

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Ашықов Шапағат Серікбайұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Выявление и отработка
техногенных и останцовых руд на
месторождении Акдала участок
«Ближний»

Направление подготовки

6M070600 – Геология и разведка
месторождений полезных ископаемых

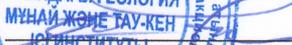
Научный руководитель
доктор PhD, ассоц.профессор

 А.А. Бекботаева

« 10 » 12 2019 г.

Рецензент

Доктор тех. наук, профессор

 Х.А. Юсупов

« 10 » 12 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал. наук, лектор

 С.К. Асубаева

« 3 » 12 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ

доктор PhD, ассоц.профессор

 А.А. Бекботаева

« 10 » 12 2019 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева
Институт геологии, нефти и горного дела
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия



УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ

доктор РнД, асоц. профессор

А.А. Бекботаева

12 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Ашыкову Шапагату Серикбайулы

Тема: «Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»»

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

Срок сдачи законченной диссертации: «06» декабря 2019 г.

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

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) практика отработки урановых месторождений
- б) современное состояние горных работ на месторождений
- в) визуализация факторов рудоносности и взаимоположения руд и водоупоров
- г) Оценка перспектив кластера на остаточное оруденение
- д) приложения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- а) геологическая карта месторождения Акдала;
- б) геологический разрез месторождения Акдала;

Рекомендуемая основная литература:

- 1) Рыбников П.А., Рыбникова Л.С. Гидрогеохимия техногенных процессов разрабатываемых и ликвидированных медноколчеданных месторождений Среднего Урала // Материалы 2-й Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	А.А. Бекботаева доктор PhD, ассоц.профессор	20.10.19	
Общие сведения о районе работ		25.10.19	
Краткая геолого- гидрогеологическая характеристика рудного района		1.11.19	
Краткая характеристика добычного и перерабатывающего комплекса		15.11.19	
Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»		20.11.19	
Результаты отработки остаточных руд и технико-экономические расчеты целесообразности вовлечения в отработку		25.11.19	
Заключение		30.11.19	
Нормоконтролер	С.К.Асубаева канд. геол.-минерал.наук, лектор	3.12.19 ₂	

Научный руководитель _____

Задание принял к исполнению _____




А.А. Бекботаева

Ш.С. Ашыков

Дата

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

Ашықов Шапағат Серікбайұлы

Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении
Ақдала участок «Ближний»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Специальность 6М070600 – Геология и разведка месторождений полезных
ископаемых

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева
Институт геологии, нефти и горного дела
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Ашықов Шапағат Серікбайұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»
Направление подготовки	6М070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Научный руководитель
доктор PhD, ассоц.профессор
_____ А.А. Бекботаева
«__»_____ 2019 г.

Рецензент
Доктор тех. наук, профессор
_____ Х.А.Юсупов
«__»_____ 2019 г.

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц.профессор
_____ А.А.
Бекботаева
«__»_____ 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева
Институт геологии, нефти и горного дела
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ
доктор PhD, ассоц.профессор
_____ А.А. Бекботаева
« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Ашыкову Шапагату Серикбайулы

Тема: «Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»»

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

Срок сдачи законченной диссертации: «06» декабря 2019 г.

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

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) практика отработки урановых месторождений
- б) современное состояние горных работ на месторождений
- в) визуализация факторов рудоносности и взаимоположения руд и водоупоров
- г) Оценка перспектив кластера на остаточное оруденение
- д) приложения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- а) геологическая карта месторождения Акдала;
- б) геологический разрез месторождения Акдала;

Рекомендуемая основная литература:

- 1) Рыбников П.А., Рыбникова Л.С. Гидрогеохимия техногенных процессов разрабатываемых и ликвидированных медноколчеданных месторождений Среднего Урала // Материалы 2-й Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция

взаимодействия воды с горными породами», г.Владивосток, 06-11 сентября 2015. с. 503-507;

2) Норкулов Д.Н. Экономические, социальные и экологические последствия разработки техногенных месторождений // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Москва, 05-07 апреля 2017 года;

3) Санакулов К.С., Шеметов П.А. Ресурсосберегающие технологии переработки минерального сырья техногенного происхождения. // Горный вестник Узбекистана, июнь 2009 г. с. 21-26.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение		
Общие сведения о районе работ		
Краткая геолого-гидрогеологическая характеристика рудного района		
Краткая характеристика добычного и перерабатывающего комплекса		
Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»		
Результаты отработки остаточных руд и технико-экономические расчеты целесообразности вовлечения в отработку		
Заключение		

Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	А.А. Бекботаева доктор PhD, ассоц.профессор		
Общие сведения о районе работ			
Краткая геолого-гидрогеологическая характеристика рудного района			
Краткая характеристика добычного и перерабатывающего комплекса			
Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении Акдала участок «Ближний»			
Результаты отработки остаточных руд и технико-экономические расчеты целесообразности вовлечения в отработку			
Заключение			
Нормоконтролер		С.К.Асубаева канд. геол.-минерал.наук, лектор	

Научный руководитель _____ А.А. Бекботаева
Задание принял к исполнению _____ Ш.С. Ашыков

Дата

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе изучены проблемы восполнения минерально-сырьевой базы действующих добычных предприятий, ведущих добычу урана методом подземного скважинного выщелачивания в Казахстане в последние годы становится актуальной вследствие исчерпания ресурсной базы ряда объектов и невозможности ее восполнения за счет новых участков или залежей вблизи созданной добычной инфраструктуры. В последние годы значительное влияние на эту проблему наблюдается, а именно падение мировых цен на готовую продукцию со стороны горнодобывающих компаний, что вынуждает производителей искать новые инновационные подходы для снижения издержек производства.

Одним из факторов может быть предложенный ниже подход к вовлечению техногенных и оставшихся урановых руд в существующие геологические подразделения предприятий. Вопросам использования техногенных руд в специализированной литературе последние десятилетия посвящено достаточно много работ, однако они в подавляющем большинстве касаются извлечения полезного металла из отвалов (техногенных образований) горных производств. Извлечение отработанных руд и эксплуатация техногенных руд в отработанных блоках промышленных площадок Навоийского горно-обогатительного комбината (месторождения Букинай, Учкудук, Букай) известны, но данные по этим работам отсутствуют в открытых источниках.

В диссертации посвящена методика прогноза и оценки остаточных рудных накоплений, подробно изложена методика, применявшаяся нами, начиная от приемов создания карты продуктивности на основе данных технологического и разведочного бурения, и завершая методами собственно оценки конкретных площадей.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста Қазақстанда жерасты ұнғылап шаймалау әдісімен уран өндіретін жұмыс істеп тұрған өндіру кәсіпорындарының минералдық-шикізат базасын толықтыру проблемалары зерделенді соңғы жылдары бірқатар объектілердің ресурстық базасының сарқылуы және жаңа учаскелер немесе құрылған өндіру инфрақұрылымы маңындағы кен шоғырларының есебінен оны толтыру мүмкін еместігі салдарынан өзекті болып отыр.

Соңғы жылдары бұл мәселеге елеулі әсер ету байқалады, атап айтқанда, тау-кен өндіруші компаниялар тарапынан дайын өнімге әлемдік бағаның құлдырауы байқалады, бұл өндіріс шығындарын төмендету үшін өндірушілерді жаңа инновациялық тәсілдерді іздеуге мәжбүр етеді.

Факторлардың бірі кәсіпорындардың қазіргі геологиялық бөлімшелеріне техногендік және қалған уран кендерін тартуға төменде ұсынылған тәсіл болуы мүмкін. Техногенді кендерді мамандандырылған әдебиетте пайдалану мәселелеріне соңғы онжылдықтарда айтарлықтай көп жұмыстар арналған, алайда олар басым көпшілігінде тау-кен өндірісінің үйінділерінен (техногенді түзілімдерден) пайдалы металды алуға қатысты. Науаи тау-кен байыту комбинатының (Бөкинай, Үшқұдық, Бөқай кен орындары) өнеркәсіптік алаңдарының өңделген блоктарында пайдаланылған кендерді алу және техногендік кендерді пайдалану белгілі, бірақ осы жұмыстар бойынша деректер жоқ. ашық көздерде.

Диссертацияда қалдық кен жинақтарын болжау және бағалау әдістемесі арналған, технологиялық және барлау бұрғылау деректері негізінде өнімділік картасын жасау тәсілдерінен бастап және нақты алаңдарды бағалау әдістерімен аяқтай отырып, біз қолданған әдістеме егжей-тегжейлі баяндалған.

ANNOTATION

In this dissertation studied the problems of mineral-raw material base of operating mining enterprises, mining of uranium by ISL method in Kazakhstan in recent years has become relevant due to the exhaustion of the resource base of a number of objects and the inability to fill due to new areas or deposits in close proximity to established mining infrastructure. In recent years, a significant impact on this problem has been observed, namely the fall in world prices for finished products by mining companies, which forces manufacturers to seek new innovative approaches to reduce production costs.

One of the factors may be the approach proposed below to the involvement of technogenic and remaining uranium ores in the existing geological divisions of enterprises. The use of man-made ores in the specialized literature in recent decades devoted a lot of work, but they are overwhelmingly concerned with the extraction of useful metal from dumps (man-made formations) mining. Extraction of waste ores and exploitation of technogenic ores in the waste blocks of industrial sites of Navoi mining and processing plant (fields Bukinai, Uchkuduk, Bukai) are known, but data on these works are not available. in open sources.

The dissertation is devoted to the methodology of forecasting and evaluation of residual ore accumulations, the methodology used by us is described in detail, starting from the methods of creating a productivity map based on the data of technological and exploratory drilling, and ending with the methods of actual assessment of specific areas.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ	13
2 КРАТКАЯ ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНОГО РАЙОНА	18
2.1 Стратиграфия	18
2.2 Тектоническое строение	22
2.3 Гидрогеологическая характеристика	23
2.4 Характеристика уранового оруденения	30
2.5 Попутные полезные компоненты (ППК)	32
2.6 Вскрытие продуктивного пласта, подготовка блоков к эксплуатации	32
3 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОБЫЧНОГО И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА	35
3.1 Технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана	37
3.2 Характеристика выпускаемой продукции	37
3.3 Материальный баланс перерабатывающей установки	38
4 ВЫЯВЛЕНИЕ И ОТРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ И ОСТАНЦОВЫХ РУД НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АКДАЛА УЧАСТОК «БЛИЖНИЙ»	40
4.1 Основные закономерности локализации остаточного и переосажденного урана на участке Ближний	42
4.2 Технологические блоки промышленной стадии	49
4.3 Критерии и методика выбора и оценки площадей на остаточный уран. Ресурсы участка Ближний	55
5 РЕЗУЛЬТАТЫ ОТРАБОТКИ ОСТАТОЧНЫХ РУД И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОТРАБОТКУ	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	68

ВВЕДЕНИЕ

«Акдала» ТОО «СП «ЮГХК» занимается добычей урана на месторождении Акдала с 2003 года. Добыча урана осуществляется методом ПСВ (подземного скважинного выщелачивания).

Проектная мощность предприятия переработке урана по и добыче на месторождении Акдала – 1000 тонн.

На руднике Акдала готовится к эксплуатации рудных блоков, бурению технологических скважин и установке технологической сети трубопроводов, раствороподъемного оборудования и объектов энергоснабжения, закисления горнорудной массы и вскрытых запасов серноокислотными растворами.

Эксплуатация технологических блоков предусматривает:

- извлечение (подъем) на поверхность продуктивных растворов (ПР);
- транспортировка ПР по трубопроводам на сорбционные колонны с отделением механических примесей через пескоотстойник ПР;
- возврат маточников сорбции с очищением от разрушенного ионита через отстойник ВР и регламентированной их подготовкой (подкислением) в узлах приготовления ВР обратно в недра.

Циркуляция технологических растворов осуществляется до достижения проектной величины степени извлечения металла из недр (90% и более) и необратимого снижения концентрации урана в растворах ниже минимального промышленного значения (15 мг/л).

Заключительный этап эксплуатации технологических блоков предусматривает «отмывку» блока с последующей рекультивацией недр и поверхности.

Настоящая диссертация является результатом исследований проблемы прогноза и оценки остаточных рудных интервалов участка Ближний месторождения Акдала. Подозрением на наличие таковых в первую очередь, аномально большая длина фильтров технологических скважин (15-20 м) при сопоставимых рудных мощностях. Предполагалось, что при такой длине, для нижней половины фильтра интенсивность потоков будет значительно ниже, чем в верхней, что будет способствовать сохранности части рудных интервалов от растворения.

Как и положено, все оказалось сложнее. Теоретические представления и расчеты действительно подтверждают указанные воззрения равно как и факты замеров скоростей фильтрации раствора в фильтре при расходомерии. Но более важную роль в сохранности интервалов играют два фактора - длительность работы данной скважины, и контрастность литологических разностей по проницаемости в активной (закисляемой) мощности.

Целью настоящей работы является оценки остаточных рудных интервалов участка Ближний месторождения Акдала.

Идея работы подготовка методики прогнозирования и оценки остаточных и новообразованных скоплений урана определены и проанализированы основные группы факторов, влияющих на перспективность означенных скоплений: гидродинамические, в т.ч. по работе фильтра по длине, факторы исходного распределения урана в разрезе и по латерали, наличия остаточных запасов в ячейках / панелях, факторы взаимоположения руд, фильтров и нижнего водоупора, факторы интенсивности отработки рудных интервалов.

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

- оценке ресурсов остаточного урана основой прогноза и оценки служат карты продуктивности, карты распространения над и подфильтровых рудных интервалов, литолого-фильтрационные разрезы и гидродинамические модели;
- оценка перспектив кластера на остаточное оруденение;
- стадийность и порядок выполнения прогнозно-оценочных работ на остаточные запасы;
- результаты отработки остаточных руд и технико-экономические расчеты целесообразности вовлечения в отработку.

Предметом исследования является сложное гидrogenное месторождение урана – участок «Ближний» месторождения «Акдала».

Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов работы представляют несомненный интерес для недропользователей, использующих метод ПСВ, с позиции более рационального и полного использования природных ресурсов, повышения коэффициента извлечения и даже расширения минерально-сырьевой базы предприятий.

Научная новизна:

- о формировании техногенных интервалов (урановой новосадки) за контурами технологических блоков в восстановленных или окисленных толщах (формируются преимущественно выше- и ниже фильтров, чаще всего на границах глинистых разностей и проницаемых песков, причем источником должен служить исходно богатый рудный интервал, окисленность толщи ожидаемо негативно влияет на техногенез);
- о роли в сохранности руд такого фактора, как контрастность литологического состава в активной мощности фильтрации (вероятно, наиболее важная роль из всех остальных факторов, влияющих на сохранность).

Личный вклад автора. Анализ горно-геологических и геотехнологических условий месторождения, литературных источников по теме исследования, участие в промышленных исследованиях, сбор статистических данных, обработка данных и подведение результатов с выводами.

Практическая значимость работы: В разделе, посвященном методике прогноза и оценки остаточных рудных накоплений, подробно изложена методика, применявшаяся нами, начиная от приемов создания карты продуктивности на основе данных технологического и разведочного бурения, и завершая методами собственно оценки конкретных площадей.

Публикации: по диссертации опубликована 1 статья.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ

Рудник «Акдала» ТОО «СП «ЮГХК» территориально расположен в юго-западной части плато Бетпак Дала и по административному делению входит в Сузакский район, Туркестанской области Республики Казахстан (Рисунок 1). Орографически месторождение находится на территории плато Бетпак Дала, представляющем собой аккумулятивную равнину, образовавшуюся в неоген-четвертичное время и относится к зоне пустынь, с севера и запада ограниченную изрезанным эрозионным уступом высотой 80-100 м, а на юге пологой наклоненной к долине реки Шу. Плато характеризуется равнинным слаборасчлененным рельефом с абсолютными отметками 220-230 м, осложненным мелкими котловинами - такырами. В районе развиты преимущественно бурые пустынно-степные, реже глинистые, суглинистые, обычно сильно засоленные почвы. Гидрографическая сеть непосредственно на территории района работ отсутствует.

Климат пустыни – резко континентальный, со значительными годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха, суровой зимой, знойным летом, короткой весной, малой облачностью, незначительным количеством осадков и сухим воздухом. Абсолютный максимум температуры наиболее жарких месяцев июня - июля $+43 \div +46$ °С, абсолютный минимум - $-35 \div -37$ °С. Характерным явлением для района являются почти непрерывно дующие ветры. Преобладающее направление ветров восточное, северо-восточное, юго-западное[7].

Атмосферные осадки в этой части пустыни выпадают зимой в виде снега, а в весенне-осенний период в виде редких одиночных ливневых дождей.

Месторождение Акдала располагается в центральной части Чу-Сарысуиской депрессии, в пределах листа L-42-XXI (листы масштаба 1:100000- L-42-89 и 90) Общая площадь геологического отвода составляет 188,1 кв. км.

Урановое месторождение Акдала относится к группе средних по масштабам объектам гидрогенного типа. Оно обладает весьма уникальным сочетанием благоприятных геотехнологических параметров, определяющих проведение его отработки прогрессивным способом подземного выщелачивания по сернокислотной схеме, кроме того, при отработке подобных месторождений и при проведении опытных работ по подземному выщелачиванию установлено, что наряду с ураном в продуктивные растворы переходит целый ряд редких и рассеянных элементов, которые не представляют практической ценности[9].

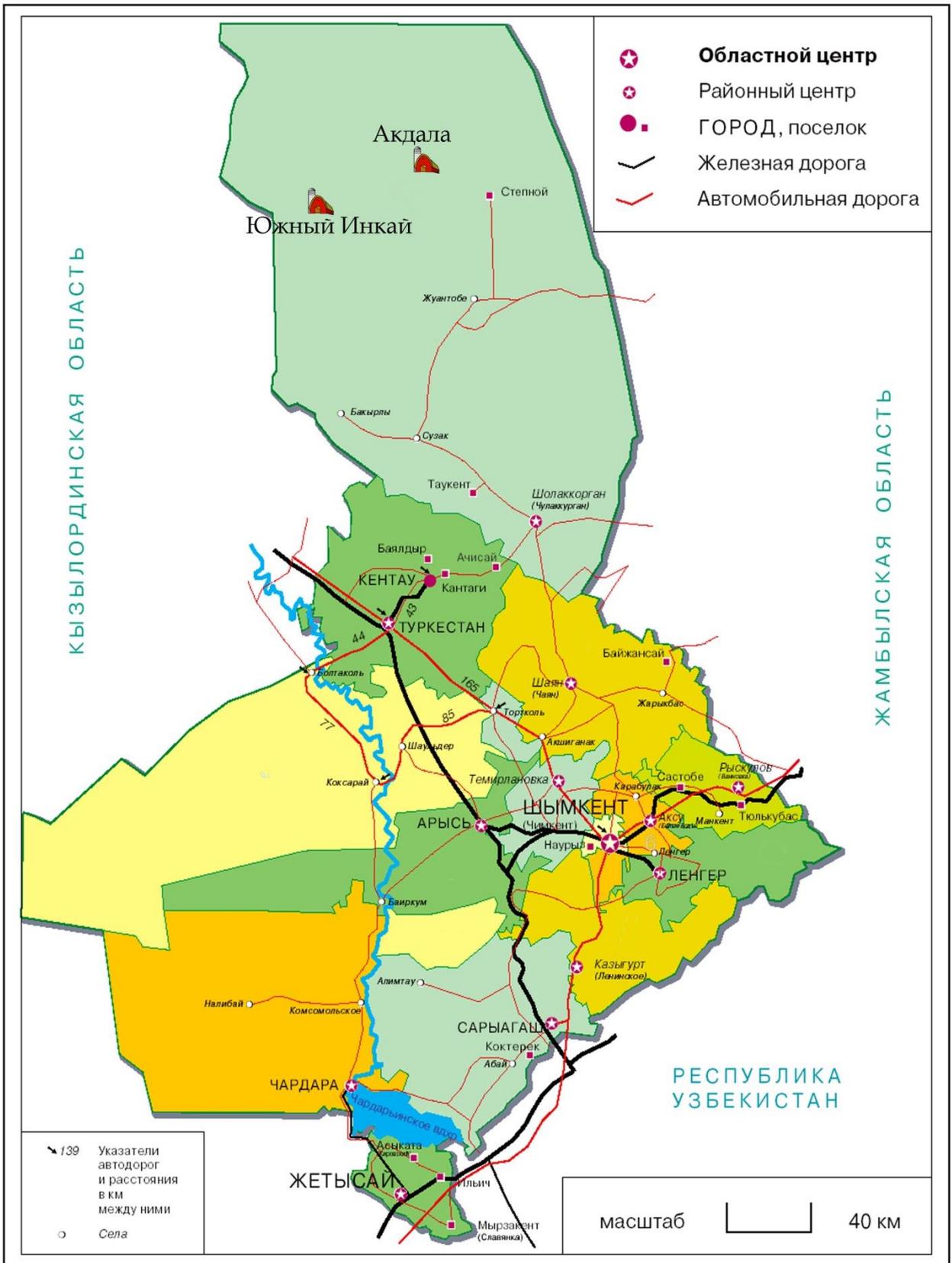
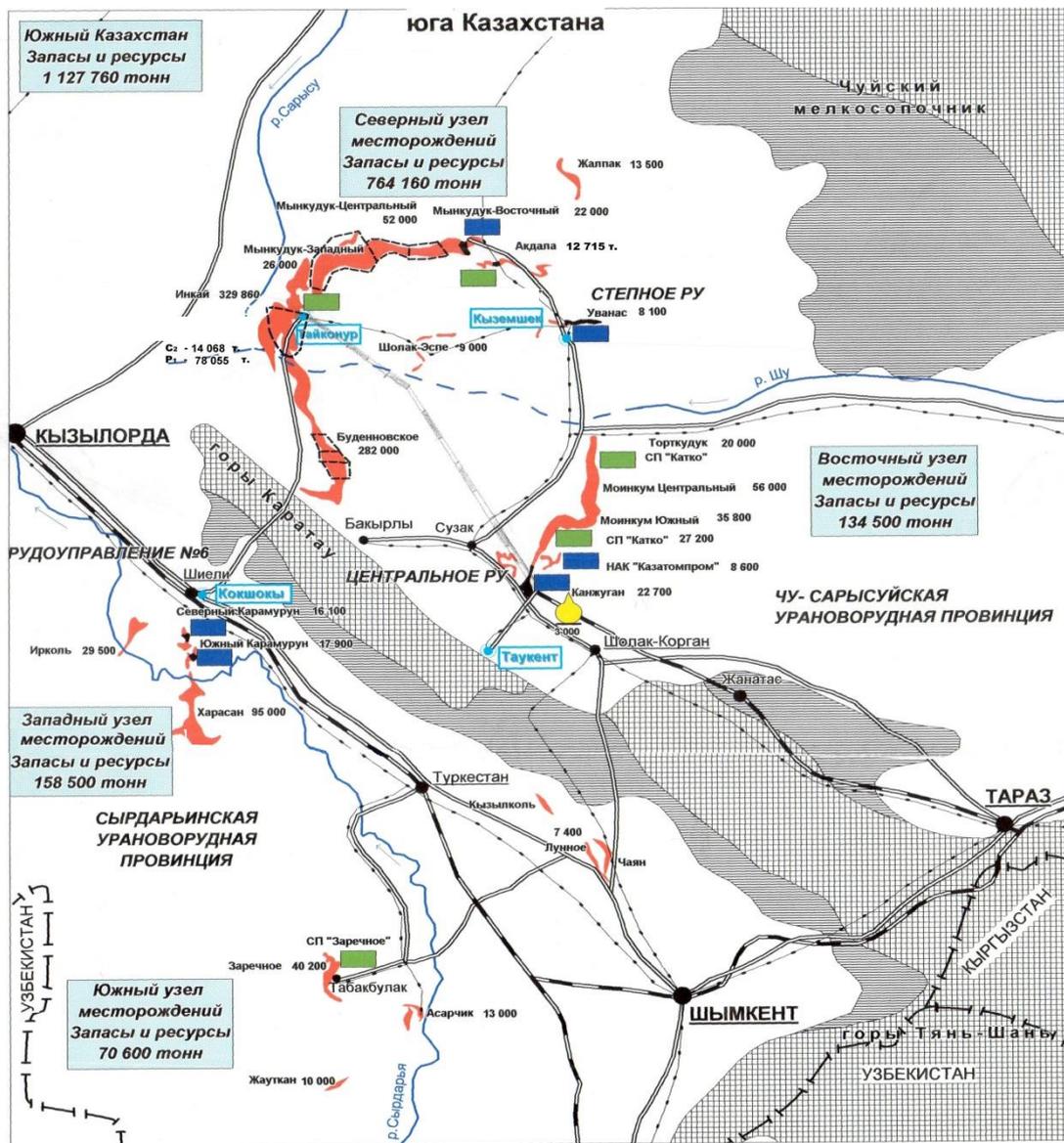


Рисунок 1 - Обзорная карта района работ ТОО «СП «ЮГХК»



Условные обозначения:

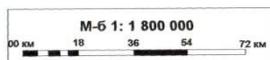


Рисунок 2 - Обзорная карта пластово-инфильтрационных месторождений юга Казахстана

Месторождение находится в Мынкудукском рудном районе Кенце-Буденновской металлогенической зоны Шу-Сарысуйской урановорудной провинции, где оно охватывает близширотный участок рудоносных фронтов

ЗПО на протяжении около 51 км. В 15 км к северо-западу от рассматриваемого объекта расположен Восточный участок месторождения Мынкудук, а в 40 км к югу-юго-востоку размещается месторождение Уванас, на которых в настоящее время ведет добычу урана Степное рудоуправление АО НАК «Казатомпром» (Рисунок 2).

Рассматриваемый объект находится на восточном фланге уникального по масштабам Мынкудукского месторождения, первый этап разведки которого был завершен в 1981 году защитой отчета в ГКЗ СССР. В начале второго этапа в восточной части рудного поля были развернуты интенсивные поисковые работы, приведшие к открытию месторождения Акдала. В течение длительного времени оно разведывалось и изучалось как часть месторождения Мынкудук. Вместе с тем было очевидно, что по целому ряду показателей оно представляет самостоятельный рудный объект. Эти показатели следующие:

1) изолированное положение месторождения в Мынкудукском рудном поле: оно располагается в 15-20 км от Восточного участка Мынкудук;

2) подавляющая часть уранового оруденения на нем локализуется в верхнем горизонте мелового комплекса, жалпакском (K_2km-m), тогда как на месторождении Мынкудук основным рудовмещающим горизонтом является нижний, мынкудукский (K_2t_1). Соответственно, участок Акдала отличается существенно меньшей глубиной залегания оруденения – 165-180м против 205-430м на месторождении Мынкудук;

3) среднее содержание урана в рудах Акдала заметно выше, чем на месторождении Мынкудук: 0,059% против 0,038;

4) средняя величина удельной продуктивности на Акдале также превышает продуктивность залежей Мынкудукского месторождения: 5,9 кг/м² против 4,8 кг/м²;

5) руды участка Акдала характеризуются повышенными содержаниями рения, достигающими 0,5 г/т и более (на месторождении Мынкудук концентрации рения до 0,1-0,2 г/т обнаружены лишь на отдельных локальных участках).

Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан согласилась с предложением выделить участок Акдала в самостоятельный рудный объект. В состав месторождения входят три участка с промышленными запасами урана категорий C_1 и C_2 – Ближний, Летний и Дальний. Схема размещения горного отвода месторождения Акдала ТОО «СП «ЮГХК», отведенного под промышленное освоение месторождения Контрактом на недропользование, отражена на Рисунок 3.

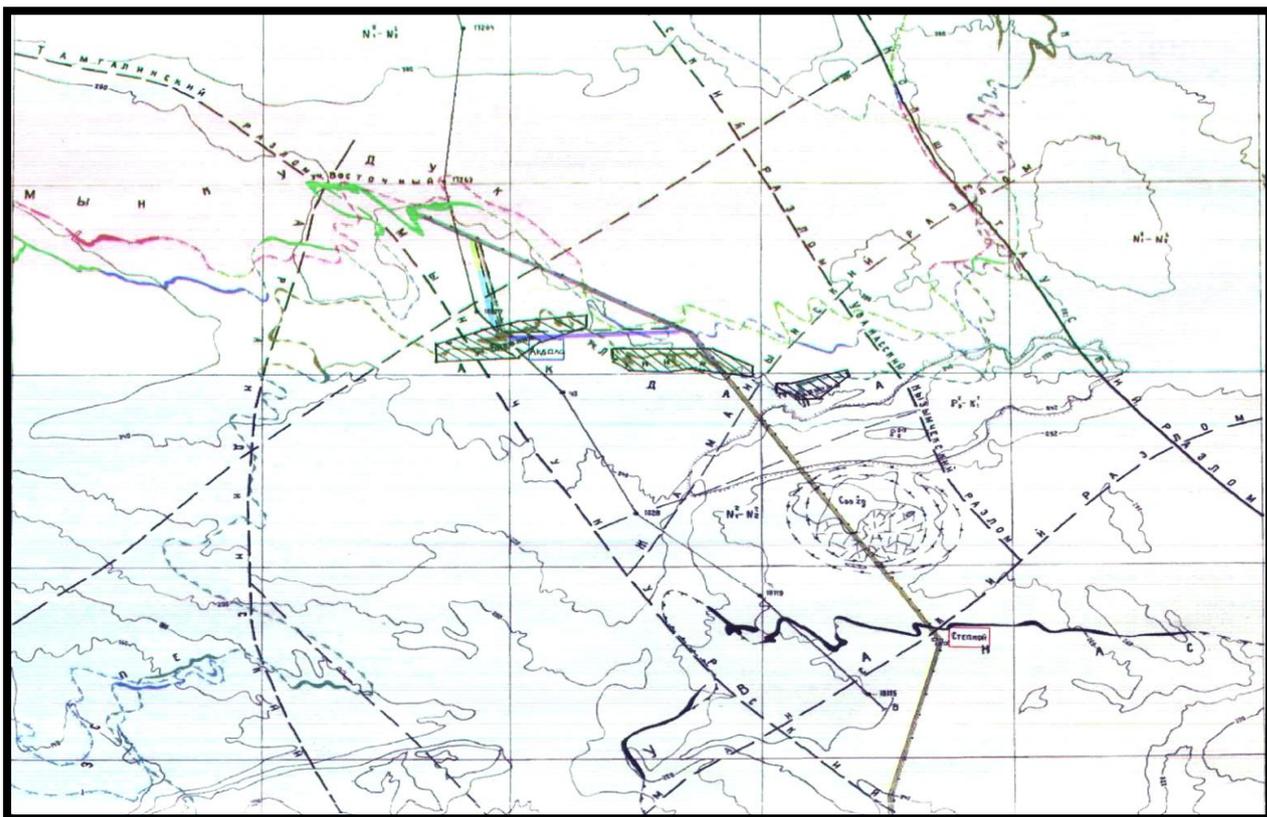


Рисунок 3 - Схема размещения горного отвода месторождения Акдала

2 КРАТКАЯ ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНОГО РАЙОНА

2.1 Стратиграфия

Район месторождения Акдала, так же как и остальная территория Чу-Сарысуйской депрессии, характеризуется трехъярусным строением. В его вертикальном разрезе выделяются следующие структурные этажи: нижний (складчатый каледонский фундамент), средний (промежуточный, субплатформенный) и верхний (мезозойско-кайнозойский платформенный чехол).

Геологические формации, участвующие в строении фундамента района по степени дислоцированности и метаморфизма, мощности и литификации разделяются на два структурных подэтажа: нижний (каледонский) и верхний, промежуточный между геосинклинальными образованиями нижнего подэтажа и платформенными образованиями верхнего.

Самыми древними образованиями нижнего структурного слоя являются нижние геройсы и протерозойские слюдяные сланцы.

В осадочном вулканическом комплексе протерозойского вулканического происхождения половина евгеносинклинальных отрогов представлена порфиоидами, филлитами, сланцами кварцевого серицита, мраморами и кварцитами.

Древний комплекс палеозойских структурных фаций состоит из кембрийских образований камбрио и кремнистой терригены, пересекаемых древними палеозойскими базальтами и интрузиями габбро-диоритов.

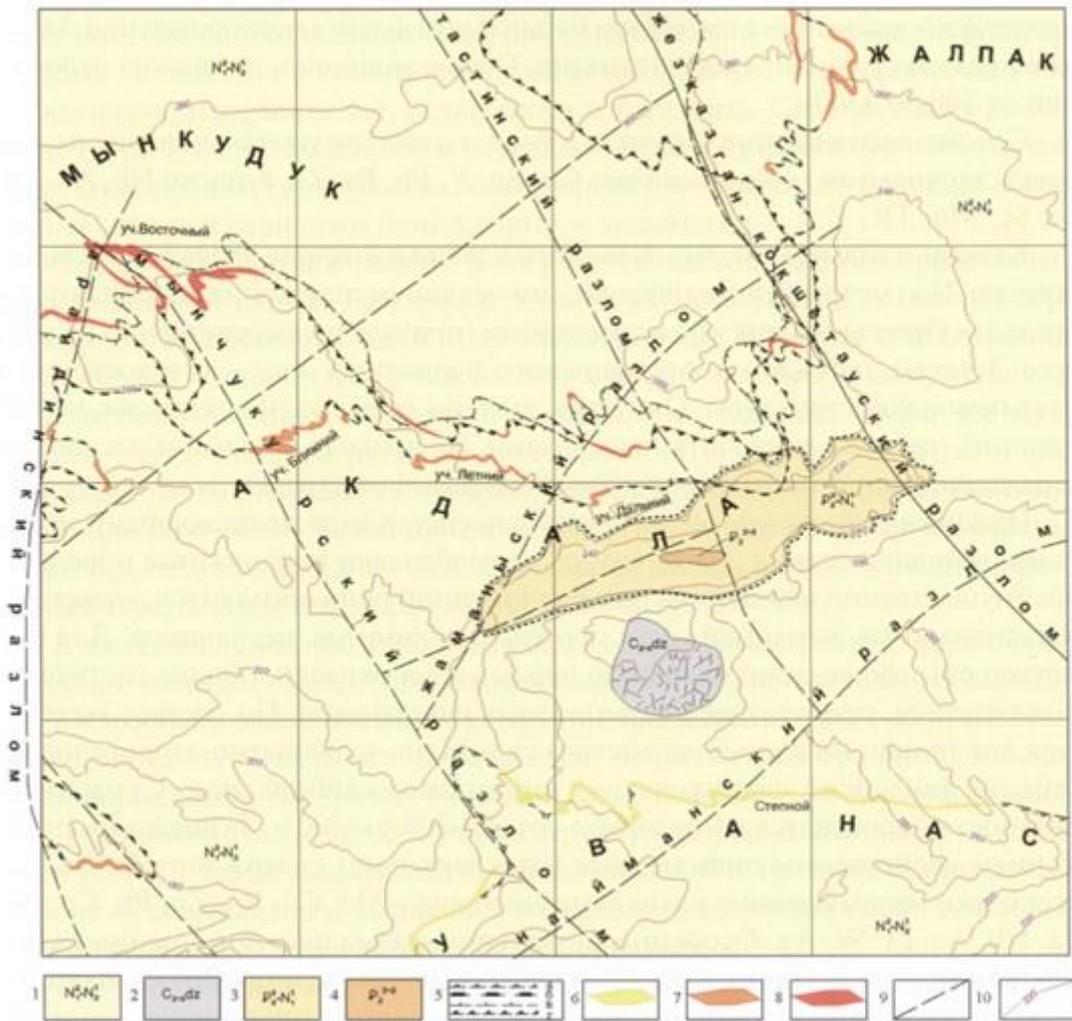
Промежуточный структурный этаж расположен под расплавленным навесом на глубине 220 м - к востоку от месторождения до 450 м - к западу и представлен комплексом осадочных субструктур (красные и пестрые песчаники, конгломераты, алевролиты и доломитовые известняки Бестюбинская свита D3b), с осадками континентальной эрозии общей мощностью до 1500 м. Он делится на две свиты: нижняя часть - Джекказган (C2-3zd) и верхняя часть - Железисай (P1zd), где преобладают красные песчаники, ил и песчаники.

Мезозой-кайнозойские отложения, представленные меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными системами, составляют дно верхней платформы.

Верхний мел (K_2)

В основании разреза, в углублениях палеозойской поверхности фундамента, мы различаем остатки плотной глины с различными включениями гравия и гальки, сохранившимися в результате эрозии. Их мощность не превышает 10-15 м и статус сеномана присвоен[5].

Вышележащие отложения подразделяются (Рисунок 4) на три горизонта: мынкудукский (K_{2t_1}), инкудукский (K_{2t_2-st}) и жалпакский ($K_{2st-P_1^1}$).



1 — отложения тогускенской свиты; 2 — отложения лжезказганской свиты; 3 — отложения бетпакдалинской свиты; 4 — морские глины интымакской свиты, § — границы выклинивания зоны пластового окисления: а — уванасском, б- жалпакском, в— инкудукском, г— мынкудукском; 6-8 — рудные тела в уванасском, жалпакском и мынкудукском горизонтах; 9 — разрывные нарушения в докембрийских отложениях; 10 — изогинсы кровли неогеновых отложений

Рисунок 4 - Геологическая карта месторождения Акдала и прилегающих районов со снятым чехлом четвертичных отложений

Горизонт Мынкудука представлен кучкой серого, пестрого аллювия, реже аллювиального, и разделен на два цикла (подгоризонт). В худшем составе широко проявляются пестрые серые пески с кварцевой галькой и кремниевыми породами ствола фации канала. Краевые фации каналов представляют собой мелкозернистые мелкозернистые пески с промежуточными слоями, глинами и иловыми линзами. Верхний цикл отличается от нижнего цикла высокой распространенностью мелких песков. Мощность горизонта варьируется от 30 до 70 м.

Инкудукский горизонт лежит на эрозионно-образующих мынкудукских, образующих в некоторых участках довольно глубокие разрезы до 15-20 м. В целом он отличается более густым составом обломочных отложений и заметным преобладанием зеленовато-белых отложений железа. Горизонт разделен на три седиментационных цикла (Рисунок 5), характеризующихся уменьшением размера обломочного материала снизу вверх вдоль разреза. В целом в рудном месторождении Инкудукского горизонта преобладают два основных типа разрезов: первый, где отложения гальки и пестрого гравия составляют от 50 до 80% вертикального разреза, и второй, где эти месторождения занимают не более 50% сечения и преобладают различия в мелком песке. Общая мощность горизонта увеличивается с 40 до 70 м к западу.

Палеоген (P)

Палеогеновые отложения в районе месторождения представлены континентальными (палеоцен) и морскими (эоцен) образованиями. В разрезе палеогена выделены два горизонта: уванасский (P_1^2uz) и интымакский ($P_2^2-^3int$).

Уванасский горизонт с размывом залегает на отложениях верхнего мела и выполнен характерными светло-серыми мелко-среднезернистыми песками с углефицированным растительным детритом. Мощность горизонта не превышает 8-10м участками до его полного выклинивания.

Интымакский горизонт залегает на уванасском с размывом и угловым несогласием и выражен преимущественно слоистыми серовато-зелеными и не слоистыми голубовато-зелеными (в средней части горизонта) глинами. Мощность колеблется от 40 до 60м.

Позднеальпийский структурно-фациальный комплекс представлен позднеолигоценными и неогеновыми отложениями, залегающими на нижележащем интымакском горизонте с размывом и угловым несогласием. Комплекс представлен красно- и пестро-цветными образованиями батпакдалинской и тогускенской свит.

Батпакдалинская свита ($P_3^3-N_1^1$)

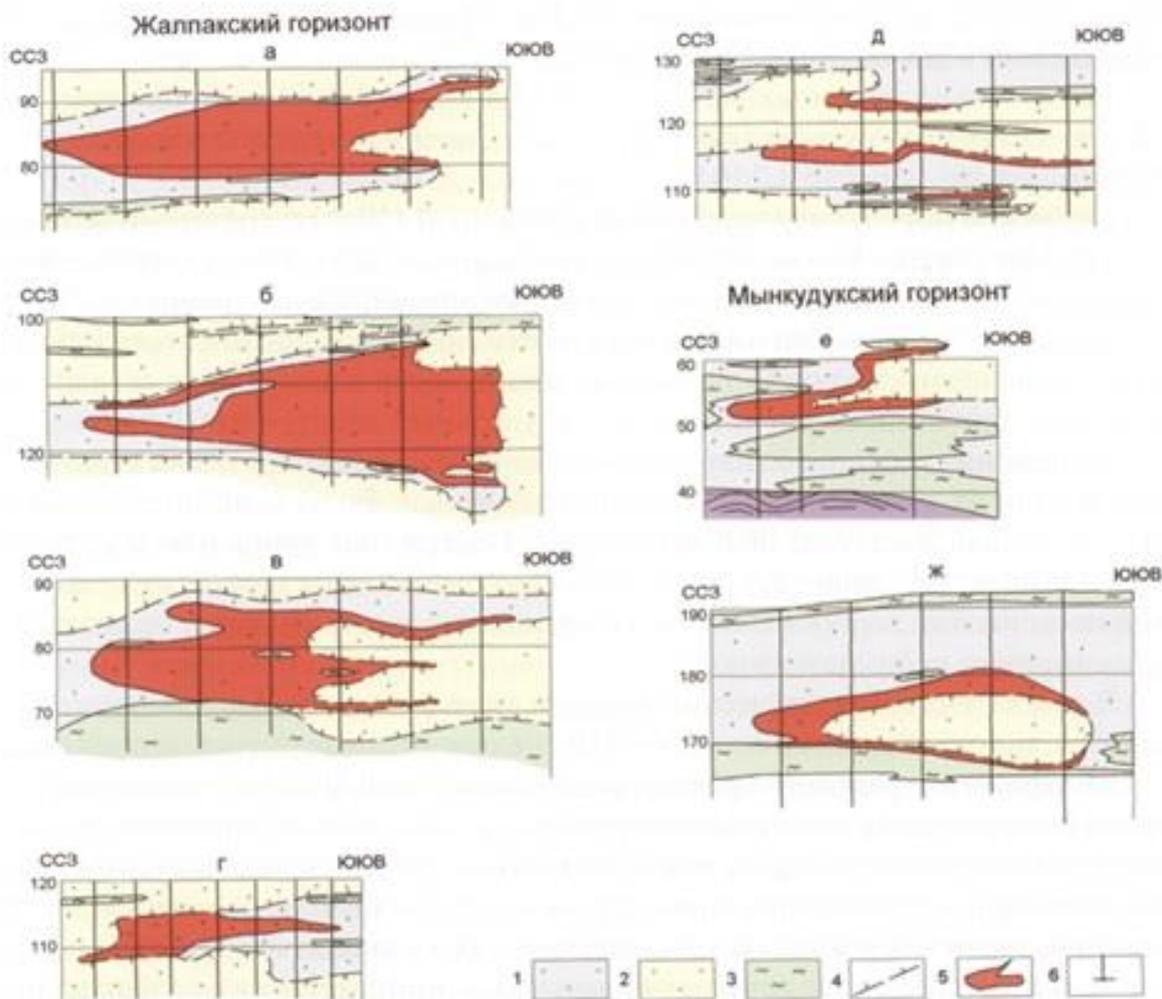
Подразделяется на две пачки: нижнюю - красноцветную, озерную и верхнюю-пестроцветную, пролювиально-эолово-аллювиальную. Нижняя пачка представлена кирпично-красными и бурыми, слабо карбонатными глинами и мелкозернистыми, глинистыми буровато-розовыми песками. В составе верхней пачки преобладают разномзернистые плохо сортированные пески бурого и желтого цвета, разделенные прослоями песчаных известковистых глин бурой и пестрой окраски. Мощность свиты 40-70м.

Тогускентская свита ($N_1^2-N_1^1$)

Свита, представлена желтовато-коричневыми и красно-бурими карбонатными глинами и разномзернистыми песками с плохо окатанной галькой. В песках отмечаются маломощные прослои песчаников с гидротетитовым цементом. Мощность отложений свиты варьирует от первых метров до 15м.

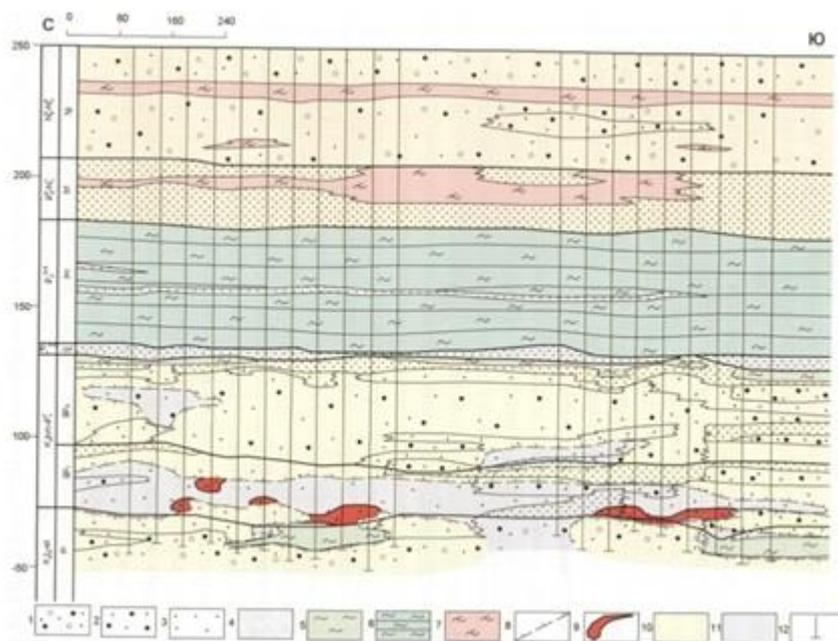
Четвертичные отложения

Образуют маломощный покров, выполняют долины рек, такырные и солончаковые котловины, слагают песчаные массивы. Наибольшим распространением пользуются аллювиальные пески, супеси, суглинки, гравийники.



1 - проницаемые песчаные отложения; 2 — окисленные отложения; 3 — непроницаемые глинистые отложения; 4 — граница ЗПО; 5 — урановорудные залежи; 6 — буровые скважины.

Рисунок 5 - Морфологические типы рудных залежей месторождения Акдала



1 разнозернистые пески гравием 2 - разнозернистые пески: 3 — среднезернистые пески: 4 - мелкозернистые пески: 5 - глины: 6 глины морские слоистые: 7 – известковистые глины 8 – граница ЗПО: 9 уранорудные залежи: 10 – окисленные отложения: 11 – серые, зеленовато-серые отложения: 12 буровые скважины

Рисунок 6 - Позиция уранового оруденения в поперечном геологическом разрезе месторождения Аккала

2.2 Тектоническое строение

В тектоническом отношении месторождение приурочено к расположенной в центральной части Чу-Сарысуйской депрессии крупной структуре второго порядка - Сарысуйской впадине, к наименее дислоцированной части пологого северо-восточного ее крыла, не испытавшей неотектонической активизации. Месторождение расположено на южном склоне приподнятого восточного блока Сарысуйской впадины, блок обособлен с запада Мынчукурским и Арандинским разломами[10].

Общий структурный план Шу-Сарысуйской депрессии и обрамляющих ее территорий был заложен еще в докембрийское время, когда по системам древнейших линеаментов северо-западного направления были заложены протопрогибы и протоподнятия, в частности Тастинское. Если нижняя, максимально дислоцированная и наиболее метаморфизованная часть гранитно-метаморфического слоя (ГМС) изучена еще довольно слабо, то по истории формирования верхней части информация более полная. Эта часть ГМС формировалась в течение длительного (от PR_2 до PZ_3) временного интервала в результате неоднократно повторявшихся процессов геосинклинального и сводово-глыбового развития земной коры, которые привели к образованию на гранитно-метаморфическом основании

разновозрастных геосинклинально-складчатых систем и интрузивно-вулканических поясов. Особенно интенсивное и продолжительное развитие эти процессы имели место в северо-восточном и юго-восточном обрамлении Чу-Сарысуйской депрессии, что оказалось чрезвычайно важным для протекавших в ней последующих процессов экзогенной металлогении.

Территория же самой Шу-Сарысуйской провинции в течение среднего-позднего палеозоя развивалась в условиях крупной наложенной впадины, где в аллювиально-озерных условиях происходило накопление осадочных толщ промежуточного этажа. По сравнению со сложнодислоцированным и метаморфизованным кристаллическим основанием, уровень тектонизации промежуточного этажа существенно ниже. Конседиментационные и последующие субплатформенные дислокации носили характер разнонаправленных блоковых перемещений фундамента на фоне общего эпейрогенического погружения. При этом отмечается довольно быстрое убывание степени дислоцированности пород снизу вверх по разрезу и возрастание ее в зонах разломов, унаследованных от докембрийского этапа развития – Кокшетауского, Мынчукурского, Арандинского и других, где обычные для данного комплекса углы падения в $10-30^\circ$ возрастают до $50-60^\circ$, иногда и более. В пределах Тастинского поднятия и особенно на площадях Арандинского выступа, Ортасынерлинской антиклинали процессы погружения и седиментации сменялись вздыманием и конседиментационными размывами отложений. В позднем палеозое были заложены и довольно активно развивались локальные антиклинальные и синклинальные структуры с весьма характерными для них брахиформами. Ближайшие к месторождению Акдала локальные антиклинали – Придорожная, Северо-Придорожная, Южно-Придорожная, Уванасская.

Тектонические движения платформенного этапа имели в основном конседиментационный характер. Сузакский прогиб практически отсутствовал и поперечный профиль Шу-Сарысуйской депрессии приближался к симметричной форме. Зоны разломов, проявленных в фундаменте платформенного чехла, развивались, главным образом, по типу флексур, ограничивающих относительно слабо проявленные блоково-пликативные структуры. Продолжала развиваться купольная тектоника. В отложениях рудовмещающего мел-палеогенового комплекса большинство купольных структур проявлено как пологие брахиантиклинальные складки, контролирующей развитие глинистых отложений межпойменных фаций и участки сокращенной мощности горизонтов.

Месторождение Акдала расположено на пологом юго-западном склоне Жезказган-Уванасского мегавала между разрывно-флексурными зонами Мыншукурского и Жезказган-Кокшетауского разлома северо-западного направления. Рудоносная полоса ориентирована в близширотном направлении, в общем, под углом около 45° к азимуту погружения слоев на юго-запад. Положение рудных залежей в разрезе – близгоризонтальное. Субмоноклинальное погружение пластов осложняется несколькими

пологими брахисинклинальными и брахиантиклинальными структурами, а также довольно резкими изгибами рельефа поверхности домезозойского основания в зонах Мынчукурского, Арандинского и других, слабо изученных разломов - Уванасского, Жаманынского и др. На западе рудоносная полоса месторождения ограничена зонами Мыншукурского, а на востоке Уванасского (Кызымчекского) разломов. На западном фланге рудное поле месторождения Акдала вплотную примыкает к клинообразному Арандинскому выступу. Особое положение занимает, расположенная юго-восточнее месторождения, Кызымшекская структура, которая по последним представлениям имеет космогенное происхождение (астроBLEMA).

2.3 Гидрогеологическая характеристика

Месторождение Акдала расположено в пределах Сузакского артезианского бассейна, входящего в состав Чу-Сарысуйской системы артезианских бассейнов.

В вертикальном разрезе Сузакского артезианского бассейна выделяются два гидрогеологических этажа:

а) верхний-мезозо-кайнозойский чехол, вмещающий поровые, грунтовые и пластовые воды;

б) нижний чехол, представленный палеозойскими образованиями складчатого фундамента и вмещающий трещинно-пластовые, трещинно-карстовые и трещинные воды.

В составе верхнего гидрогеологического этажа выделяются два водоносных комплекса. К первому относится комплекс поровых грунтовых вод неогеновых и четвертичных отложений, ко второму - комплекс напорных пластовых вод верхнемеловых и палеоцен-эоценовых образований.

По стратиграфической принадлежности, литологическому составу, условиям питания, залегания, циркуляции и разгрузки выделяются следующие водоносные горизонты в комплексе грунтовых вод:

а) водоносный горизонт четвертичных отложений Q_{3-4} ; Q_{2-3} ; Q_2 ;

б) водоносный горизонт грунтовых вод спорадического распространения в отложениях асказансорской свиты - $N^{2-2}as$;

в) бетпакдалинский водоносный горизонт (нижний подгоризонт) - N_1Vt ;

Водоносный комплекс напорных пластовых вод:

г) тасаранско-чеганский водоносный горизонт - P_2^3 ;

д) уванасский водоносный горизонт - P_1^2 ;

е) жалпакский водоносный горизонт - $K_2cp_1-mt-P_1^1gp$;

ж) инкудукский водоносный горизонт - $K_2cn-st-in$;

з) мынкудукский водоносный горизонт - K_2t-mk ;

и) трещинные воды жиделисайской свиты пермского возраста - P_1gd

а) Водоносный горизонт четвертичных отложений - Q .

Водоносный горизонт четвертичных отложений пользуется ограниченным распространением и развит в восточной части района работ.

Скопления грунтовых вод в четвертичных отложениях территориально тяготеют к площадям развития такыров, бессточных понижений в рельефе местности.

Водовмещающими породами служат мелко- и разнозернистые пески с включением гравия. Подстилающими породами являются красноцветные миоценовые глины. Обводненная мощность песков незначительная и не превышает 0,5-1,0 м.

Глубина залегания зеркала грунтовых вод колеблется от 1,5 м до 18,3 м. Дебиты колодцев 0,02-0,4 дм³/с при понижении уровня на 0,4-3,2 м. Минерализация грунтовых вод 1,4-11 г/дм³. Химический состав хлоридно-сульфатный и хлоридный натриевый.

Практического значения воды четвертичных образований не представляют в связи со слабой водообильностью, повышенной минерализацией.

Водоносный горизонт грунтовых вод спорадического распространения в отложениях асказансорской свиты N^{1-2}_{1as} .

Скопления грунтовых поровых вод, заключенных в плиоценовых отложениях распространены спорадически или отсутствуют.

Вмещающими являются разнозернистые и мелкозернистые пески, гравий. Подстилающими породами служат красноцветные миоценовые глины мощностью 3-8 м. Обводненная мощность песков составляет 0,5-1,0 м при общей мощности свиты 12-22 м.

Воды скапливаются в виде отдельных линз над глинистыми водоупорами. Глубина залегания уровня грунтовых вод составляет 16,5-21 м дебиты шахтных колодцев 0,2-0,4 дм³/л при понижениях уровня на 0,8-1,2 м удельные дебиты - 0,25-0,364 дм²/с. По качеству воды слабосоленоватые с минерализацией 1,1-2,6 г/дм². Химический состав - сульфатно-натриевый. Грунтовые воды свиты использовались для водоснабжения чабанских бригад и водопоя скота.

Бетпақдалинский водоносный горизонт – $N_1^1_{vt}$

Водоносный комплекс миоценовых отложений пользуется практически повсеместным распространением, за исключением участков, где пески полностью замещены глинами.

Водовмещающие породы представлены преимущественно мелкозернистыми, реже разнозернистыми песками кирпично-красного цвета, мощностью 3-25 м. Подстилающими образованиями служат глины верхнего эоцена, мощностью до 40-50 м.

Обводненной является нижняя часть разреза мощностью 1,8-19,6 м. Глубина залегания уровня воды – 45-58,9 м. Водоносный горизонт обладает свободной поверхностью, но на отдельных участках отмечаются напоры, достигающие 15 м.

Водообильность горизонта весьма незначительная: дебиты скважин составляют 0,06-0,54 дм³/с при понижении уровня на 0,3-12,9 м, удельные дебиты – 0,007-0,52 дм³/с.

Проницаемость пород довольно низкая: коэффициенты фильтрации не превышают 0,07-1,3 м/сут при среднем значении – 0,7 м/сут. Водопроницаемость горизонта изменяется в широких пределах: от 0,91 до 26,2 м²/сут, среднее значение – 7,44 м²/сут.

Воды горизонта слабосоленоватые и соленые с минерализацией 1,8-4,9 г/дм³, хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного натриевого состава (табл.1).

Питание горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод. Практического значения горизонт не представляет.

Тасаранско-чеганский водоносный горизонт – P₂³

Данный водоносный горизонт получил распространение на месторождении к востоку от Арандинского разлома. Гидрогеологические условия горизонта изучены скважинами, расположенными в составе одного опытного узла выработок (1у). Обводненной является средняя часть разреза мощностью 4 м. Водовмещающие породы представлены тонко- и мелкозернистыми песками, заключенные среди двух пачек зеленовато-серых глин. Глубина залегания пьезометрического уровня воды – 50 м., величина напора на кровлю горизонта – 21 м. Водообильность пород и фильтрационные свойства горизонта весьма низкие. Удельные дебиты скважин составляют тысячные доли литра в секунду, дебит – 0,0042 дм³/с при понижении уровня на 15 м, приемистость пород ничтожная – тысячные доли м³/сут.

Воды солоноватые с минерализацией 4,5 г/дм³. Состав вод – сульфатно-хлоридный натриевый, содержание урана в воде (2÷4) × 10⁻⁵ г/дм³ (табл. 1).

Питание горизонта происходит за счет подтока из водоносного комплекса меловых образований. Практического значения горизонт не представляет.

Из вышеизложенного вытекает, что описанный водоносный горизонт пользуется локальным площадным распространением, обладает слабой водообильностью, низкими фильтрационными и емкостными свойствами и при эксплуатации уранового месторождения способом ПВ практического влияния не окажет.

Уванасский водоносный горизонт – P₁^{2uv}

Отложения палеоцена характеризуются не повсеместным распространением.

Горизонт подстилается песчанистыми голубовато-зелеными глинами и глинистыми песками жалпакского горизонта мощностью до 5м, перекрывающими служат морские глины уюкского горизонта мощностью до 17м и там, где последний размывает, тасаранско-чеганские глины играют роль верхнего регионального водоупора.

Уванасский горизонт изучен 2-мя гидрогеологическими скважинами (скв. №№ 355г и 356г), одна из которых (№ 356), расположена в 20 км к югу от месторождения Акдала, за его пределами. Водовмещающими являются мелкозернистые пески мощностью до 3-10 м. Горизонт обладает незначительными емкостными и фильтрационными свойствами. Удельные дебиты скважин 0,007 и 0,26 дм³/с, коэффициенты фильтрации – 0,37 и 2,0 м/сут. По качеству воды слабосоленоватые и соленоватые с минерализацией 1,1 и 3,8 г/дм³. Химический состав – сульфатно-хлоридный натриевый и магниевый-натриевый (табл. 1а). Практическое значение уванасского горизонта ограничено. Это связано со слабой водообильностью и некондиционными водами по качеству.

Жалпакский водоносный горизонт K₂st-P₁(gp)

В пределах месторождения жалпакский рудовмещающий водоносный горизонт пользуется повсеместным распространением.

Глубина залегания кровли горизонта возрастает с востока на запад от 108 до 179 м. В том же направлении возрастает и мощность проницаемых песков – от 39,6 до 79,2 м.

Водовмещающие породы представлены разнозернистыми и среднезернистыми песками с линзами мелкозернистого песка, гравия.

Подстилающими породами являются глинистые пески, глины и глинистые алевроиты верхней части инкудукского горизонта мощностью не более 5-8 м. Среди них нередко встречаются маломощные (0,2-0,4 м) прослои плотных песчаников на карбонатном цементе. Реже, верхи инкудукского горизонта представлены средне- и разнозернистыми песками (Табл. 2).

Горизонт обладает различной степенью проницаемости и емкостными свойствами по площади. Так, Восточный и Осенний участки характеризуются более низкими значениями параметров по сравнению с участками Лагерный, Центральный и Орталык.

Жалпакский горизонт содержит напорные воды. Глубина залегания пьезометрического уровня составляет 64,15-92,3 м. Гидростатические напоры на кровлю горизонта колеблются от 36,8 до 109,6 м. Дебиты скважин изменяются в пределах 1,12-4,95 дм³/с при понижении уровня на 3,23-31,65 м, удельные дебиты колеблются от 0,06 до 0,73 дм³/с. Коэффициенты фильтрации составляют 0,46-4,6 м/сут при среднем значении 2,3 м/сут. Радиусы влияния откачек достигают 3500-4000 м.

Минерализация подземных вод возрастает с запада на восток от 3,1 до 6,0 г/дм³. Воды горизонта весьма жесткие (9,0 мг-экв), обладают сульфатной агрессивностью ($SO_4^{-2} > 250$ мг/дм³). Содержание урана в воде в окисленных породах составляет $3,5 \cdot 10^{-5}$ г/дм³, в эпигенетически не окисленных отложениях $3,5 \cdot 10^{-6}$ г/дм³, содержание радия – $3,5 \cdot 10^{-11}$ г/дм³ (табл. 1; 3).

Инкудукский водоносный горизонт – K₂t₂-st-(in)

В пределах месторождения инкудукский горизонт распространен повсеместно и занимает среднее положение в разрезе верхнемелового

водоносного комплекса. Горизонт изучен одним опытным кустом и 1-ной наблюдательной скважиной в составе опытного куста № 2.

Водовмещающие породы представлены разномерными и среднемерными песками, песчано-гравийными породами и мелкомерными песками.

Глубина залегания кровли горизонта 143-261 м. подошвы – 171-326 м, мощностью проницаемых отложений – 30-80 м.

Инкудукский водоносный горизонт гидравлически связан с мынкудукским и жалпакским водоносными горизонтами и имеет с ними близкие абсолютные отметки пьезометрических уровней.

Воды горизонта напорные. Глубина залегания пьезометрического уровня – 64,3-98,1 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности – 187,4-167,4. Скорость фильтрации подземного потока – 0,002-0,0033, уклоны – 0,0003-0,00031. Направление потока – северо-западное[2].

Проницаемость и водообильность инкудукского горизонта на разных участках различна и зависит от литологического состава вмещающих пород, характера и количества заполнителя.

Дебиты скважин при откачках колеблются от 1,35 до 7,69 дм³/с при средней величине 4,38 дм³/с, понижения уровня воды на 0,76-19,67 м при среднем значении 4,89 м. При этом удельные дебиты варьируют от 0,105 до 3,04 дм³/с.

Коэффициенты фильтрации составляют 0,9-28,2 м/сут при средней величине 10,6 м/сут, водопроницаемость горизонта 44-2162 м²/сут при среднем значении 637 м²/сут, пьезопроводимость – (2,0-5,3) · 10⁶ м²/сут. приемистость горизонта изучалась по скважине № 34ц. Расход при свободном наливке составил 1,1 дм³/с при повышении уровня на 1,52 м, удельная приемистость – 0,72 дм³/с. Продолжительность наливки – 18 часов.

Подземные воды горизонта солоноватые и соленые с минерализацией 3,2-5,5 г/дм³. Химический состав однотипный – хлоридно-сульфатный натриевый (табл.1).

Содержание урана в воде $n \cdot 10^{-5}$ г/дм³, радия (0,5÷5,2) · 10⁻¹¹ г/дм³.

Воды горизонта обладают сульфатной агрессивностью по отношению к несulfатостойким цементам (содержание SO₄²⁻ Ю 250 мг/дм³).

Мынкудукский водоносный горизонт – K₂t₁ +(mk)

Мынкудукский горизонт изучен по данным одного опытного куста, одной наблюдательной скважиной в составе опытного куста № 2. Он характеризуется повсеместным распространением и занимает нижнюю часть разреза верхнемелового комплекса, залегающего на палеозойских образованиях.

В мынкудукском горизонте выделяются два подгоризонта – верхний и нижний. Вмещающие породы нижнего подгоризонта наиболее водообильны и представлены разномерными и среднемерными песками с линзами и прослоями песчано-гравийных пород. Верхний подгоризонт менее

водообилен, представлен мелко- и среднезернистыми песками с линзами мелкозернистых и разномернистых песков.

В кровле мынкудукского горизонта прослеживаются песчаные водоупорные глины, глинистые алевриты, паттумы, мелкозернистые пески, сменяющиеся по простиранию прослоями среднезернистого и разномернистого песка и гравия. Подстилающими образованиями служат слабопроницаемые алевриты, реже песчаники жиделисайской свиты пермского возраста, еще реже каменноугольные отложения. Мощность проницаемых пород горизонта увеличивается в западном и юго-западном направлении с 16 м до 62 м.

Глубина залегания пьезометрического уровня зависит от рельефа местности, но в целом, уменьшается с востока на запад и с севера на юг – от 92 до 57,8 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности изменяются в пределах 165,2-187 м. Скорость фильтрации составляет 0,0025 м/сут, истинная скорость подземного потока около 0,011 м/сут (4,4 м/год). Уклон потока – 0,00025. Величина гидростатического напора на кровлю горизонта возрастает от восточной части месторождения к западной, от 100 до 156 м.

Дебиты скважин в пределах месторождения колеблются от 2 до 9,2 дм³/с, средняя величина 4,6 дм³/с при понижениях уровня воды на 1,5-13,65 м, удельные дебиты – 0,25-2,5 дм³/с.

Коэффициенты водопроницаемости горизонта 47-1149 м²/сут, фильтрации фильтровой зоны 1,9-29,1 м/сут, в целом горизонта – 1,8-20,2 м/сут, пьезопроводности – (0,15-12) 10⁶ м²/сут.

Приемистость горизонта 1,1-4 дм³/с, удельная приемистость 0,05-1,0 дм³/с, превышение уровня воды – 1,1-92 м.

Минерализация воды 3,2-6,0 г/дм³, химический состав – сульфатно-хлоридный натриевый (табл.1).

По данным 18-ти летних режимных наблюдений (1971-1989 гг.) установлено, что пьезометрическая поверхность воды мынкудукского водоносного горизонта непрерывно снижается. Величина ежегодной срезки уровня на различных участках колеблется от 0,531 до 0,712 м. причиной этого, в основном, является огромное количество бесхозных самоизливающихся скважин в Чу-Сарысуйской депрессии.

Трещинные воды жиделисайской свиты пермского возраста – Plgd

Гидрогеологические условия пермских отложений изучены по 1-ой опытной скважине, расположенной в узле № 1 на уч.Ближний (залежь 1).

Отложения перми представлены алевритами, аргиллитами, песчаниками, подстилают мынкудукский горизонт, и характеризуются слабой обводненностью, низкими фильтрационными и емкостными свойствами. При этом пьезометрический уровень трещинных вод сопоставим с глубиной залегания напорных вод мынкудукского горизонта (64,2-79,9 м) от поверхности. Глубина вскрытия вод составляет 30-35 м от кровли.

Удельные дебиты по скважинам составляют 0,012-0,0003 дм³/с. Коэффициент фильтрации 0,0016-0,06 м/сут, водопроницаемость 0,055-1,9 м²/сут.

При проведении откачек из скважин, каптирующих пермские отложения, снижения уровня в мынкудукском горизонте не отмечено.

Минерализация трещинных вод 5,5-9,3 г/дм³ химический состав – сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый (табл.1).

Детальная разведка месторождения Акдала с выявлением запасов урана по категориям проводилась по следующим сетям:

- категория С₁ 200-100х50м;
- категория С₂ 800-400х50м.
-

Таблица 1 - Химический состав вод жалпакского водоносного горизонта

№ кв. (кустов, узлов)	Компоненты: мг/дм ³ , мг-экв/дм ³ , % - экв						рН	Общая жесткость, мг-экв/дм ³	Общая минерализация, мг/дм ³
	Анионы			Катионы					
	НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Сl ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Участок Ближний</i>									
1н	134	1416	1720	283	135	7,25	8,1	25,2	4980
1у)	2,2	29,49	48,5	55,26	14,1	11,1			
	3	37	60	68	18	14			
4ц	134	1321	1391	1101	240	115	8,3	21,5	4330
2к)	2,2	27,5	3,2	47,08	12	9,5			
	3	40	57	69	17	14			
<i>Участок Летний</i>									
4ц	116	1230	1373	1064	230	113	8,4	20,8	4154
(1к)	1,9	25,6	38,7	46,2	115	9,3			
	3	38	58	69	17	14			
19ц	128	1593	1933	1446	311	143	7,4	27,3	8570
(3к)	2,1	33,2	54,5	62,8	15,5	11,8			
	2	37	61	70	17	13			

2.4 Характеристика уранового оруденения

Проектом предусматривается добыча урана на залежах №№1, 2, 3, расположенных на участках Ближний и Летний соответственно, в которых сосредоточены основные запасы урана в Жалпакском горизонте месторождения. В плане залежь имеет вид извилистой ленты близширотного направления, осложненной частыми языками окисления северо-западной ориентировки, что привело к образованию мощных раздувов и пережимов в

оруденении. В вертикальном разрезе залежи преобладают пластообразные формы рудных тел, образованные на замыкании границы выклинивания ЗПО и ограниченные снизу окислением в инкудукском горизонте, а сверху окислением в верхнем подгоризонте жалпакского горизонта. Кроме того, в составе залежи выделяются роллоподобные тела, образованные в результате обособления выступающего вперед языка окисления нижнего подгоризонта. Такие тела представлены мешковой частью с плохо развитыми крыльями. В составе залежи встречаются обособленные рудные тела, приуроченные к верхней границе ЗПО, линзообразной формы. Оруденение располагается, в основном, в разно-среднезернистых серо-цветных отложениях. Прослой и линзы глин имеют подчиненное значение, а в некоторых частях залежи отмечается наличие относительно выдержанных локальных водоупоров в основании залежи. Мощность оруденения изменяется от 0,4 до 19,5м, содержание урана варьирует от 0,016 до 0,341%. Ширина залежи от 25 до 700м, протяженность - 9,6км. Глубина залегания подошвы залежи 155-195м.

Урановые руды месторождения приурочены к рыхлым глинисто-песчаным отложениям нижней части жалпакского горизонта. Рудовмещающие отложения представлены преимущественно среднезернистыми, реже мелко и крупнозернистыми песками с включением гравия до 10%. В подошве залежи отмечаются невыдержанные прослой глини и тонко-мелкозернистых глинистых песков мощностью от первых сантиметров до первых метров[16].

Рудная залежь № 1 имеет пластообразную форму. Ширина рудной залежи в плане составляет 230-290м (в районе профилей 456, 458, 460, 462), средняя рудная мощность – 6,41, среднее содержание урана - 0,057, площадная продуктивность - 10,40 кг/м².

Урановая минерализация представлена настураном и коффинитом. В общем, балансе урановых минералов настуран составляет 22%, коффинит - 78%.

Рудная минерализация дисперсно рассеяна в оруденелых песках, основное ее количество концентрируется в поровом пространстве, образуя дисперсную связь с глинисто-алевролитовым наполнителем, а также в виде примазок и присыпок на обломках зерен и в обугленном растительном детрите.

Концентрация элементов, влияющих на процесс ПВ, присутствует в очень незначительных количествах: P - следы; S -0,16%; C_{орг}-0,02%; Fe²⁺-0,6%; CO-0,1%.

Минералогически руды месторождения Акдала являются настуран-коффинитовыми. В общем балансе урановых минералов, рассчитанном по данным рентгенофазового анализа и электронно-микроскопических исследований коффинит, составляющий в рудах 65%, заметно преобладает над настураном (35%).

Баланс урановых минералов в рудах жалпакского горизонта месторождения Акдала

Таким образом минеральный состав урановых руд жалпакского горизонта месторождения Акдала существенно отличается от такового на месторождении Мынкудук, где в главном продуктивном горизонте – мынкудукском в рудах преобладает настуран (76%).

2.4 Попутные полезные компоненты (ППК)

На первом этапе разведки месторождения на основе полуколичественного спектрального анализа определялись закономерности распределения и кларки концентраций элементов по геохимическим профилям и рудным залежам. На втором этапе проводилось количественное определение элементов, представляющих промышленный интерес на аналогичных объектах. По способности мигрировать в подземных кислородсодержащих водах и накапливаться на геохимическом барьере, сопутствующие урановому оруденению компоненты разделены на ряд групп: подвижные, инертные и с неясными или невыясненными условиями миграции.

Сопутствующие элементы концентрируются в продуктивных горизонтах преимущественно в связи с обугленными растительными остатками, а так же на геохимическом барьере в зоне восстановления. Среди рассеянных элементов в качестве попутных компонентов уранового оруденения выделяются селен и рений, концентрирующийся в водопроницаемых породах, скандий – преимущественно в глинистых породах. Работы по изучению добычи ППК (рений) проводились на стадии опытных работ по ПСВ урана и попутных компонентов согласно утвержденного Технологического регламента. Среднее содержание рения в урановых рудах, в пределах контура разведанных запасов по категории С₁, составляют 0,51г/т. Результаты работ по извлечению рения подробно отражены в отчете по опытно-промышленным работам проводимым ОАО «Волковгеология» в 2001-2003гг.

Запасы – 9 тонн. Попутное извлечение рения из маточников сорбции урана является нерентабельным из-за снижения балансовой прибыли, резкого снижения внутренней нормы прибыли, увеличения сроков окупаемости инвестиций, вложенных в месторождение, а также отсутствия в настоящее время технологии по переработке, ненадежного рынка сбыта.

2.5 Вскрытие продуктивного пласта, подготовка блоков к эксплуатации

На месторождении Акдала применяется бесшахтная система отработки способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

В соответствии с морфологией и гидрогеологическими условиями рудных залежей применяется, в основном, линейная система расположения технологических скважин.

Схема вскрытия рудных тел на месторождении Акдала включает схему размещения технологических скважин по площади месторождения и схему установки фильтров в разрезе продуктивного горизонта.

В эксплуатации находятся рядные и ячеистые системы вскрытия. Ячеистая система представляет собой гексагональные схемы размещения скважин, где в центре находится откачная скважина, а по периметру шесть закачных скважин. Радиус ячейки составляет 40-50 метров.

Рядные системы представляют собой продольные схемы без изменения направления потока. Расстояние между рядами составляет 60 метров, между скважинами в ряду 30 метров.

Гексагональные системы вскрытия по отношению расположения фильтров к контуру рудного тела характеризуются преимущественно горизонтальной и смешанной направленностью фильтрации растворов.

Комбинированная система вскрытия эксплуатационных блоков применяется при сложном геометрическом контуре балансовых руд с целью минимизации потерь и разубоживания при их отработке. На месторождении Акдала опробованы комбинированная система, рядная и ячеистая (гексагональная), в зависимости от ширины рудных залежей и фильтрационных свойств пород[11].

Линейная система расположения скважин состоит из последовательно чередующихся рядов откачных и закачных скважин с продольным или поперечным расположением этих рядов. При этом элементарная ячейка состоит из трех скважин: двух закачных и одной откачной, принадлежащих к трем последовательно (параллельно) расположенным рядам.

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

Вскрытие продуктивного горизонта производится бурением и сооружением с поверхности земли технологических скважин (откачных, закачных, наблюдательных и др.) Обсадка ствола скважины выполняется поливинилхлоридными трубами с установкой фильтров в задаваемом интервале. После освоения скважин и достижения ими проектных параметров эксплуатации, скважины обвязываются трубопроводами для подачи в продуктивный пласт выщелачивающих и отбора из пласта продуктивных растворов. Схема СЖР и разводки кислотопроводов по участкам ГТП рудника «Акдала» и принципиальные схемы обвязки технологических узлов закисления, распределения выщелачивающих и приема продуктивных растворов приведены в Приложении 2 к пояснительной записке.

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

Бурение (сооружение) скважин, их обвязка, закисление блока и извлечение металла из недр проводится согласно графика ввода технологических блоков в эксплуатацию.

Для наблюдения за движением выщелачивающих растворов, как в процессе закисления, так и в процессе эксплуатации блока, сооружаются «технологические» наблюдательные скважины (внутриконтурные, приконтурные).

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

3 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОБЫЧНОГО И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

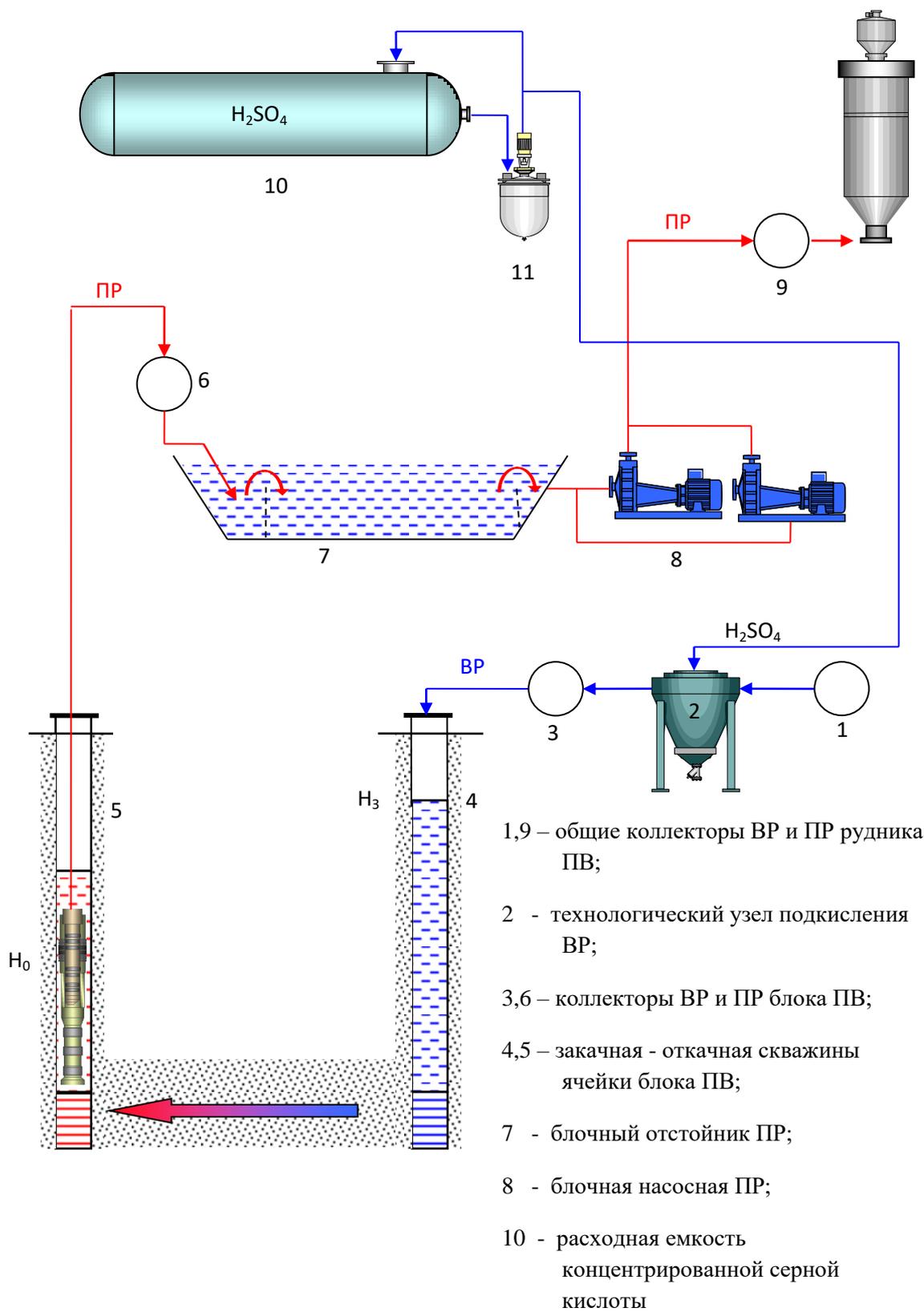


Рисунок 7 - Принципиальная аппаратная схема блока подземного выщелачивания

В соответствии с условиями Контракта на проведение разведки и добычи урана на месторождении Акдала в Туркестанской области Республики Казахстан продолжаются промышленные работы по ПСВ урана.

Стратегией освоения участка предусматривается:

- первоочередная отработка разведанных запасов урана на геологических блоках, которые отнесены к категории C_1 .

При определении последовательности вовлечения в отработку геологических блоков западного и восточного флангов залежей 2 и 3 участка Летний и залежи 1 участка Ближний принимались во внимание:

- степень разведанности участков работ;
- распределение разведанных запасов урана категорий C_1 и C_2 по геологическим блокам;
- соотношение между запасами категорий C_1 и C_2 на залежах участков работ.

Характерные особенности геологических блоков:

- расположение рудных тел на отдельных площадях участков работ в жалпакском горизонте;
- ширина геологических блоков участков работ и характер их расположения в плане;
- геотехнологические характеристики блоков;
- прогнозное время отработки геологических блоков.

Проектируемые залежи №2,3 расположены на западном фланге участка Летний.

Жалпакский рудоносный горизонт залегает на подстилающем его инкудукском горизонте с незначительным перерывом и образует единый осадочный цикл, в котором резко преобладают песчаные аллювиальные образования. Основание горизонта сложено преимущественно русло-стержневыми отложениями речной системы с активным стоком и отвечают сероцветному литотипу. Верхние части разреза горизонта отражают условия стареющих рек с медленным течением и отвечают "пестроцветному" и "безжелезистому" литотипу. Отложения нижней части горизонта являются рудовмещающими на месторождении Акдала. Общая мощность отложений в западном направлении изменяется от 50 до 70м[7].

В пределах месторождения жалпакский рудовмещающий водоносный горизонт пользуется повсеместным распространением.

Глубина залегания кровли горизонта возрастает с востока на запад от 108 до 159 м. В том же направлении возрастает и мощность проницаемых песков – от 39,6 до 79,2 м.

Рудовмещающие породы представлены разнозернистыми и среднезернистыми песками с линзами мелкозернистого песка, гравия.

Подстилающими породами являются глинистые пески, глины и глинистые алевроиты верхней части инкудукского горизонта мощностью не более 5-8 м. Среди них нередко встречаются маломощные (0,2-0,4 м) прослои

плотных песчаников на карбонатном цементе. Реже, верхи инкудукского горизонта представлены средне- и разномерными песками.

Выделенные геологические блоки в пределах залежей №1,2,3 по морфологии являются не сложными.

3.1 Технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана

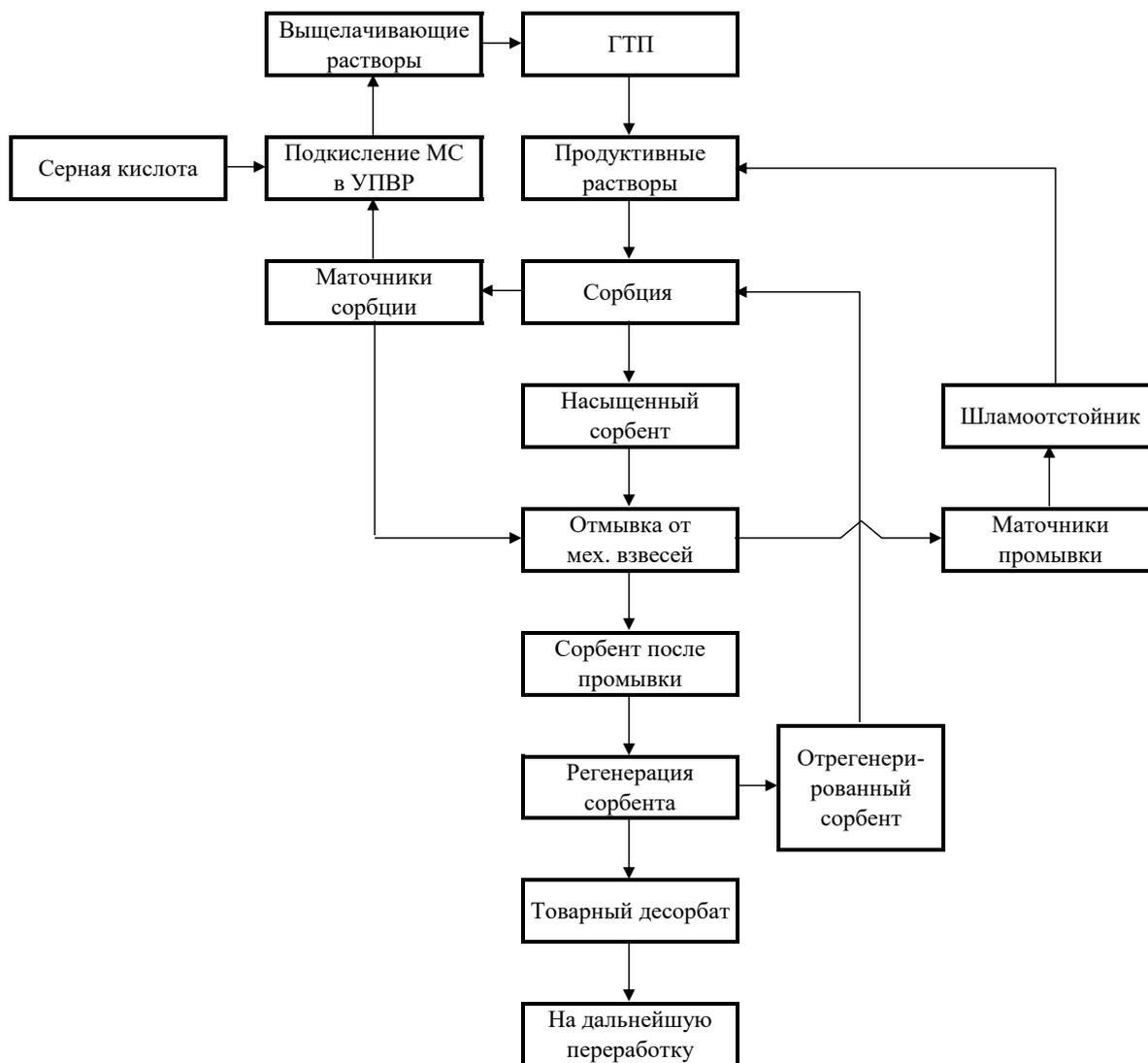


Рисунок 8 - Укрупнённая технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана и выпуска продукции в виде урансодержащего товарного десорбата

3.2. Характеристика производимой продукции

Наименование продукции, выпускаемой на перерабатывающей установке ЦППР – урансодержащий товарный десорбат, который является полуфабрикатом, используемым для получения закиси-оксида природного урана.

Готовая продукция выпускается в виде товарного десорбата. Требования к качеству товарного десорбата: массовая концентрация урана не менее 30г/л, кислотность в пересчете на H_2SO_4 не более 40г/л, массовая концентрация нитрат-иона не более 40г/л, массовая концентрация хлорид-иона не более 4,2г/л.

В растворе урансодержащем не допускаются наличие видимых невооруженным глазом посторонних включений (куски породы, дерева, металла, ионообменной смолы и др.).

Готовая продукция представляет собой раствор, в основном, сульфата уранила – UO_2SO_4 и нитрата уранила – $UO_2(NO_3)_2$, находящихся в переменном соотношении.

Таблица 2 - Характеристика товарного десорбата

Наименование.	Един. измер.	Значение.
Содержание урана	г/дм ³	> 30
Концентрация нитрат-ионов	г/дм ³	< 40
Кислотность	г/дм ³	< 40

Основные физико-химические свойства урансодержащего товарного десорбата:

- в зависимости от соотношения сульфата и нитрата уранила в растворе, а также содержания урана в нём, раствор имеет внешний вид жёлто-зелёного цвета с насыщением от светлого до тёмных оттенков;
- удельный вес 1,10-1,11 кг/см³.

В товарном десорбате не допускается наличие видимых невооруженным глазом посторонних включений (ионообменная смола и др.).

3.3 Материальный баланс перерабатывающей установки

Материальный баланс перерабатывающего комплекса приведен на рисунке №8

Материальный баланс (ЗБМ) перерабатывающей установки рудника Акдала

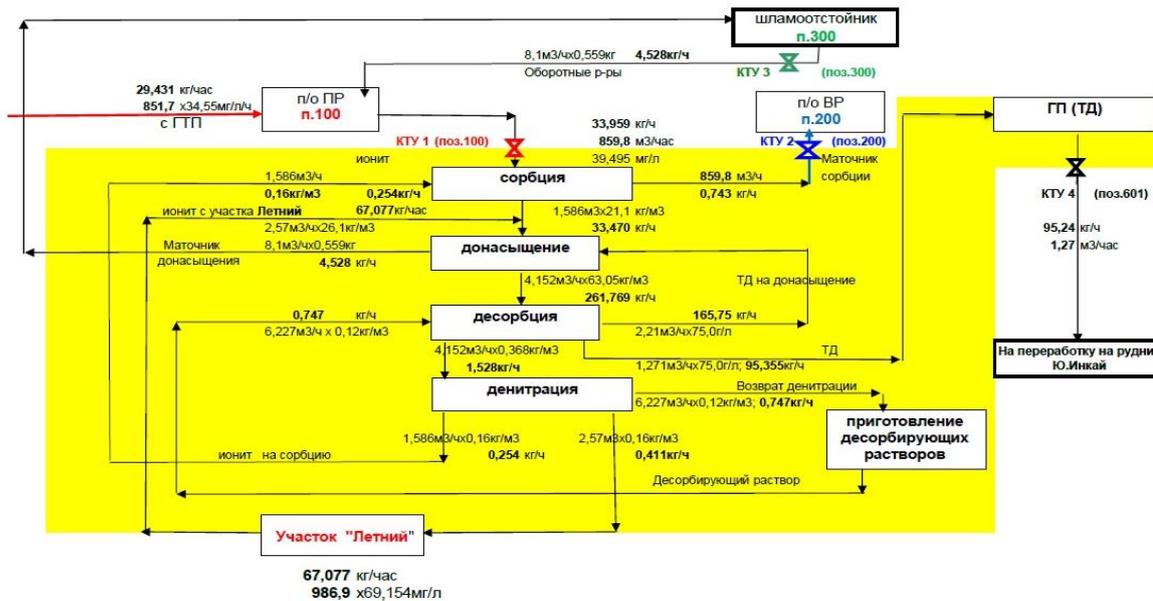


Рисунок 9 - Материальный баланс перерабатывающей установки

4 ВЫЯВЛЕНИЕ И ОТРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ И ОСТАНЦОВЫХ РУД НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АКДАЛА УЧАСТОК «БЛИЖНИЙ»

В данной работе под техногенным урановым оруденением мы понимаем новообразованные рудные концентрации, появившиеся в результате переотложения в восстановленных частях разреза растворенного в процессе добычи урана. Также к техногенным следует относить линзы ураноносных растворов, мигрировавших из зон влияния откачных скважин, во время периода эксплуатации залежи либо позднее. Остаточными будем считать части рудных интервалов, которые были не закислены, либо не отработаны, и остались *in situ*. Техногенное оруденение характеризуется низкими значениями коэффициента радиоактивного равновесия.

Разработка месторождений урана способом подземного выщелачивания подразумевает подачу технологических растворов в недра для перевода полезного компонента в растворимую форму и дальнейшее извлечение растворов на поверхность для дальнейшего передела. Нормативный коэффициент извлечения урана из недр по условиям действующих контрактов на недропользование колеблется от 0,80 до 0,90. Это означает, что от 10% до 20% исходных запасов рудных объектов располагаются в контурах существующей добычной инфраструктуры, локализованы в уже созданной благоприятной геохимической среде и имеют значимые масштабы. Наиболее ярко «нормативные потери» проявляются на месторождениях, где оруденение характеризуется сложной морфологией и отсутствием выдержанных водоупоров. Добыча техногенного и остаточного урана на отработанных залежах является подходом, ведущим к восполнению минерально-сырьевой базы предприятия.

Локализация технологически и экономически привлекательных новообразованных скоплений остаточного урана в пределах геометрических границ блоков ожидается приуроченной к изначально богатым ячейкам и только в пределах зон законтурного растекания могут образовываться самостоятельные скопления.

Наличие остаточных скоплений урана на обрабатываемых отработанных блоках зависит от:

- гидродинамических факторов, таких как объемы закачки / откачки каждой скважины, устойчивости дебитов во времени, закономерностей работы фильтров по длине, соотношения горизонтальной и вертикальной составляющих коэффициента фильтрации и наличия дебаланса по растворам в пределах ячейки или рядной панели. Эти факторы определяют условия возникновения застойных зон в разрезе и по латерали и вероятность миграции растворов в под/над фильтровые части разреза;

- факторов рудоносности, т.е. приуроченности балансовых руд к определенным литологическим разностям, распределения мощности и продуктивности по латерали и в разрезе. Эти факторы определяют

потенциальную ценность остаточного и – в значительной степени – техногенного оруденения;

- разные литологии которые образуют зону застоя;
- факторов взаиморасположения руд, фильтров и водоупоров (наличия и степени обогащенности над- и подфильтровых рудных интервалов, наличия нижнего водоупора и расстояния от нижних кромок фильтров до кровли нижнего водоупора). Эти факторы ответственны за возможность формирования остаточных линз растворов как выше, так и ниже фильтров;
- факторов интенсивности отработки рудных интервалов (оценки интенсивности потоков технологических растворов в разрезах и в плане, и позволяют оценить вероятность обнаружения остаточных скоплений урана в эффективной мощности.

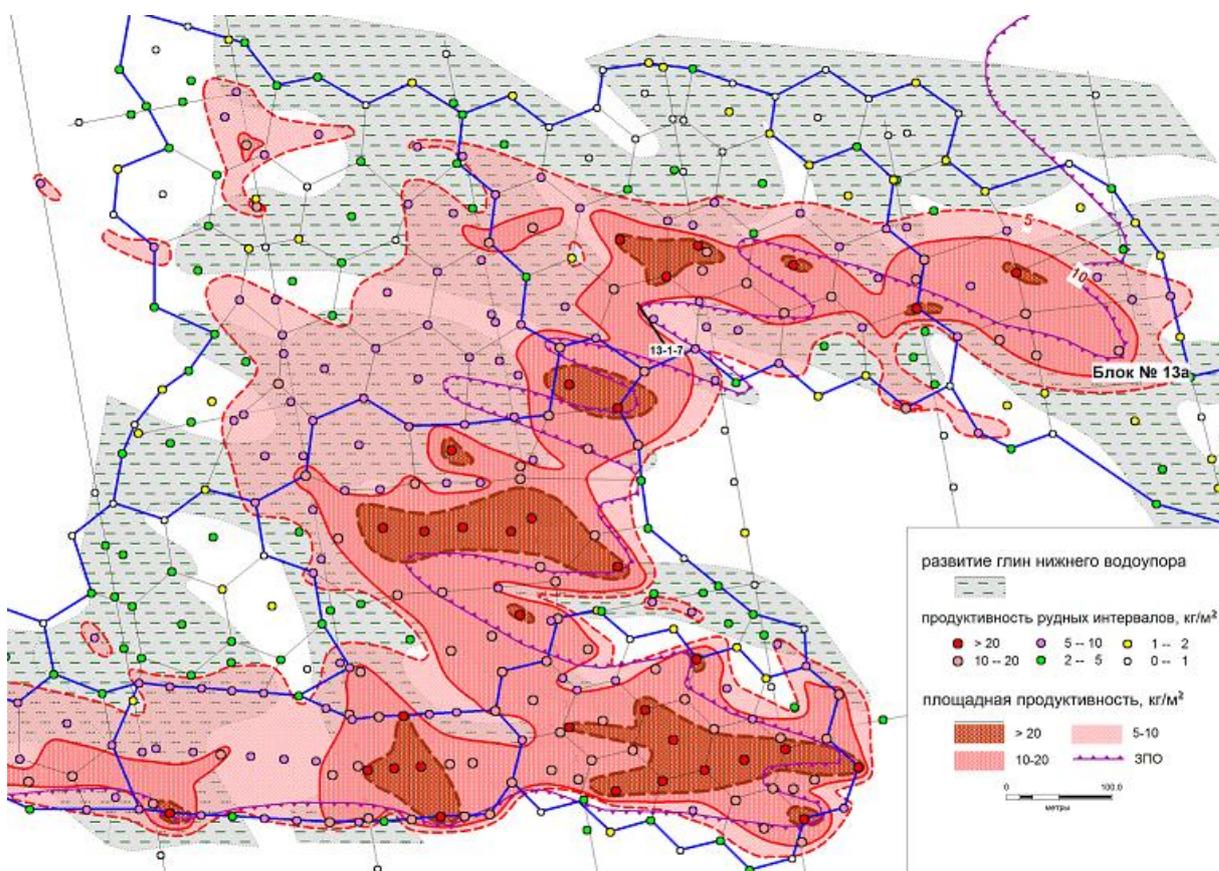


Рисунок 10 - Визуализация факторов рудоносности и взаимоположения руд и водоупоров. Фрагмент карты рудоносности с наложением областей развития нижнего водоупора

Разработанная в рамках указанной работы методика прогноза и оценки технологических блоков и их периферии на остаточное оруденение рассматривает прогнозные площади по месту локализации в рамках следующей классификации:

- приуроченные к надфильтровым интервалам;
- приуроченные к остаточному урану в фильтровых интервалах;
- приуроченные к подфильтровым интервалам;

- приуроченные к вероятным областям гравитационной миграции;
- приуроченные к законтурным образованиям, определяющим возможность прироста запасов технологического блока

По условиям и ограничениям в оценке ресурсов остаточного урана основой прогноза и оценки служат карты продуктивности, карты распространения над- и подфильтровых рудных интервалов, литолого-фильтрационные разрезы и гидродинамические модели. Для оценки ресурсов остаточного урана вводятся поправки отдельно для надфильтровых и для подфильтровых интервалов. В оценке остаточных рудных интервалов в пределах фильтров просчитывается только область с исходной продуктивностью свыше заранее выбранного порогового значения. Оценка интенсивности отработки рудных интервалов дает возможность прогноза остаточного урана непосредственно в фильтровых интервалах и также способствует оценке вероятности растекания растворов вниз / вверх по разрезу от фильтра.

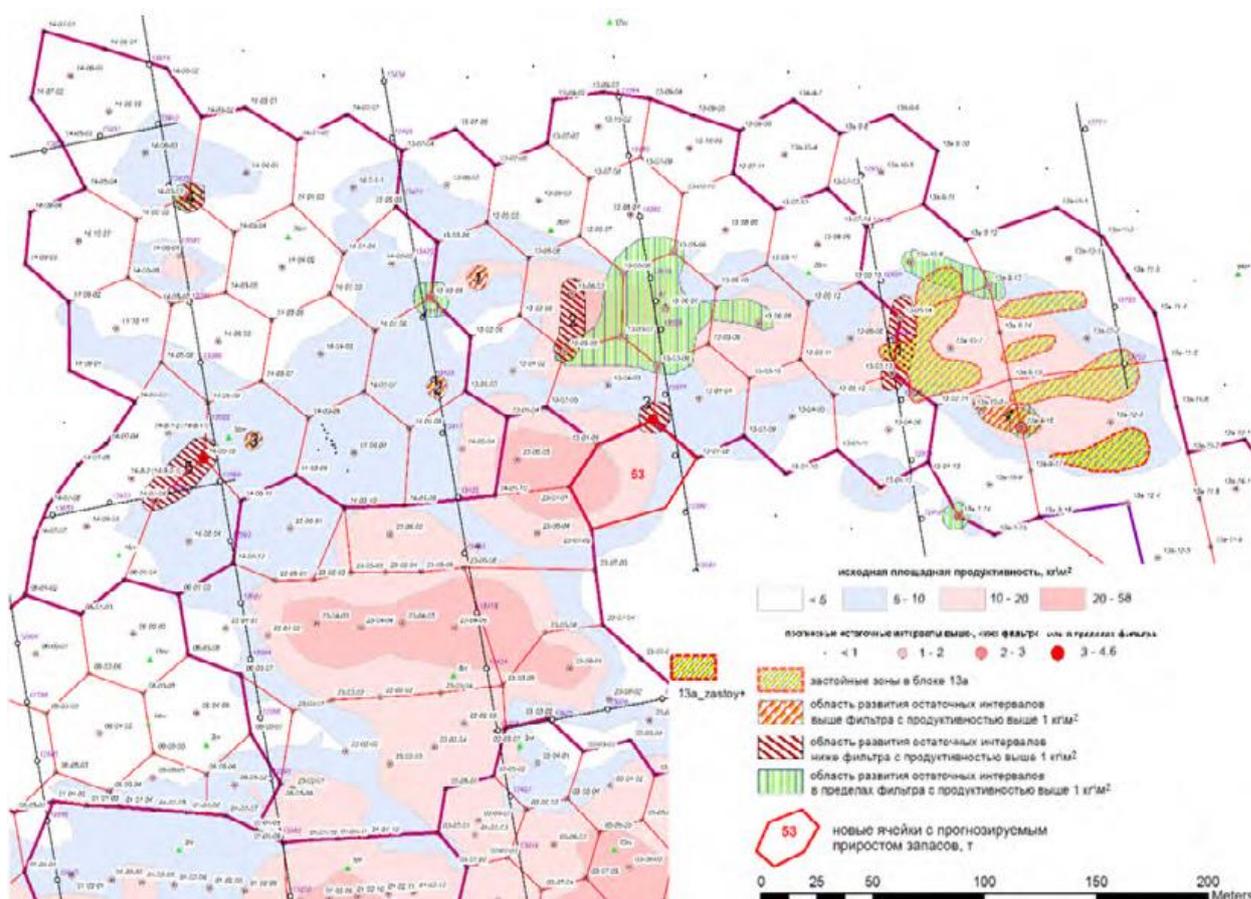


Рисунок 11 - Оценка перспектив кластера на остаточное оруденение

4.1 Основные закономерности локализации остаточного ипересажженного урана на участке Ближний

Оговоримся сразу, исследования возможности сохранения остаточных интервалов или образования урановой новосадки промышленно интересных

объемов как практически значимые, в плане укрепления МСБ рудника, или прироста готовых запасов.

Ожидаемым выводом из представленных материалов является неравномерность отработки, как по площади (в отдельных скважинах), так и в разрезе. Кроме того, представляется возможным заключить:

- интенсивность проработки (% остаточного урана) обычно выше в области от середины расстояния между откачной и закачной скважинами и до 1/4 расстояния в сторону откачной. Ближе к технологическим скважинам остаточный метропроцент уменьшается.

- более 50% остаточных запасов, по данным контрольного бурения блоков, приурочены к областям ближайшей периферии блока (5-10 м от закачных, за пределами геометрической границы блока) и в интервале расстояний % - % между откачной и закачной скважинами внутри блока.

- на расстоянии 8-10 м от границы блока, на середине отрезка между откачной и закачной скважинами, наблюдается накопление урана, очевидно, оттесненного во время закисления от границ блока. Судя по результатам скважин, вместо законтурного извлечения, отмечается его привнос. Характерно, что не отмечается образования новых рудных линз, уран переоткладывается в тех же рудных интервалах.

Очевидно, что феномен накопления урана в законтурной области блока весьма непостоянен. Хотя, по данным моделирования, выполненного на иных объектах, такое состояние прогнозируется на расстоянии от 5-7 до 30 м от геометрических границ блока, основную роль в сохранности такого техногенного оруденения играет баланс откачки-закачки. Так, при близком лито-фильтрационном строении разрезов, мы видим извлечение 66% урана в первом случае, и накопление 7% - во втором. Также не происходит накопления техногенного урана по данным опробования скважин, хотя она - теоретически - расположена в застойной зоне, куда должен оттесняться растворенный уран. Металл здесь, если и переоткладывается, то *in situ*, без заметного переноса по латерали, и приурочивается, вероятно, к менее проницаемым частям разреза, либо к контактам с глинами. Заметна также концентрация остаточного урана преимущественно в низах, реже - в верхах разреза.

Редко отмечается эффект новосадки урана с образованием маломощных небогатых рудных тел. Эффект наблюдается обычно в верхах разреза, при расположении скважины в ближайшей периферии от крайней закачной, внутри или за геометрическим контуром технологического блока, и гипсометрически выше ближайших закачных фильтров, либо в самых низах разреза, ниже уровней фильтров технологических скважин. На блоках такой эффект выражен слабее, и промышленных новообразованных интервалов (более 1-1,5 кг продуктивности) не обнаружено.

Резонно предположить, что законтурное накопление урана может существовать и оформиться в некое рудное тело, представляющее промышленный интерес, только в случае перехода урана из мобильной в

иммобильную форму, т.е. высадки в виде 4-валентного соединения, либо сорбции на органике или глине. Но, в случае длительной проработки ГРМ кислотными растворами, органика обычно окисляется, теряя сорбционные свойства, глина же хорошо сорбирует уран только в активной Na-Са-монтмориллонитовой форме, в незрелом состоянии (когда на диаграммах РСА отмечается несовершенство кристаллов глин монтмориллонитовой группы). В случае длительного воздействия кислотными растворами такая глина обычно деградирует, теряет связность на поверхности слоев и, частью, выносится в виде взвеси. Вероятнее всего, глина теряет сорбционные свойства, позволяющие удерживать анионы уранила[12].

Следует иметь в виду, что продолжительность отработки блоков была, в целом, невелика отработывался несколько дольше, с достижением Ж/Т 1.75. Промышленные блоки участка Ближний, напротив, отработываются 5-10 лет, с Ж/Т на конец отработки 4-8 и извлечением выше 90%.

Таблица 6 - Фактические результаты проведенного заверочного бурения

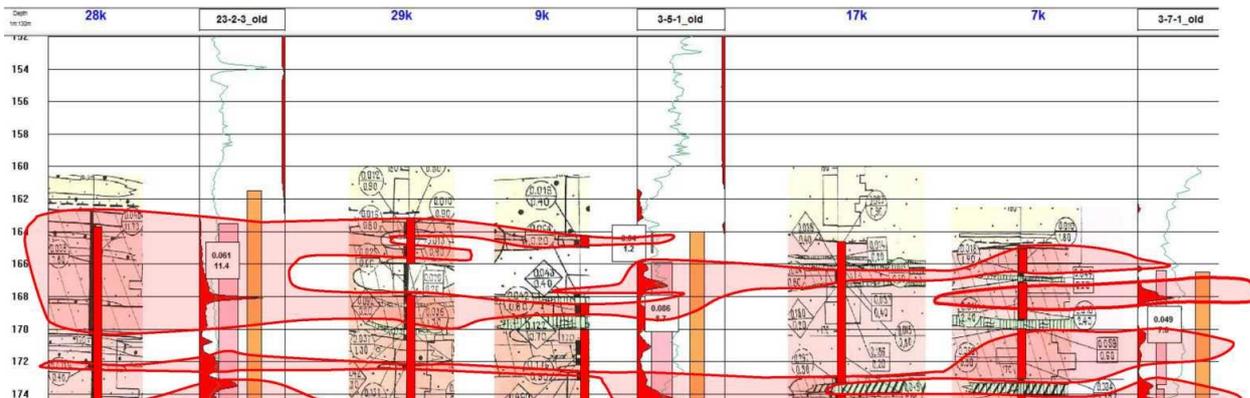
№ п/п	№ заверочной скв.	Результаты КНД-м						Год бурения /сооружения	Тип рудного интервала	Использование заверочной скважины
		глуб. от	глуб. до	m	с	mc	prod			
1	1101	151.6	152.3	0.7	0.055	0.0388	0.6	2018	невскрытые при освоении блока (за контуром блока)	закачная
		154.6	155.3	0.7	0.101	0.0705	1.2			
		155.7	157.1	1.4	0.189	0.2652	4.4			
		161.7	162.9	1.2	0.204	0.2447	4.1			
		151.6	162.9	4	0.155	0.6191	10.3			
2	1102	166.5	167.5	1	0.033	0.033	0.5	2018	остаточные, в частично работающем блоке	закачная
		168.4	169	0.6	0.029	0.0176	0.3			
		170	170.7	0.7	0.032	0.0225	0.4			
		171.5	172.8	1.3	0.032	0.0412	0.7			
		173.4	174	0.6	0.016	0.0094	0.2			
		166.5	174	4.2	0.029	0.1238	2.1			
3	1103	169.5	170.4	0.9	0.025	0.0221	0.4	2018	невскрытые при освоении блока (за контуром блока)	закачная
		169.5	170.4	0.9	0.025	0.0221	0.4			

Продолжение таблицы 6

4	1104	166.5	167.5	1	0.033	0.033	0.5	2018	остаточные, в частично работающем блоке	закачаная
		168.4	169	0.6	0.029	0.0176	0.3			
		170	170.7	0.7	0.032	0.0225	0.4			
		171.5	172.8	1.3	0.032	0.0412	0.7			
		173.4	174	0.6	0.016	0.0094	0.2			
		166.5	174	4.2	0.029	0.1238	2.1			
5	1001	150.3	150.6	0.3	0.025	0.0076	0.1	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачаная
		152.1	152.8	0.7	0.015	0.0106	0.2			
		158.7	158.9	0.2	0.018	0.0037	0.1			
		166.6	167.7	1.1	0.136	0.1494	2.5			
		171.6	173.6	2	0.067	0.1336	2.2			
		150.3	173.6	4.3	0.071	0.3049	5.1			
6	1002	157.2	157.5	0.3	0.009	0.0026	0	2018	невскрытые при освоении блока (за контуром блока)	откачаная
		158.2	162.8	4.6	0.028	0.1279	2.1			
		163.7	166	2.3	0.297	0.684	11.4			
		167.2	171.4	4.2	0.088	0.3704	6.1			
		157.2	171.4	11.4	0.104	1.185	19.7			
7	1003	160.7	162.3	1.6	0.044	0.0704	1.2	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачаная
		165.1	168.8	3.7	0.049	0.1824	3			
		169.5	170.1	0.6	0.038	0.023	0.4			
		172.5	173.5	1	0.047	0.0474	0.8			
		160.7	173.5	6.9	0.047	0.3232	5.4			
8	1004	157.6	158	0.4	0.02	0.0078	0.1	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачаная
		162.3	163.8	1.5	0.011	0.0165	0.3			
		164.5	166.9	2.4	0.09	0.2155	3.6			
		157.6	166.9	4.3	0.056	0.2398	4			
9	1005	161.2	161.9	0.7	0.027	0.0187	0.3	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачаная
		164.4	171.1	6.7	0.145	0.9695	16.1			
		161.2	171.1	7.4	0.134	0.9882	16.4			
10	1006	160.7	161.2	0.5	0.014	0.007	0.1	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачаная
		164.4	167.5	3.1	0.12	0.3711	6.2			
		160.7	167.5	3.6	0.105	0.3781	6.3			

Продолжение таблицы 6

11	1007	159.7	167.4	7.7	0.043	0.3326	5.5	2018	остаточные, в частично работающем блоке	откачивающая
		159.7	167.4	7.7	0.043	0.3326	5.5			
12	0001	165.4	165.9	0.5	0.015	0.0077	0.1	2018	остаточные, в остановленном блоке	эксплуатационная
		165.4	165.9	0.5	0.015	0.0077	0.1			
13	0002	158.2	158.5	0.3	0.03	0.0089	0.1	2018	остаточные, за контуром технологического блока	эксплуатационная
		179	179.6	0.6	0.014	0.0083	0.1			
		158.2	158.5	0.9	0.019	0.0173	0.3			
14	0003	171	171.7	0.7	0.023	0.0161	0.3	2018	невскрытые при освоении блока (за контуром блока)	эксплуатационная
		174.2	174.7	0.5	0.056	0.0279	0.5			
		171	171.7	1.2	0.037	0.0439	0.7			
15	0004	169.2	169.6	0.4	0.032	0.0126	0.2	2018	остаточные, в частично работающем блоке	эксплуатационная
		169.2	169.6	0.4	0.032	0.0126	0.2			



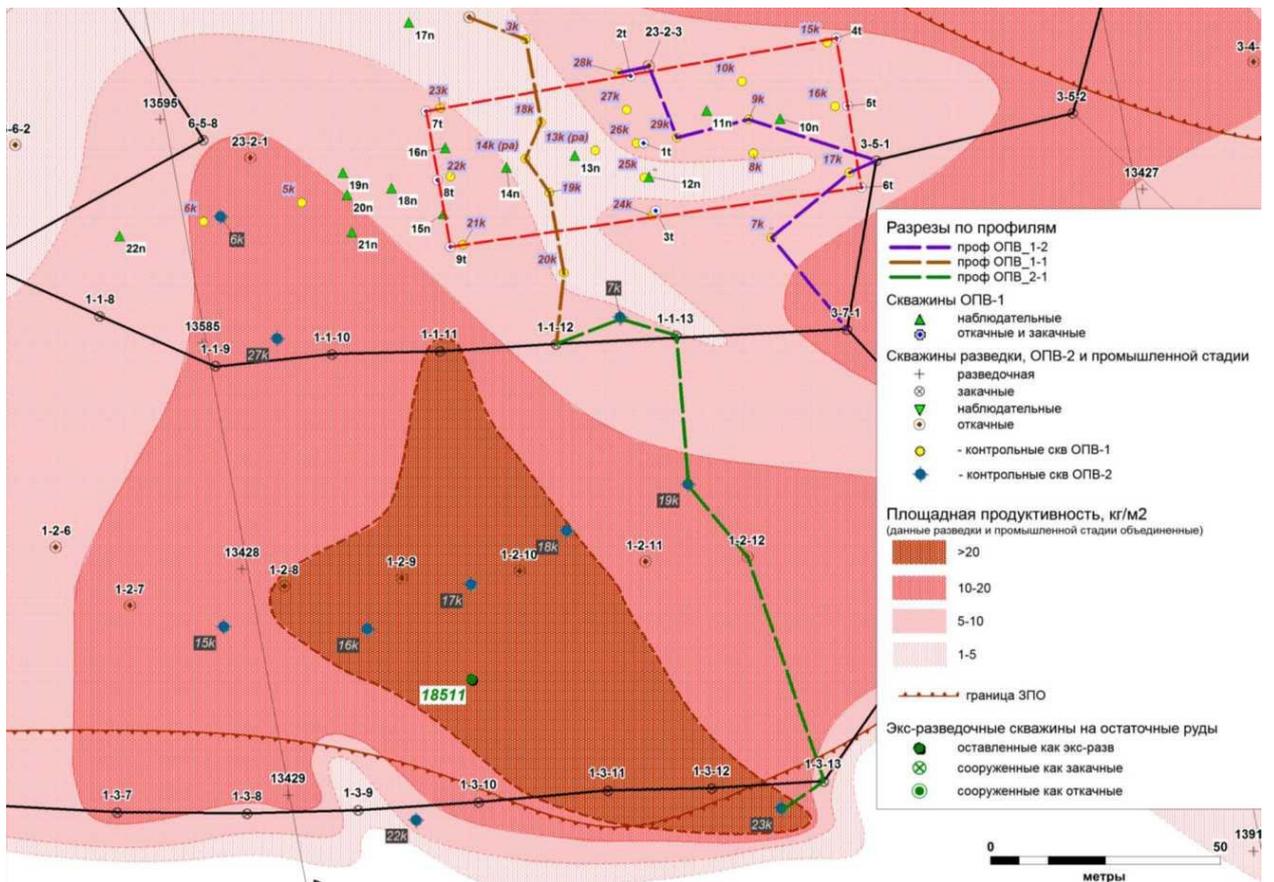


Рисунок 12 - Восточной части блоков. Площадная продуктивность, линия ЗПО, скважины разведки.



Рисунок 14 - Разрез по профилю

Для исследования перераспределения урана при отработке, были

построены диаграммы со следующим обоснованием интерпретации данным ГК рассчитывалось содержание урана (с учетом предполагаемого крр 1,0), рассчитывалось содержание урана по факту КНД, результат вычитания содержания урана по ГК из содержания урана по КНД делился на содержание урана по ГК, результат выражался в процентах. Тем самым получалась оценка выноса (полный вынос урана —100%) или привноса (положительные значения). Несовпадение максимумов по ГК и по КНД интерпретировалось как свидетельство перераспределения урана в процессе отработки (Рисунок 15).

На рисунке 15 показано совмещенное содержание урана по ГК и по КНД, 1.10 - пересчитанная диаграмма в % относительного привноса урана от содержания по ГК. Видим относительное накопление урана в самых низах горизонта, практически на водоупоре, в интервале нижней четверти закачных фильтров.

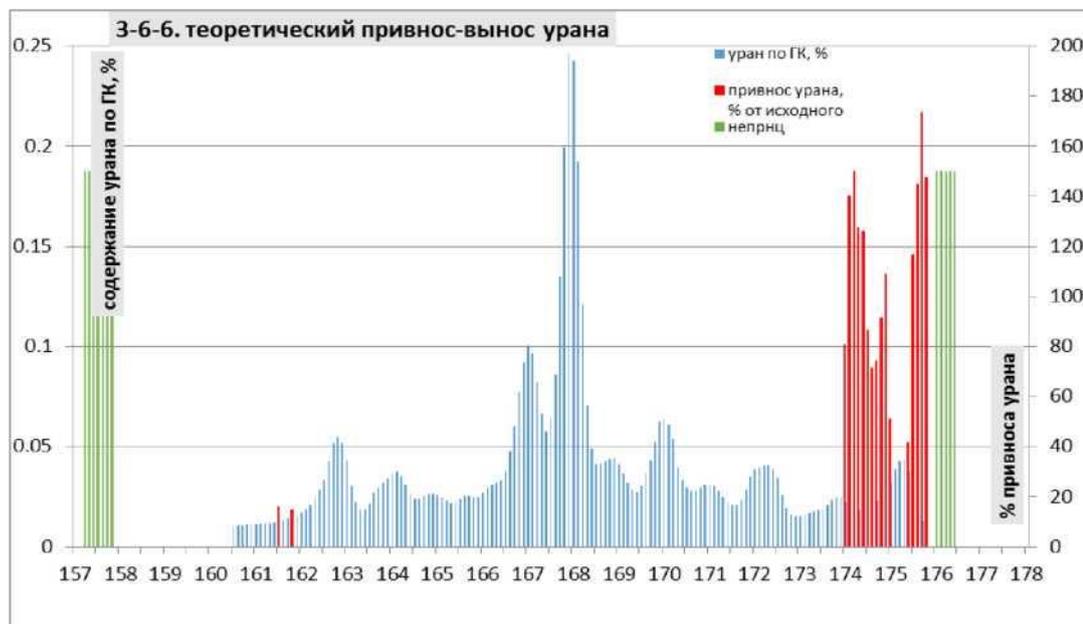


Рисунок 15 - Диаграмма относительного привноса- выноса урана Правая ось У - 0-баланс по урану, положительные значения - привнос, в % от исходного содержания. Зеленые полосы - непроницаемые прослои

Таким образом, для образования внутри- (при-, за-) контурных концентраций переотложенного урана, становятся важными два условия:

- наличие восстановленных песков, с проницаемостью не выше основного объема рудной части разреза, расположенных выше или ниже рудных интервалов;

- невысокая длительность проработки ГРМ данного блока или его части. Оценка критичной продолжительности пока не может быть дана с приемлемой степенью обоснованности даже теоретически; речь может идти о количестве гидродинамических циклов, в каждом из которых выносятся определённое количество металла, и определенное количество кислоты

прореагирует с ГРМ.

Важным представляется также подтверждение накопления техногенного урана в ближней законтурной периферии закачных скважин. Ареал законтурной новосадки можно ограничить, по факту контрольного бурения на ОПВ-1, расстояниями 5-15 м от геометрического контура блока, за исключением площади влияния откачного ряда 1т-3т (половина расстояния между отк и зак рядами). Также определяющее влияние как на площадь развития новосадки, так и на степень сохранности законтурных рудных интервалов оказывает направление миграции растворов от ОПВ-1, преимущественно ЮЗ.

4.2 Технологические блоки промышленной стадии

Для представления результатов всего объема заверочного (Рисунок 16) бурения, примем следующую схему:

1) Результаты определения остаточных / техногенных РИ приурочены к определенным частям технологических блоков по площади и в разрезе. Блоки рассматриваются группами, в которых критерии приуроченности обнаруженных РИ близки;

2) Классификация выявленных при ГИС скважин РИ по местоположению относительно полноты технологического вскрытия промышленных руд. Имеется в виду, что рудные тела, выявленные при заверочном бурении, могут быть:

- 2.1) не вскрыты по площади при сооружении технологических блоков, т.е. краевые закачные скважины вскрыли руды промышленной продуктивности, но блоки не были расширены в дальнейшем. В настоящее время представлены интервалами как испытавшими влияние кислых растворов, так и без такового. В первом случае наблюдаются остаточные и переотложенные руды, во втором - останцы невскрытых руд;

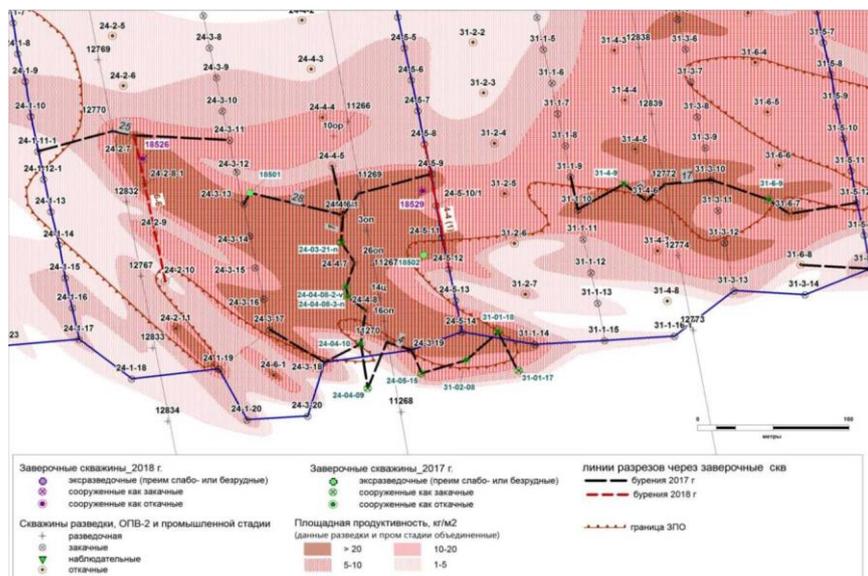


Рисунок 16 - Схема расположения заверочных скважин, линий

разрезов на фоне исходной рудоносности района южных и- центральных частей участка

- 2.2) собственно остаточными, когда блоки полностью вскрыты по площади и отработаны с требуемым извлечением, остановлены полностью или частично;

- 2.3) рудами в блоках, которые не доработаны до проектного извлечения. Обычны остаточные рудные интервалы, которые могут незначительно увеличить перспективы соответствующего блока, так как были бы отработаны и при существующей схеме, без дополнительных скважин, сооруженных из эксразведочных. Сооруженные дополнительные скважины повышают только интенсивность отработки, без прироста МСБ, или с минимальным таковым:

1) Оценка перераспределения урана при отработке, по результатам ГК и КНД, согласно методике, изложенной выше;

2) Выводы о перспективности группы блоков на остаточное / техногенное оруденение.



Рисунок 17 - Разрез по профилю 19 через технологические и эксразведочную скв. 1001

Результаты КНД демонстрируют развитие остаточных интервалов в низах разреза (баланс) и в верхней части (забаланс).

Очевидны два факта: падение степени закисленности толщи от 170 к 177 м, с достижением фонового состояния по электропроводимости, и роль непроницаемых прослоев как барьеров для движения кислых растворов, а слабопроницаемых - как концентраторов остаточного урана и ловушек переотложенного *in situ*.

Положительные результаты для гексагональной схемы длительно работающего блока заставили внести корректировки, во-первых, в уже сложившуюся схему критериев оценки блоков Ближнего на остаточный уран, и, во-вторых, в местоположение оставшихся четырех эксразведочных скважин[5].

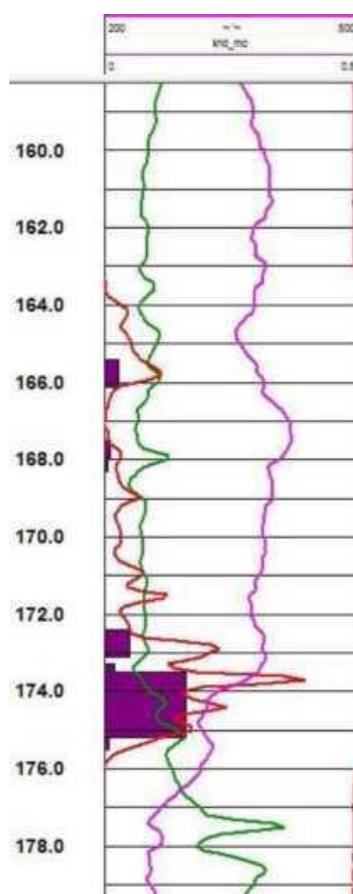
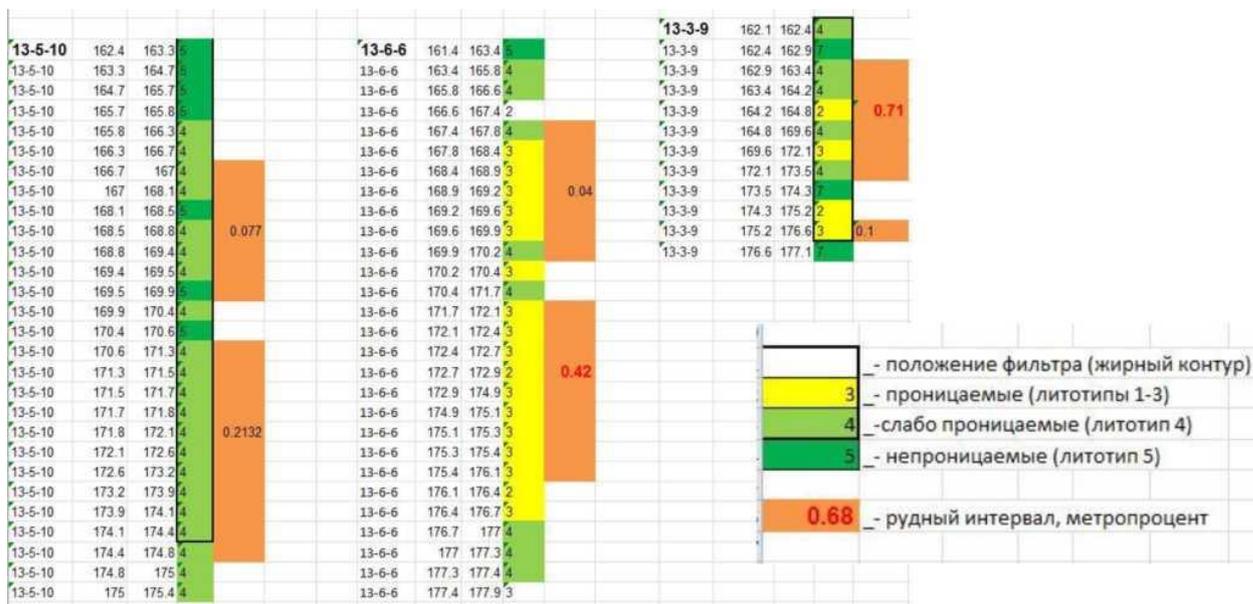


Рисунок 18 - Результаты каротажа скважина 1001

Для рядной схемы, с ее уже заложенной асимметрией потоков, положение проектной скважины относительно предполагаемого потока между откачной и закачной играет определяющую роль в оценке перспективности на остаточные интервалы. В гексагонах - с изометричной схемой потоков - растет роль литологического фактора. Так, отрицательные результаты эксплуатационно-разведочного бурения в большинстве гексагонов (в том числе - и в законтурных эксплуатационно-разведочного

скважинах), могут быть объяснены значительным законтурным растеканием, во-первых, и - отсутствием литологических ловушек (в виде прослоев слабо проницаемых разностей) - во-вторых. Законтурное растекание определенно развито на расстоянии 15-20 м от краевой закачной, а в случае длительно существовавшего дебаланса в закачку - до 50 м. Та же ситуация и с застойными зонами на серединах ребер шестиугольников - при всей несомненности их существования, практическое значение остаточных интервалов зависит от наличия литологических ловушек.

Компенсировав два выделенных критерия, получаем схему на рис. 1.52, с дополнительной визуализацией отдельных рудных пересечений по скважинам. Пересечение зон с повышенной продуктивностью (обычно выше 10 кг/м² и зон с участием слабопроницаемых песков в фильтровом интервале технологических скважин более 30%, дает искомую локализацию ожидаемых эксплуатационно-разведочного скважин[5].



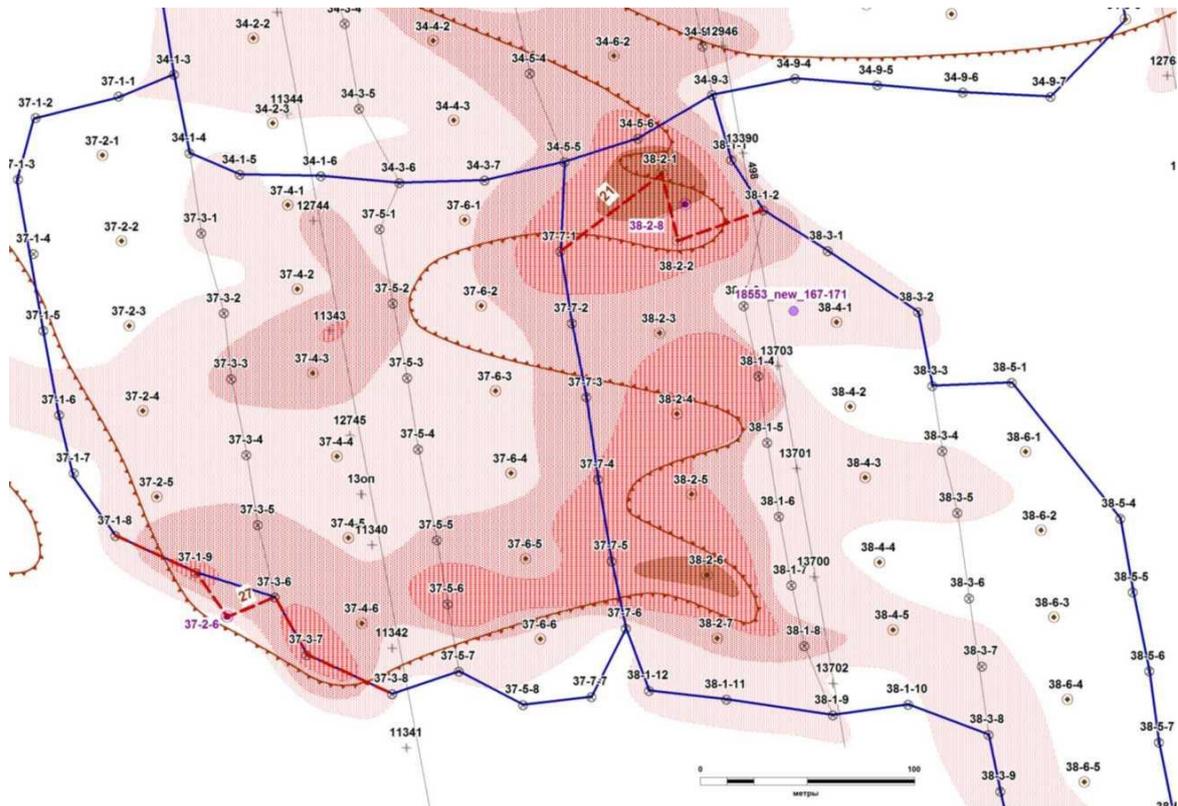


Рисунок 19 - Схема расположения заверочных скважин бурения, линий разрезов на фоне исходной рудоности

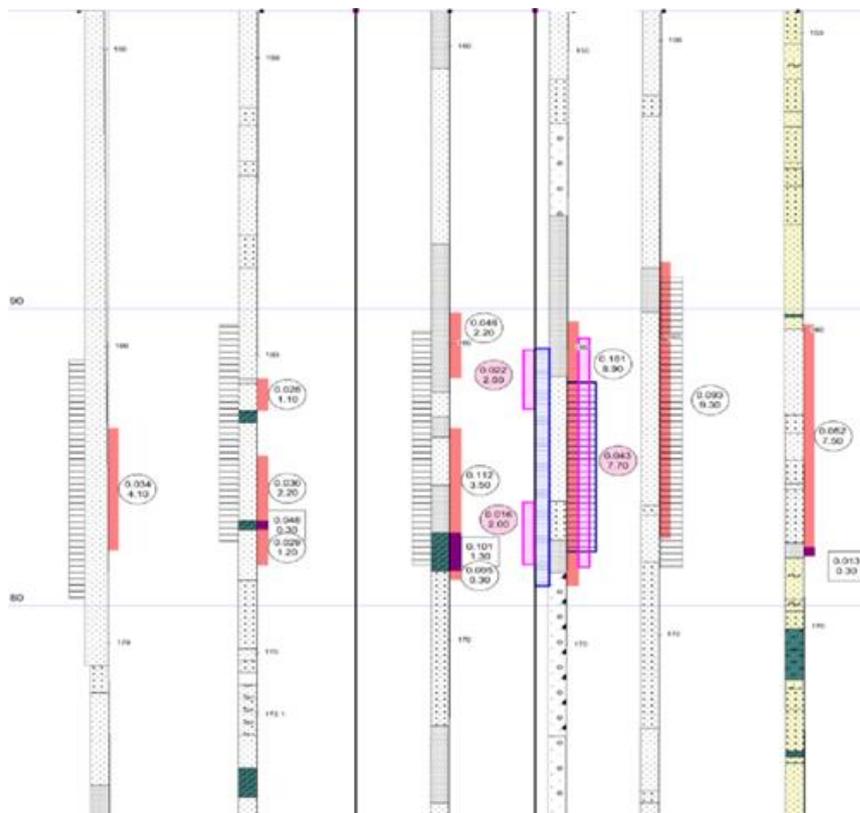


Рисунок 20 - Разрез 1-1 через технологические, разведочные и заверочные скважины северной части

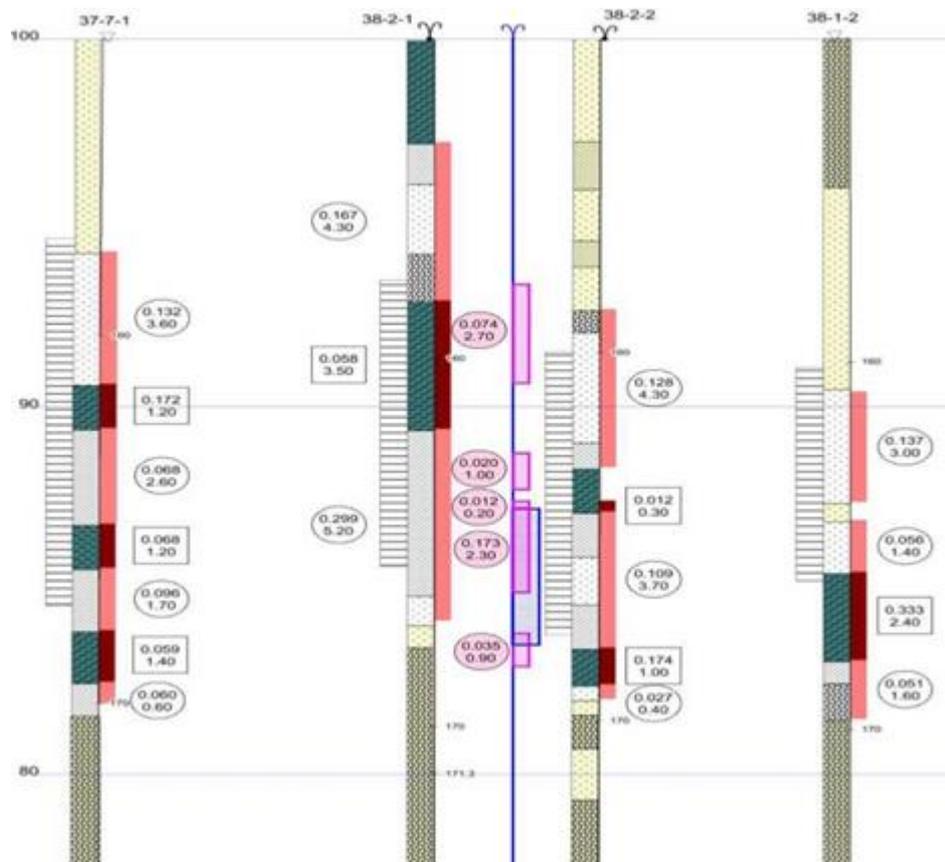


Рисунок 21 - Разрез через технологические и заверочную скважины северной части блока 38.

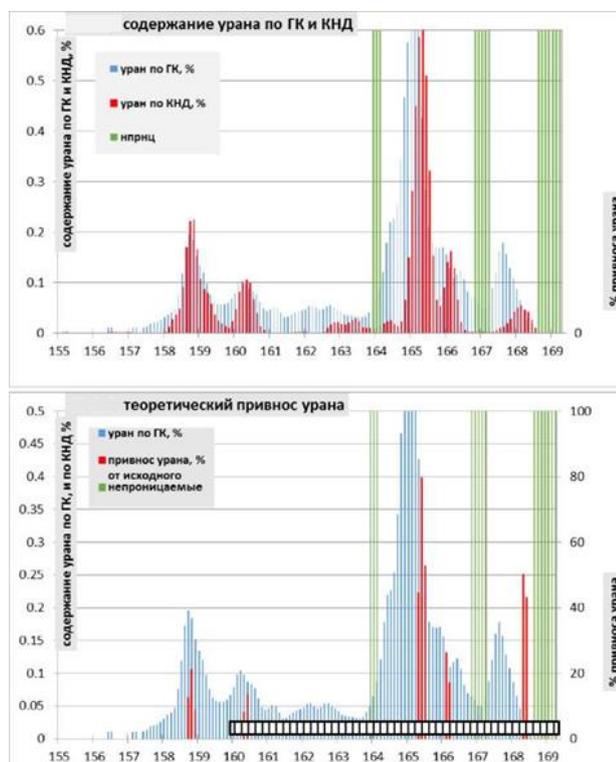


Рисунок 22 - Результаты ГК и КНД (верх), и теоретический привнос урана в скв.1102. Показано положение фильтра закачной 1102

4.3 Критерии и методика выбора и оценки площадей на остаточный уран. Ресурсы участка Ближний

Как уже указывалось в разделе все вскрытые (и прогнозные) концентрации, выявленные в процессе заверочного бурения на Ближнем, можно разделить на две группы:

1) при- и законтурные РИ, не вскрытые при сооружении технологических блоков.

2) собственно остаточные рудные интервалы, которые могут быть, в свою очередь, разделены на:

- интервалами в полностью отработанных до требуемого коэффициента извлечения блоков;

- интервалами в блоках, находящихся на стадии доработки. Такие РИ, возможно, сработались бы и без дополнительных скважин; последние, по крайней мере, уменьшат время эксплуатации блока;

Исходя из сказанного, критерии прогноза остаточного оруденения несколько различны для выделенных групп.

Для площадей с при- и законтурными рудными интервалами признаки наличия балансового невоскрытого оруденения:

- краевые закачные скважины вскрыли богатые руды, мощностью 5 м и более, и продуктивностью от 5 кг/м²,

- ближайших разведочных скважинах имеются прямые признаки рудоносности, хотя бы и забалансовые,

- профили разведочных скважин не вышли в полностью окисленную толщу

- поведение ЗПО в плане позволяет предполагать наличие невоскрытых руд (отсутствие прямолинейности, «гофрированные» линии ЗПО, формирующие «заливы» и «мысы»,

- наличие в разрезах признаков окисления в восстановленных толщах/останцов серых песков в окисленных толщах,

Весьма полезно при прогнозировании при- и законтурных руд (и в целом, для определения невыявленного потенциала блока или их группы) корректировать линии ЗПО и рудоносность, определённую по результатам детальной разведки, данными технологического вскрытия. Такие построения, особенно выполненные в изолиниях рудной мощности для разведочных и технологических скважин совместно, и с откорректированными линиями ЗПО, сами по себе имеют немалую прогностическую ценность.

Для площадей с подозрениями на собственно остаточные рудные интервалы:

Большой размах оруденения, вскрываемый одним этажом, в особенности, длинными (более 10 м) фильтрами. Закачные скважины, в случае литологически монотонной рудоносной толщи, одного-двух рудных интервалов суммарной мощностью не менее % длины фильтра, и отсутствия

особо неблагоприятных вещественных факторов (повышенная карбонатность в рассеянном состоянии или в частом переслаивании с бескарбонатными песками, монтмориллонитовый наполнитель в песках), отрабатывают рудные интервалы целиком, даже в случае длинных фильтров. Длинные фильтры откачных скважин, в целом, более критичны к соотношениям «длина фильтра - суммарная мощность рудных интервалов - амплитуда оруденения». Характерны остаточные интервалы в средних и нижних частях длинных фильтров зон влияния откачных скважин, обычно приуроченные к менее проницаемым разностям и контактам с непроницаемыми прослоями;

- два и более рудных интервала, вскрываемых фильтрами длиной более 8 м, и разделенных прослоями непроницаемых пород. В случае, если такой тип разреза развит в верхней части фильтра, обычно он отрабатывается полностью. Если он развит в нижней половине фильтра, то нижний РИ не дорабатывается;

- случай сложно построенных рудных разрезов, особенно в зонах перехода от двухэтажных схем к одноэтажной, и наоборот.

Весьма важным критерием является литологическая контрастность рудоносного разреза. Предпосылки обнаружения остаточных интервалов растут в случае развития литотипа 4 и подтипов (в стандартной классификации по данным ГИС) более, чем на 20% фильтрового интервала технологической скважины. В особенности этот фактор становится важным, если литотип 4 (м/з, глинистые пески по лито-фильтрационным разрезам разведки) развит в низах фильтрового интервала и является рудным для нескольких технологических (разведочных) скважин в данной локации. В случаях, если развитие литотипа 4 и подтипов превышает 20% по мощности фильтрового интервала, следует уделять особое внимание распределению литотипов; чем больше относительная мощность в нижней половине фильтрового интервала, тем выше вероятность обнаружения остаточного оруденения.

Базовое условие для прогноза остаточных РИ - наличие исходной рудоносности в масштабах не менее 5 кг/м² продуктивности и рудной мощности не менее % длины фильтра технологической скважины. Следует иметь в виду, что для коротких фильтров (6 м и менее), как откачных, так и закачных, это соотношение не выполняется, так как они - в стандартном подсчете эффективной мощности, равной 11 -12 м для фильтра в изотропной среде) - отрабатывают интервалы полностью.

Наличие водоупоров ниже фильтра, с известными РИ, или иных нескрытых РИ выше / ниже интервала эффективной мощности для данной технологической скважины. Признак не характерен для Ближнего, но будет играть важную роль для Инкая.

- **для рядных схем** - наиболее перспективные локации на остаточные интервалы приурочены:

- между откачными скважинами, при расстоянии между ними больше;

- чем 1,5 расстояния между закачными скважинами в ряду;
- между закачными скважинами, на торцах рядных панелей, где расстояние между крайней закачной скважиной ряда и замыкающей панель закачной всегда больше, чем между закачными скважинами в ряду. При этом, даже при наличии замыкающих закачных скважин в откачном ряду, наиболее перспективны места, где расстояние между торцовыми закачными превышает среднее расстояние между закачными и откачными рядами;
- в промежутке между откачными и закачными рядами, на расстоянии
 - от закачного ряда к откачному от U_2 до %, при этом локализации площади на середине расстояния между откачными скважинами.

- **для гексагональных схем** - в силу жесткой определенности геометрии схемы и изотропии потоков, застойные зоны с вероятным остаточным оруденением образуются на серединах ребер. Это доказанная локализация на нескольких рудниках, но - в зависимости от фильтрационных характеристик (эффективной пористости, в первую очередь, и степени ее уменьшения при закислении), степени дебаланса по растворам и времени отработки блока, уровень прогнозной перспективности сильно варьирует:

- для гексагональных схем (средние фильтрационные условия Ближнего) наиболее адекватным радиусом ячейки является 42-45 м. При превышении такового растет время отработки блока, и, соответственно, время существования застойной зоны на середине ребра ячейки. Срок ее существования ориентировочно может быть определен как 1,5-2,0 Ж/Т. При большем сроке эксплуатации блока вероятность сохранности интервалов в застойных зонах на серединах ребер резко падают, и после Ж/Т=3 становятся, практически, равными нулю. Исключение составляют те локации, где определена литологическая контрастность разреза в треугольнике «закачные скважины ребра - откачная скважина», с тяготением руд к слабо проницаемым разностям в нижней половине фильтрового интервала;

- в случае резкой асимметрии ячейки, когда откачная скважина смещена от центра гексагона в сторону какой-либо закачной на расстояние (по фильтру) 10 м и более, вероятна сохранность РИ внутри треугольников «закачные скв ребра гексагона - откачная скв» в случае максимального расстояния между откачной и закачными скв;

- также в случае резкой асимметрии - «сплюсненности» шестиугольника;

- явные застойные зоны диагностируются на длинной оси, обычно между растянутыми закачными скважинами, с некоторым (первые м) отступом внутрь ячейки.

Все картографические построения, в том числе и выделение перспективных площадей, и прогноз конкретного местоположения

заверочной скважины, выполняются на основе карты рудоносности (целесообразно в виде таковой рассматривать продуктивность общую по скважине, и вскрытую конкретным фильтровым уровнем (этажом вскрытия). Полезно для наиболее «подозрительных» площадей делать врезки карт рудной мощности и амплитуды оруденения.

Методика построения карты продуктивности, создаётся картографическая основа в виде БД-1, в которую включены все технологические, разведочные и эксразведочные скважины. В случае ровного дневного рельефа (превышения не более 2-3 м в рамках одного технологического блока), можно использовать координаты глубины в качестве отметок фильтра. В случае превышения указанных величин, необходимо переходить на абсолютные отметки высоты, чтобы избежать ошибок в интерполяции распространенности РИ данного уровня по площади.

Все картографические построения, в том числе и выделение перспективных площадей, и прогноз конкретного местоположения заверочной скважины, выполняются на основе карты рудоносности (целесообразно в виде таковой рассматривать продуктивность общую по скважине, и вскрытую конкретным фильтровым уровнем (этажом вскрытия). Полезно для наиболее «подозрительных» площадей делать врезки карт рудной мощности и амплитуды оруденения[4].

Дальнейшие движения

Карта распределения продуктивности и рудной мощности сразу дает нам перспективные площади для при- и законтурного оруденения (при обрезке продуктивности ниже 5 кг/м², но с учетом мощности, так как указанный предел продуктивности может быть получен и при малой рудной мощности и высоком содержании; такие интервалы в случае мощности не более 1,5 м и положении на нижнем водоупоре - чаще всего бесперспективны на отработку). Для прогноза собственно остаточных интервалов, внутри- и приконтурных, выполняются следующие действия:

- изучается геометрия блоков, и выделяются возможно перспективные площади на основе критериев, описанных выше, в разд 2.1.2;
- на основе карты продуктивности отбрасываются все площади с продуктивностью ниже 5 и мощностью ниже 4-5 м.

На оставшейся территории, с продуктивностью выше 5 кг/м², выделяются площади, которые:

- обнаруживают соотношение между амплитудой оруденения и длиной фильтра выше 1.6 (для данного этажа вскрытия!);
- мощность оруденения не менее % длины фильтра, при длине фильтра не менее 8 м;
- в наблюдательных скважинах которых фиксируется содержание урана, близкое к содержанию в откачных (зависит от длительности отработки блока и местоположения наблюдательной);

– обнаруживают выполнение вышеуказанного критерия литологической контрастности разреза, с положением оруденения в нижней половине фильтра в ближайших технологических скважинах. Для этого, из гиклет-фалов запросом вида;

– выбираются, в рамках рудных интервалов, все слабопроницаемые разности. В сформированной таблице, таким образом, для каждой из технологических скважин, имеются поля со значениями амплитуды оруденения, рудной мощности, мощности слабопроницаемых разностей в рамках рудной мощности, и продуктивности.

Рассчитывается % участия слабопроницаемых разностей рудных песков в фильтровом интервале (в амплитуде оруденения, или в рудной мощности).

Скважины выбираются следующим образом:

– все технологические скважины, сооруженные при подготовке блока, приняты с нулевым значением продуктивности и рудной мощности остаточных руд. Такое допущение, разумеется, занижает ресурсы площади, но пока в нашем распоряжении отсутствуют данные по КНД откачных скважин, где остаточные интервалы резонно ожидать в самых низах фильтров, особенно при наличии перекрывающих прослоев непроницаемых разностей. Закачные скважины в подавляющем большинстве случаев бесперспективны на остаточные интервалы;

– все заверочные скважины принимаются с фактическими результатами КНД, с разделением на фильтровые интервалы;

– разведочные скважины принимаются во внимание только в случае расположения за геометрической границей блока (группы). Скважины внутри блока, или на расстоянии 5 м и менее от геометрической границы блока, во внимание не принимаются в базы данных не заносятся.

Интерполяция выполнена методом радиальных базисных функций с мультиквадратной функцией ядра, параметром ядра, равном единице, минимальным числом соседних точек - 16, эллипсом, с углом 260, большой полуосью 300 м, и малой - 160 м. Условия интерполяции отличаются от тех, что использовались при картировании исходной продуктивности, в силу того, что для исходной продуктивности угол большой полуоси эллипса близок к направлению простирания руд (направлению движения пластовых вод). Для интерполяции остаточной продуктивности и рудной мощности используется угол большой полуоси, близкий к генеральному направлению между откачными и закачными скважинами (грубо - угол короткой оси технологического блока).

Методически. Вышеуказанная БД визуализировалась в arcGis, после чего выполнялась интерполяция точечных значений отдельно остаточной продуктивности, и отдельно остаточной рудной мощности (Рисунок 23) в модуле geostatistical analyst. Полученные контуры развития остаточных руд (рис. 2.2) ограничивались по продуктивности 1 кг/м^2 , после чего проводился подсчет площадей контуров с $\text{prod} > 1$. Все скважины, попавшие в область с

продуктивностью выше 1 усреднялись, тем самым рассчитывалась площадная продуктивность остаточного рудного тела. Далее подсчитывались ресурсы урана в каждой из выделенных областей, результаты чего - на рис 2.1 и в таблице 2.2.

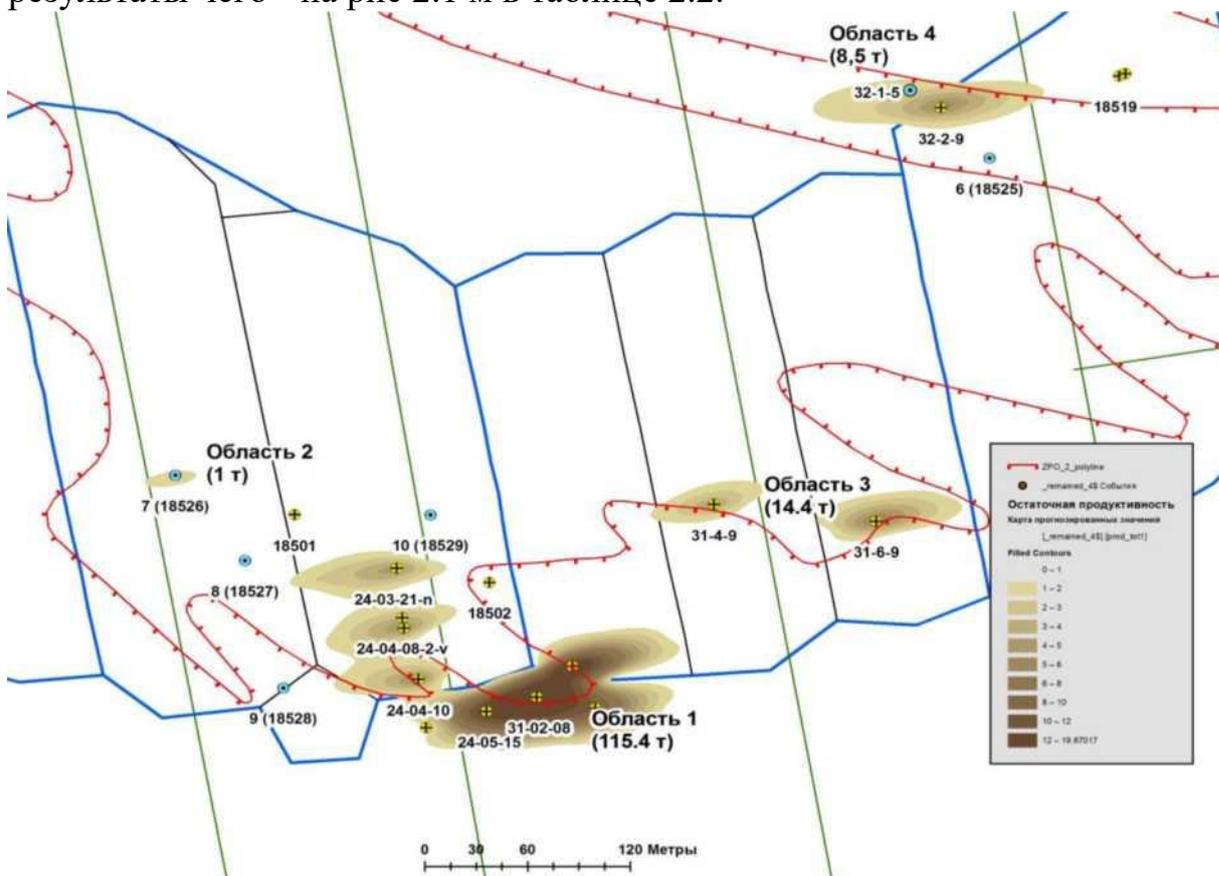


Рисунок 23 - Ресурсы остаточного урана блоков 24, 31, 32

Таблица 5 Исходная и остаточная продуктивность блоков

локация	Площадь, м2	ср	ср мс	Ср прод,	ресурсы, т
область 1	13300	5,9	0.523	8,7	115,4
область 2	700	3,5	0.082	1,4	1,0
область 3	2800	4,0	0.309	5,1	14,4
область 4	2500	5,9	0.205	3,4	8,5
ВСЕГО					139,2

Подсчитанные ресурсы могут сопоставлены с ресурсами категории P_1 . Также к ним следует отнести ресурсы, определенные в остальных частях участка Ближний и подтвержденные заверочными скважинами. Таковые включены в нижеследующую таблицу. В ней суммированы в строке ресурсы P_1 нижеуказанных локаций, и ресурсы предыдущей таблицы по блокам 24, 31, 32. Ресурсы категории P_2 подсчитывались в 2017 г, они сосредоточены на периферии областей развития P_1 , и, в любом случае нуждаются в полтверждении буровыми работами.

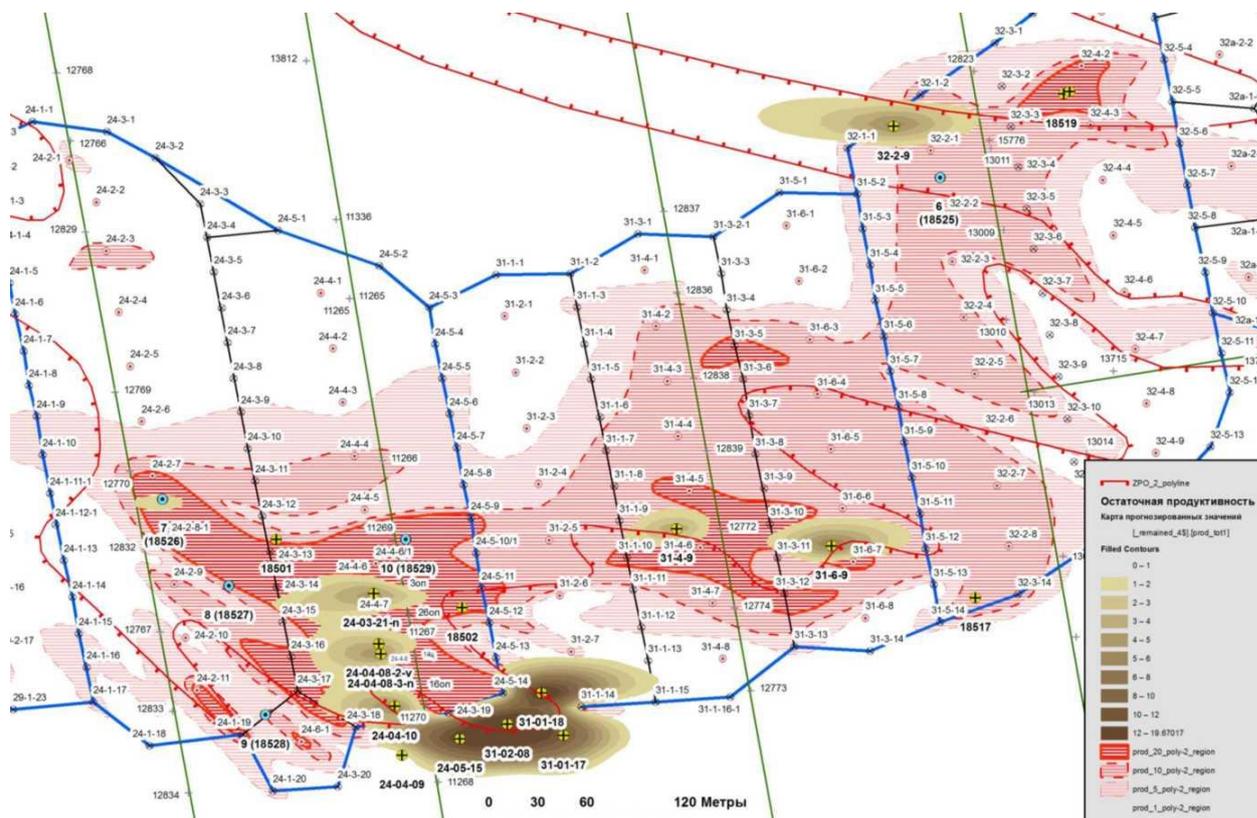


Рисунок 24 - Исходная и остаточная продуктивность блоков

Таблица 6 - Ресурсы остаточных, законтурных и недоработанных руд

локализация	скв в подсчете	итоговая	ср мощн	ср мс	ср прод	ресурсы, т
Восточная часть	1001, 1002	3900	3.5	0.242	4.0	15.7
Западная часть	1003, 1004	8500	4.4	0.2809	4.7	40.0
Юга-западная часть	1005	5200	3.3		2.0	10.6
Северная часть	1006	2500	3.2	0.1209	2.6	6.5
Южная часть	1007, 1008	3000	7.1	0.6523	10.8	32.4
ВСЕГО						105.1
ИТОГО P1						244.4
ВСЕГО P2						327
ИТОГО ресурсы остаточных, законтурных и недоработанных руд						571.4

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ОТРАБОТКИ ОСТАТОЧНЫХ РУД И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОТРАБОТКУ

Добыча производилась из 7-ти скважин, оборудованных как откачные, в течение 10-ти месяцев (таблица 7).

Таблица 7 - Результаты отработки остаточных запасов

объект	длительность добычи, мес	объем ПР, м3	кол-во урана в ПР, кг	ср содержание, мг/л
1001	10	85595	17399	203.3
1002	10	89486	3841	42.9
1003	10	58141	5657	97.3
1004	10	53922	20078	372.3
1007	10	83384	6525	78.3
1008	10	77861	6722	86.3
ВСЕГО/ср		448389	60222	146.7

Извлечение в ХКПУ, по данным ТОО ЮГХК, составило 48416 кг.

Оценка себестоимости 1 кг урана, полученного при отработке остаточных запасов в 2018-19 гг. В расчет приняты:

- 7 откачных скважин, собственно обеспечивших добычу, указанную в таблице 7;
- 4 закачных скважины, влияющие на обеспеченность откачных растворами,
- прочие затраты, причем инфраструктура и накладные расходы определены сугубо оценочно.

Таблица 8 - Расчет затрат на добычу и переработку урана, извлеченного

параметр	кол-во	цена за ед	стоимость
		тыс тг	тыс тг
сооружено откачных скв*	7	1 639.0	11 473.0
сооружено закачных скв*	4	1 366.1	5 464.4
обсадка для откачной*	7	5 751.6	40 261.2
обсадка для закачной*	4	4 434.8	17 739.2
ГИС	11	614.9	6 763.9
насос со шкафом упр*	7	1 590.0	11 130.0
Инфраструктура, оценочно	7	951.6	6 661.2
месяцев работы откачных	88		
всего рабочих часов*	45 500		

Продолжение таблицы 8

затраты на эл/энергию*	215 252	15.4	3 314.88
ИТОГО затрат на ГПР и добычу (до налогов)			102 807.78
Извлечено урана в ХКПУ	48 416		
затраты на переработку до ХКПУ*	49 335	1 781.8	87905.1
затраты на переработку до ЗОУ*	47 732	906.4	43264.3
ИТОГО затрат на переработку (до налогов)			131 169.4
ВСЕГО затрат			233 977.18

*- все цены за стоимость взяты средний по республике.

Таблица 9 - Итоговая себестоимость 1 кг урана

параметр себестоимости	кол-во в расчет, кг	значение	
		тг	\$
-1 кг в растворе	48 416	1768	4.9
-1 кг в ХКПУ	49 335	4116	11.4
- 1 кг в ЗОУ	47 732	5064	14.1

Из расчета на одну откачную скважину, обрабатывающую остаточные интервалы.

Примем, что скважина работает только 1 год без затрат кислоты.

Выгодной для предприятия является обработка растворов со среднегодовым содержанием от 20 мг/л. Учитывая несовершенство расчета, расходы на ГПР и добычу могут быть меньше за счет накладных и инфраструктуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При подготовке методики прогнозирования и оценки остаточных и новообразованных скоплений урана определены и проанализированы основные группы факторов, влияющих на перспективность означенных скоплений: гидродинамические, в т.ч. по работе фильтра по длине, факторы исходного распределения урана в разрезе и по латерали, наличия остаточных запасов в ячейках / панелях, факторы взаимоположения руд, фильтров и нижнего водоупора, факторы интенсивности отработки рудных интервалов. На кого блока. Данном этапе работ уже можно говорить об определении вероятного местоположения застойных зон в разрезе и в плане, что достигается как расчетными методами, так и с помощью создания плановых моделей гидродинамики (линий тока и действительной скорости фильтрации). Также важным является локализация наиболее перспективных ячеек (частей рядной панели) для выявления гравитационной миграции технологических растворов.

На основе 10-ти скважины заверочного бурения были проверены гипотезы:

- о формировании техногенных интервалов (урановой новосадки) за контурами технологических блоков в восстановленных или окисленных толщах (формируются преимущественно выше- и ниже фильтров, чаще всего на границах глинистых разностей и проницаемых песков, причем источником должен служить исходно богатый рудный интервал, окисленность толщи ожидаемо негативно влияет на техногенез);

- о роли в сохранности руд такого фактора, как контрастность литологического состава в активной мощности фильтрации (вероятно, наиболее важная роль из всех остальных факторов, влияющих на сохранность);

- о негативной роли сверхдлинных фильтров (выше 13-15 м) как не отработывающих руды в своей нижней части (в целом, подтвердилось для откачных и не подтвердилось для закачных скважин, но большое влияние имеет литологический состав рудоносной толщи по длине фильтра и длительность работы скважин);

- о существовании и значительной роли застойных зон на серединах ребер гексагонов (в целом, существование таковых имеет место, но только до определенного времени отработки блока - до Ж/Т 1,5-2,0, в дальнейшем такие зоны деградируют и перестают играть роль в сохранности руд; впрочем, здесь большую роль играют интенсивность фильтрации и дебалансы по растворам на уровне ячейки);

- об определяющей роли геометрии рядных сетей вскрытия, в особенности их торцовых частей, с увеличенным расстоянием между последней закачной скважиной закачного ряда и замыкающей закачной скважиной откачного ряда (в большинстве случаев остаточные интервалы имеют место быть);

Всего, из 38-и фактически пройденных заверочных скважин, рудными оказались 21. Из всего количества (использованы преимущественно рудные, но и часть забалансовых также) в качестве технологических сооружены 22, в течение 2017-18 года работали на откачку 10 скважин, из которых было извлечено 68 т урана в виде ХКПУ. Всего оценено в виде ресурсов P_1+P_2 более 500 т запасов, в том числе - 244 т - как P_1 . Это сравнительно немного, но следует учесть, что при его добыче практически отсутствуют затраты на кислоту, минимальны - на инфраструктуру. Отсюда - себестоимость урана, добываемого из остаточных руд участка Ближний, составляет, по нашей оценке, 3-5\$/кг в растворе и около 10-12 в ХКПУ.

Ожидается, что результаты, полученные после проведения работ по выявлению техногенного оруденения на участке Ближний, помогут с высокой вероятностью восполнить МСБ действующего рудника и обеспечить в течение 2-3 лет нормативный объем добычи.

Таким образом, экономически работы по прогнозу, заверке и добыче остаточного урана выгодны, несмотря на затратную часть по бурению и риск неподтверждения прогноза.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ

ПСВ – подземное скважинное выщелачивание;
ОПВ – опытно промышленное выщелачивание;
РТ – рудное тело;
ЗЛРТ – зона локализации рудного тела;
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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Рыбников П.А., Рыбникова Л.С. Гидрогеохимия техногенных процессов разрабатываемых и ликвидированных медноколчеданных месторождений Среднего Урала // Материалы 2-й Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами», г.Владивосток, 06-11 сентября 2015. с. 503-507.

2 Норкулов Д.Н. Экономические, социальные и экологические последствия разработки техногенных месторождений // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Москва, 05-07 апреля 2017 года.

3 Санакулов К.С., Шеметов П.А. Ресурсосберегающие технологии переработки минерального сырья техногенного происхождения. // Горный вестник Узбекистана, июнь 2009 г. с. 21-26.

4 Материалы II международной научно-практической конференции Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений», г. Екатеринбург, 2-4 декабря, 2015 г

5 Сытенков В.Н., Наимова Р.Ш. Разработка принципов, приемов и критериев оценки рационального использования техногенных ресурсов. // Горный вестник Узбекистана, №2 2010 г. с. 26-29.

6 Отчёт о научно-исследовательской работе «Выявление и отработка техногенных и останцовых руд на месторождении «Акдала» участок Ближний». ЭТАП 1. Разработка методики оценки, выявления и отработки техногенных и останцовых руд на месторождении «Акдала» участок «Ближний» (окончательный)». ТОО «ЭлитСтройПроектКС» по Договору 363-16 (13/ЭСП-16) от 14.09.2016 г. Алматы, 2016 год.

7 Отчет о результатах детальной разведки уранового месторождения Акдала за период 1982-2003, с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2003 по контракту 647 от 28.03.2001, АО Волковгеология, Алматы, 2003

8 Кожаметов С.К., Поезжаев И.П. и др. Исследование законтурного закисления / выщелачивания методами моделирования гидродинамики и массопереноса. //Актуальные проблемы урановой промышленности, VII МНПК. Алматы, 2014, с. 161-174.

9 Носков М.Д., Теровская Т.С., Кеслер А.Г., Бабкин А.С. Влияние добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания на экологическое состояние подземных вод // Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». Федеральное государственное унитарное предприятие «Издательство Дальнаука». Владивосток, 06-11 сентября 2015 г. с. 499-502.

10 Усманова Т.В., Рихванов Л.П. Отходы предприятий ядерно-топливного комплекса как техногенные месторождения // Вестник Томского

государственного университета. Сер. Науки о Земле. - 2003. - № 3 (V). - с. 223-224.

11 Усманова Т.В. Минеральные ресурсы юга центральной сибирей: причины формирования, классификация и воздействие на компоненты природной среды. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск-2014.

12 Крайнов Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологические аспекты // Рос. акад. наук, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского; отв.ред. Н. П. Лаверов. М.: Наука, 2004. 676 с.

13 Язиков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы: ТОО «Fortess», 2005.-394 с

14 Калабин А.И. Добыча полезного ископаемого выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М.: Атомиздат, 1981.-145 с

15 Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: Недра, 1983.

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

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