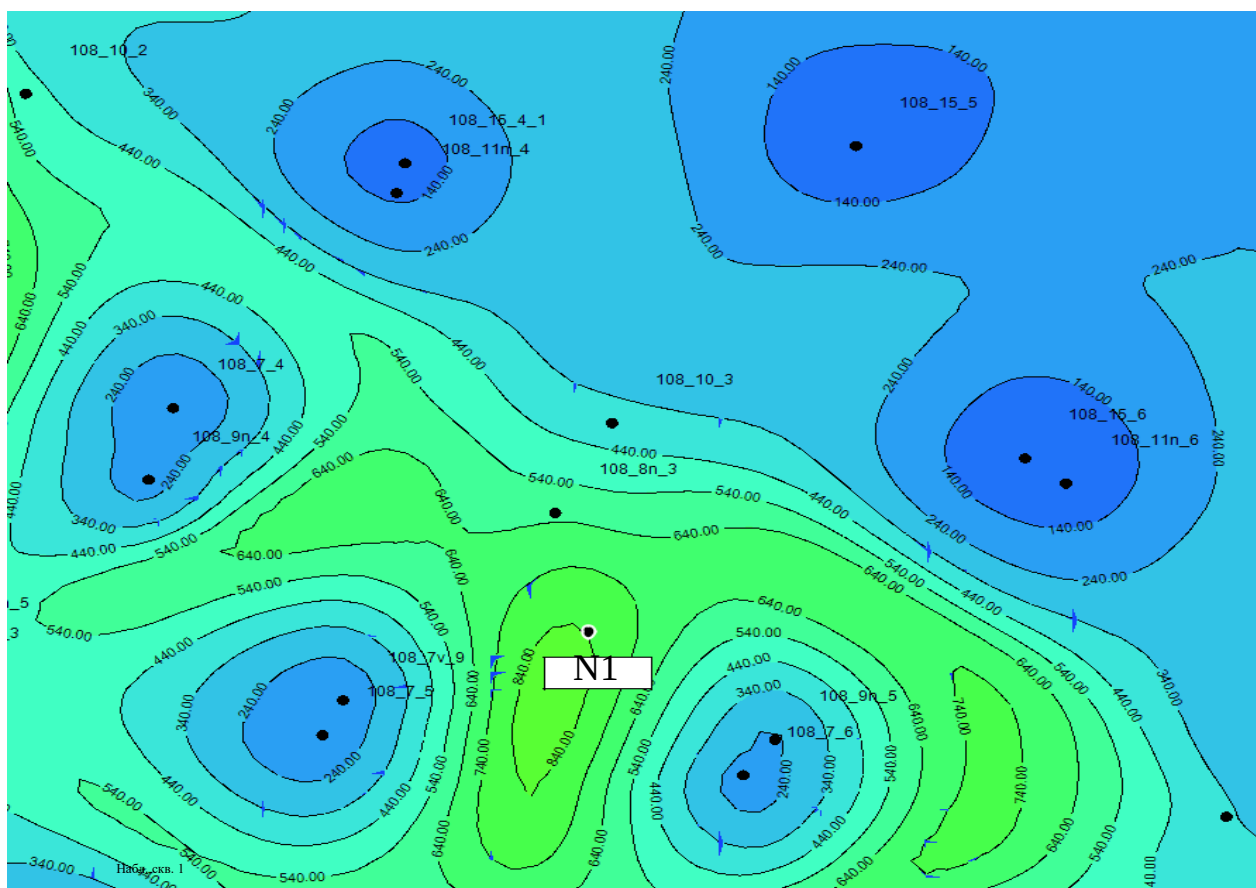
Приложение Д-8. Модель зоны активной фильтрации, подготовленная к экспорту в Modflow



Приложение Д-10. Карта-схема тс по технологическому блоку 108 на
30.06.2019г



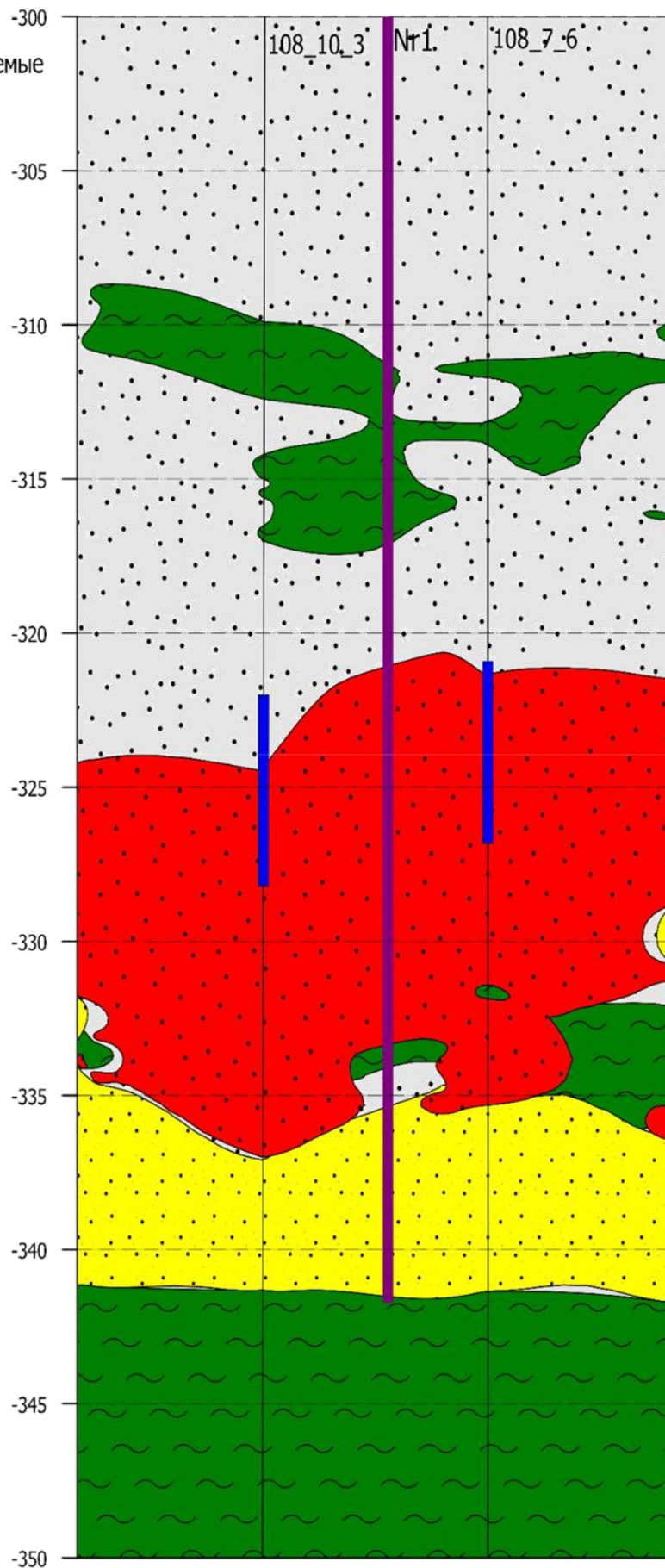
Приложение Д-11. Карта-схема тс ячейки 108-10-3/108-8п-3 на момент начала моделирования



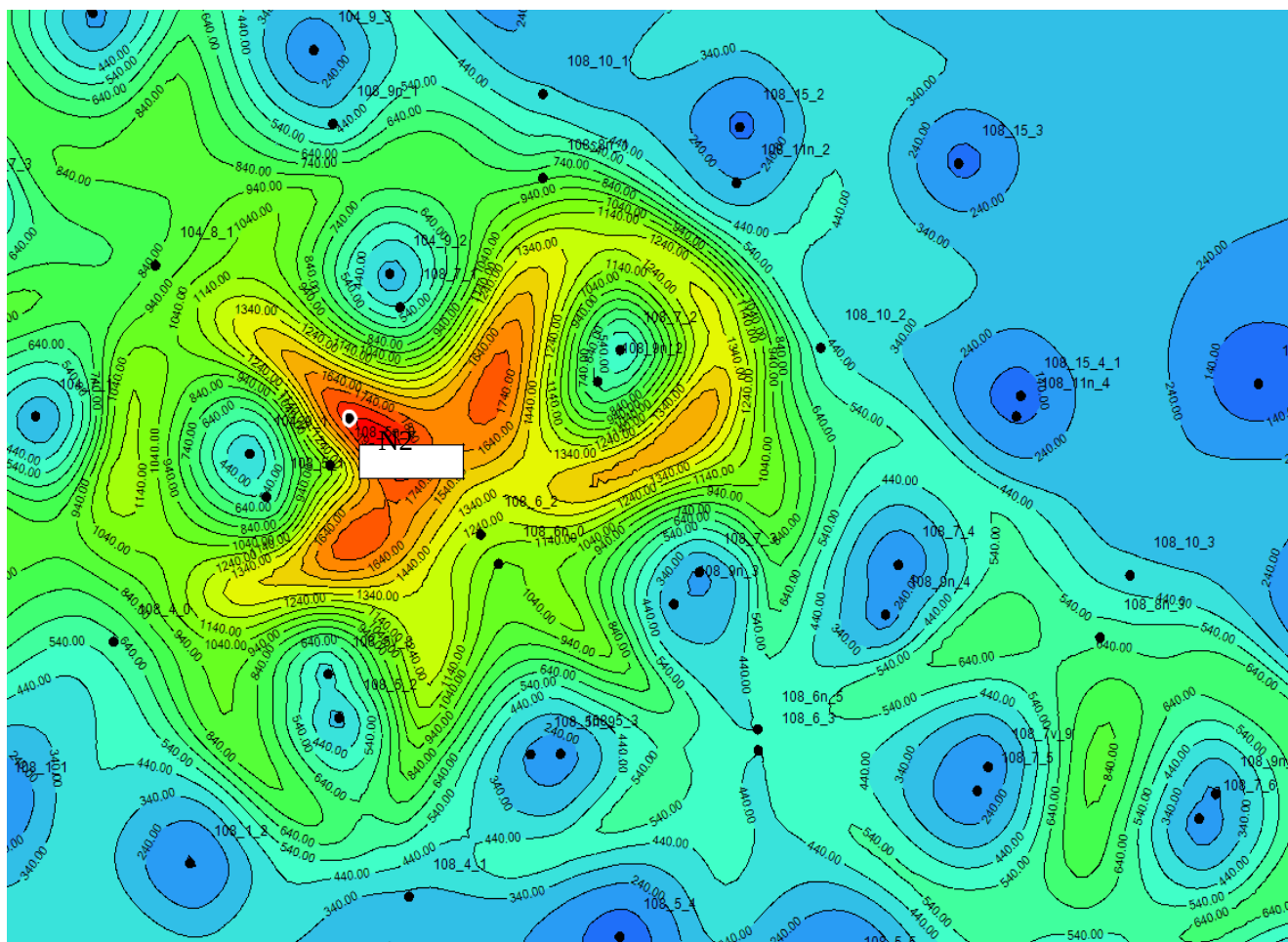
Приложение Д-12. Карта-схема ячейки 108-10-3 на 30.06.2019г. с указанием расположения 1 наблюдательной скважины

Block 108

- Серые_проницаемые
- Непроницаемые
- ЗПО
- U



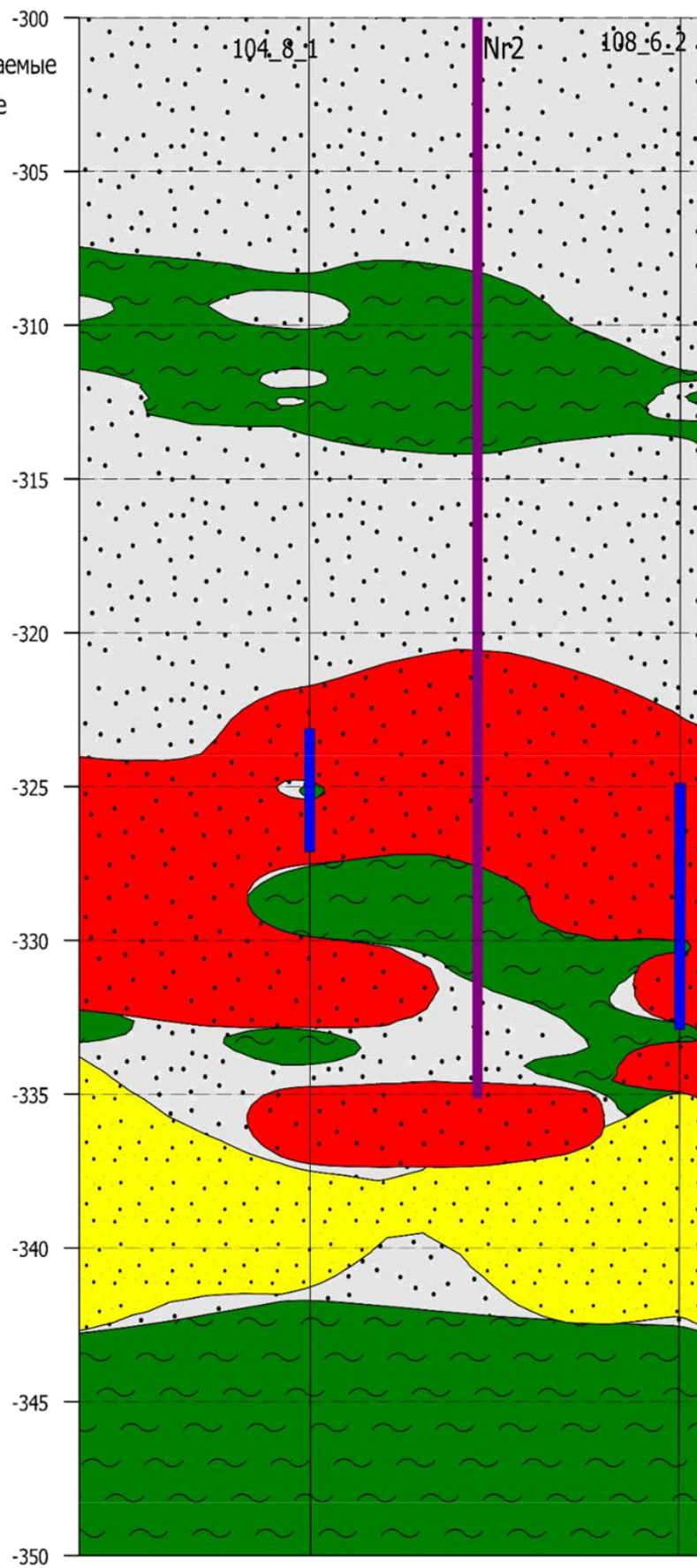
Приложение Д-13. Разрез по ячейке 108-10-3/108-8п-3 по линии 108-10-3 – 108-7-6 с указанием положения наблюдательной скважины 1 (Nr1)



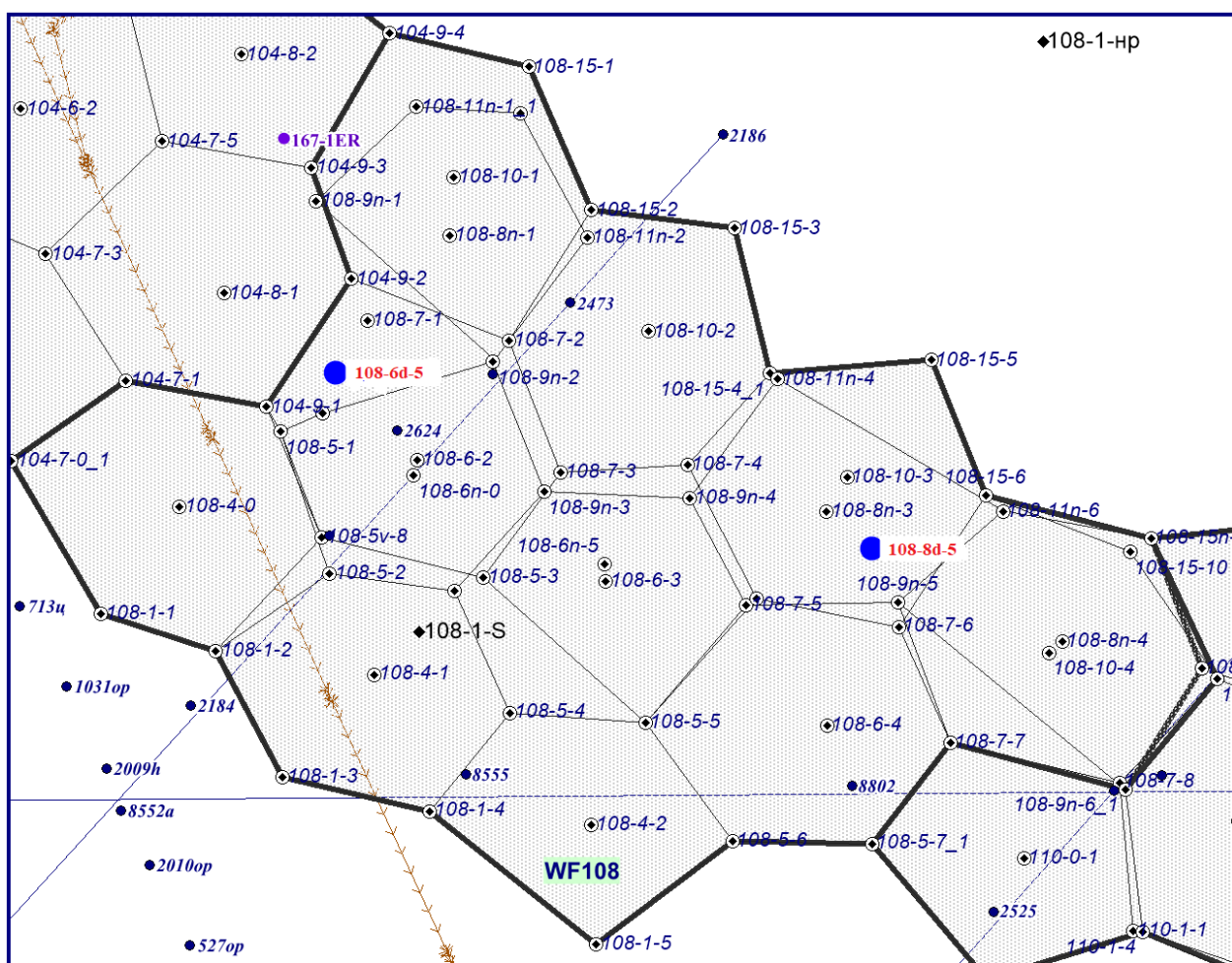
Приложение Д-15. Карта-схема ячейки 108-6-2/108-6п-0 на 30.06.2019г. с указанием расположения 2 наблюдательной скважин.

Block 108

- Серые_проницаемые
- Непроницаемые
- ЗПО
- U



Приложение Д-16. Разрез по линии 104-8-1 – 108-6-2 с указанием положения наблюдательной скважины 2 (Nr2).



Приложение Д-17. Карта-схема экспериментального блока №108

СОКРАЩЕНИЕ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АЭС- атомная электростанция

ПСВ – подземное скважинное выщелачивание;

ОПВ – опытно промышленное выщелачивание;

РТ – рудное тело;

ГРМ – горнорудная масса;

ЗАДР – зона активного движения растворов;

ФК – фильтровая колонна;

ЗС – закачная скважина;

ОС – откачная скважина;

ВР – выщелачивающий раствор;

ПР – продуктивный раствор;

ТР – технологический раствор;

РВР – ремонтно-восстановительные работы;

V_{ϕ} – скорость фильтрации;

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации;

ЗПО – зона пластового окисления;

мс –средний метропроцент.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)
Алтыбаев Магжан Ибадуллаулы
(Ф.И.О. обучающегося)
6М070600 - Геология и разведка месторождений
(шифр и наименование специальности) полезных ископаемых

Тема:

Геолого-структурные условия оруденения
и совершенствование методов обработки уран-
овых залежей на примере месторождения "Иккай".

Диссертант Алтыбаев М.И. самостоятельно с содей-
ствием всех преподавателей подготовил работы, провел работу,
анализировал все существующие данные и активно
участвовал в экспериментальных исследованиях
на месторождении "Иккай".

Оценя знания и навыки студента тот факт, что
на экспериментальной базе № 108, в результате
экспериментальных исследований устанавливает,
оценивается Т.Н. "Застойная зона". В результате
привлечения этих зон к обработке увеличивается
содержание урана в продуктивных растворах, что
приводит к уменьшению потерь в недрах и повышению
экономической эффективности обработки.

Рекомендую диссертацию к защите со степенью
высокой (92).

Научный руководитель

асс. профессор, кандидат 2. и-наук

(должность, уч. степень, звание)

С. Ибрагимов Ф.И.О. (Асанов А.)

(подпись)

«10» декабря 2019г.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую Диссертацию
(наименование вида работы)

Алтынбайда Машманов Чаруоллаулы
(Ф.И.О. обучающегося)

61070600 - Геология и разведка урановых и ториевых руд
(шифр и наименование специальности)

На тему: Геолого-структурное изучение локализации урано-

вого рудоподстила и совершенствование методов обработки

Выполнено: уран. закончен на примере попутнотекст "Инкас"

а) графическая часть на _____ листах

б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В диссертационной работе дано качественное описание
поверхности, содержания урана в продуктивных
породах за счет выделенных и сконструированных
застойных зон. Вторым диссертацией построена
3D модель месторождения с учетом координат,
цвета флюидации с помощью бурения
реперных точек на территории скважины.
По работе замечаний нет.

Оценка работы

В целом диссертационная работа отвечает
требованиям, работу можно оценить на 99
балла, а ее автор Алтынбайда Машманов
Чаруоллаулы заслуживает присуждения
степени кандидата по специальности
61070600.

Рецензент

профессор, д-р техн. наук
(должность, уч. степень, звание)

К. Турисов
(подпись)

«10»

2017 г.



Список научных трудов

Алтыбаев Магжан Ибадуллаұлы

№	Сведения о работе				
	Наименование работ	Вид работы: статья, доклад	Издательство, год издания	Объем, стр.	Соавторы
1.	Геологическое строение уранового месторождения Инкай и методика проведения геологоразведочных работ	Статья	Труды Сатпаевских чтений Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК Том I. Алматы, 2019. С. 155 – 158.	4	Асанов М.А.

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

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ

**Научный руководитель
к.г.-м.н.,ассоц.профессор кафедры ГСПиРМПИ**

Автор работы



Сыздыков А.Х.

Бекботаева А.А.

Асанов М.А.

Алтыбаев М.И.