

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

Тулеев Нурбол Кендебаевич

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
На соискание академической степени магистра

Название диссертации

«Геолого-технологические  
особенности руд участка Западный  
Мынкудук и их влияние на добычу»  
6М070600 «Геология и разведка  
урановых месторождений/геохимия»

Направление подготовки

Научный руководитель

Ведущий геолог

ТОО «Два Кей»,

канд.г.-м.н.

Сиз В.Ю. Селезнева

«10» 12 2019 г.

Рецензент

Ведущий геофизик

ТОО «НИЦ «Геокен»,

Сиз Н.З. Саманбетов

«10» 12 2019 г.

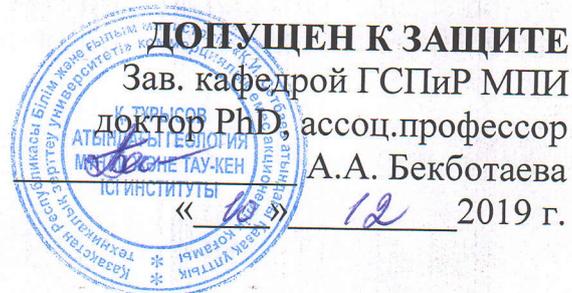
Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук,

лектор

Сиз С.К. Асубаева

«09» 12 2019 г.



Алматы 2019

Алматы 2019  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки МПИ

6М070600 - «Геология и разведка месторождений полезных  
ископаемых»



**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ  
доктор PhD, асоц. профессор  
А.А. Бекботаева

12 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Абенову Уланбеку Шахмаевичу*

Тема магистерской диссертации *«Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения АО СП Заречное»*

Утверждена приказом по университету № 1193-м от "29" октября 2018г

Срок сдачи законченной работы «\_30\_» \_\_11\_\_ 2019 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание

а) *Геологические особенности уранового оруденения месторождения Заречное*

б) *Эффективность применения геофизического метода (КНД) Каротаж нейтронов деления.*

Рекомендуемая основная литература:

1. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Алматы, «Гылым», 1997;

2. Рогов Е.И. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.

3. Язиков В.Г. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с

4. Комплексы подземного выщелачивания. Под редакцией Кедровского О.Л. М., Недра, 1992;

5. «Рабочий проект на промышленную добычу урана на месторождений Заречное на 2010-2016г.», разработчик ТОО «Два Кей», г. Алматы, 2009 г.

6. Контракт на проведение разведки и добычи урана на месторождений Заречное, расположенном в ЮКО РК, рег. № 1797 от 8 июля 2005 года, согласован Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК.

## ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Аналитический обзор		
Экспериментальная часть		
Заключение		

### Подписи

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

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	В.Ю. Селезнева, канд.г.-м.н., ведущий геолог ТОО «Два Кей»	01.11.19	Селф-
Аналитический обзор		10.11.19	Селф-
Экспериментальная часть		15.11.19	Селф-
Заключение		09.12.19	Селф-
Нормо контролер	С.К.Асубаева, канд. геол.-минерал.наук, лектор	09.12.19г.	

Научный руководитель Селф- В.Ю. Селезнева

Задание принял к исполнению Селф- У.Ш. Абенов

Дата « 10 » 12 2019г.

### Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	Научный руководитель Ведущий геолог компании ТОО «Два Кей» В.Ю. Селезнева	01.11.2019	<i>Сур-</i>
Общие сведения района		05.11.2019	<i>Сур-</i>
Геологическая характеристика района		10.11.2019	<i>Сур-</i>
Рудоносность месторождения Заречное		15.11.2019	<i>Сур-</i>
Вещественный состав и литологические типы руд		18.11.2019	<i>Сур-</i>
Заключение		26.11.2019	<i>Сур-</i>
Нормоконтролер	Канд. геол.- минерал. наук, лектор С.К. Асубаева	09.12.2019	<i>Сур-</i>

Научный руководитель *Сур-* /В.Ю.Селезнева/  
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант *У.Ш.Абенов* /У.Ш.Абенов /  
(подпись)

Дата « 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

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Абенов Уланбек Шахмаевич

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание академической степени магистра

Название диссертации	«Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения АО СП Заречное»
Направление подготовки	6М070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Научный руководитель  
Ведущий геолог  
ТОО «Два Кей»,  
канд.г.-м.н.

\_\_\_\_\_ В.Ю. Селезнева  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Рецензент  
Ведущий геофизик  
ТОО «НПЦ «Геокен»,  
\_\_\_\_\_ Н.З. Саманбетов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

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

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Зав. кафедрой ГСПиРМПИ  
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 имени К.Турысова

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки МПИ

6M070600 - «Геология и разведка месторождений полезных  
ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор

А.А. Бекботаева

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Абенову Уланбеку Шахмаевичу*

Тема магистерской диссертации *«Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения АО СП Заречное»*

Утверждена приказом по университету № 1193-м от "29" октября 2018г

Срок сдачи законченной работы «\_30\_» \_\_11\_\_ 2019 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание

*а) Геологические особенности уранового оруденения месторождения Заречное*

*б) Эффективность применения геофизического метода (КНД) Каротаж нейтронов деления.*

Рекомендуемая основная литература:

1. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Алматы, «Гылым», 1997;

2. Рогов Е.И. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.

3. Язиков В.Г. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с

4. Комплексы подземного выщелачивания. Под редакцией Кедровского О.Л. М., Недра, 1992;

5. «Рабочий проект на промышленную добычу урана на месторождений Заречное на 2010-2016г.», разработчик ТОО «Два Кей», г. Алматы, 2009 г.

6. Контракт на проведение разведки и добычи урана на месторождений Заречное, расположенном в ЮКО РК, рег. № 1797 от 8 июля 2005 года, согласован Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК.

## ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

<b>Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов</b>	<b>Сроки предоставления научному руководителю и консультантам</b>	<b>Примечание</b>
Введение		
Аналитический обзор		
Экспериментальная часть		
Заключение		

### Подписи

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

<b>Наименование раздела</b>	<b>Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)</b>	<b>Дата подписания</b>	<b>Подпись</b>
Введение	В.Ю. Селезнева, канд.г.-м.н., ведущий геолог ТОО «Два Кей»		
Аналитический обзор			
Экспериментальная часть			
Заключение			
Нормо контролер	С.К.Асубаева, канд. геол.-минерал.наук, лектор		

Научный руководитель \_\_\_\_\_ В.Ю. Селезнева

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ У.Ш. Абенов

Дата « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

## Подписи

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

Раздел	Консультант (уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Введение	Научный руководитель Ведущий геолог компании ТОО «Два Кей» В.Ю. Селезнева	01.11.2019	
Общие сведения района		05.11.2019	
Геологическая характеристика района		10.11.2019	
Рудоносность месторождения Заречное		15.11.2019	
Вещественный состав и литологические типы руд		18.11.2019	
Заключение		26.11.2019	
Нормоконтролер	Канд. геол.- минерал. наук, лектор С.К. Асубаева	09.12.2019	

Научный руководитель \_\_\_\_\_ /В.Ю.Селезнева/  
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ /У.Ш.Абенов /  
(подпись)

Дата « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## АННОТАЦИЯ

На месторождении Заречное, как и на других месторождениях инфильтрационного типа, селен-урановое оруденение во всех случаях в плане и разрезе контролируется областью выклинивания зоны пластового окисления. Следовательно, условия локализации оруденения, морфология рудных залежей и их линейные параметры определяются характером развития и выклинивания зоны пластового окисления. В свою очередь, этот характер определяется строением и литологическим составом разреза рудовмещающих отложений.

По содержанию урана руды месторождения Заречное в основном бедные и рядовые. По гранулометрическому составу они относятся к мелкозернистым, реже среднезернистым пескам с незначительной примесью тонкозернистого, алевролитового и глинистого материала.

## АҢДАТПА

Заречное кенорнында да басқа инфильтрациялық типті кенорындарындағыдай селен-уранды кендену барлық жағдайда да планда және қимада қабаттық тотығу белдемінің сүйірлену аймағымен бақыланады. Сондықтан кен шоғырлану жағдайы, кен денелерінің морфологиясы және олардың сызықтық мөлшерлері қабаттық тотығу белдемінің сүйірлену аймағының даму ерекшеліктерімен анықталады. Өз кезегінде бұл ерекшеліктер кен сыйыстырушы түзілімдер қимасының құрлысы мен литологиялық құрамымен анықталады.

Заречное уран кенорнындағы кендер уранның мөлшері бойынша негізінен кедей және орташаға жатады. Ал гранулометриялық құрамы бойынша олар ұсақ түйірлі, сирек құрамында аз мөлшерде өте ұсақ түйірлі алевролитті және сазды қоспалары бар орта түйірлі құмдарға жатады.

## ANNOTATION

At the Zarechnoye deposit, as well as at other deposits of the infiltration type, selenium-uranium mineralization in all cases, in plan and section, is controlled by the area of pinching out of the formation oxidation zone. Consequently, the localization conditions of mineralization, the morphology of ore deposits and their linear parameters are determined by the nature of the development and pinching of the formation oxidation zone. In turn, this character is determined by the structure and lithological composition of the section of ore-bearing deposits.

The uranium content of the Zarechnoye deposit is mostly poor and ordinary. By granulometric composition, they belong to fine-grained, rarely medium-grained sands with an insignificant admixture of fine-grained, siltstone and clay material.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1 Географо-экономическая характеристика и геолого-геофизическая изученность района месторождения	13
1.1 Географо-экономическая характеристика района	13
1.2 Геолого-геофизическая изученность района	14
2. Геологическое строение месторождения Заречное	17
2.1 Стратиграфия	17
2.1.1 Домезозойские образования	17
2.1.2. Мезозойские отложения	18
2.1.2.1. Юрская система	
2.1.2.2. Меловая система	
2.1.3. Кайнозойские отложения	23
2.1.3.1. Палеогеновая система	
2.1.3.2. Неогеновая система	
2.1.3.3. Четвертичная система	
2.2. Геологическая позиция месторождения и структурные условия	25
2.3. История геологического развития в мезокайнозойское время	30
3 Рудоносность месторождения Заречное	34
3.1. Минералого-геохимическая характеристика и эпигенетические изменения рудовмещающих отложений	34
3.2. Условия развития зоны пластового окисления и локализации уранового оруденения. Морфология рудных залежей	41
3.3. Характеристика рудных залежей	44
3.4. Вещественный состав и литологические типы руд	47
3.4.1. Урановые руды	47
3.4.2. Селеновые руды	52
4 Геофизические работы	55
4.1 Метод каротажа мгновенных нейтронов деления	55
Заключение	59
Список использованной литературы	60

## СОКРАЩЕНИЕ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

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;  
 $V_{\phi}$  – скорость фильтрации;  
 $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации;  
ЗПО – зона пластового окисления;

## ВВЕДЕНИЕ

Месторождение Заречное входит в группу месторождений Карактауского урановорудного района Сырдарьинской урановорудной провинции, основной структурной единицей которой является Сырдарьинская депрессия – один из элементов Каратауского артезианского бассейна. Восточный борт депрессии осложнен Байркумским прогибом и горст–антиклинальным поднятием Карактау, в северо-западном обрамлении которого расположено месторождение Заречное.

Урановое оруденение локализовано в отложениях верхнего мела, выходящих на дневную поверхность в сводовой части и в обрамлении поднятия, в структурном плане представляющих собой пологую моноклираль, погружающуюся в северо–западном направлении под углом 2–5°. В этом же направлении возрастает глубина залегания рудовмещающих отложений: от 250м - на восточном фланге месторождения и до 600 и более метров - на западном и северо–западном.

Здесь наблюдается не только значительный рост содержаний урана в поровых растворах пластово – окисленных пород по направлению от подзоны полного окисления к геохимическому барьеру, но и существенное снижение его концентраций (в 3 раза) в окисленных породах по сравнению с неизменёнными первично – сероцветными породами. Всё это наглядно свидетельствует о переходе урана при пластово – окислительном процессе из вмещающих пород в поровые растворы, переносе и концентрации его на геохимическом барьере.

Основным и единственным рудоформирующим процессом на месторождении Заречное установлена зона пластового окисления. Селеновое и урановое оруденение генетически с ней связано и контролируется областью ее выклинивания в сероцветных диагенетически восстановленных отложениях. Селеновая и урановая рудные зоны являются закономерными составными элементами эпигенетической геохимической зональности окислительного ряда, формирующейся на окислительно-восстановительном барьере.

**Целью работы** является изучение геологических особенностей уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение на месторождения Заречное.

### **Задачи:**

– изучить и дать анализ геологическим особенностям уранового оруденения;

– вопросы внедрения КНД-м — прогрессивного метода изучения руд пластово-инфильтрационных месторождений урана;

Предметом исследования является пластово-инфильтрационные месторождения урана «Заречное».

**Личный вклад автора.** Анализ геологических особенностей уранового оруденение на месторождение Заречное, сбор статистических данных, обработка данных и подведение результатов с выводами.

# 1 ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

## 1.1 Географо-экономическая характеристика района

Месторождение Заречное расположено на территории Отрарского района Туркестанской области, на левобережье реки Сырдарья, в северном обрамлении горст-антиклинального поднятия Карактау.

Больших населенных пунктов в районе месторождения нет. Ближайший аул – центральная усадьба совхоза Шаульдер находится в 50 км к востоку от месторождения на левом берегу р. Сырдарья. На территории месторождения расположены две электрифицированные фермы – Табакбулак и Жосалы, с отводом 10 кВ от ЛЭП–220, проходящей по левобережью р. Сырдарья в направлении Арысь-Туркестан. По левому же берегу реки Сырдарья, в 50 км от месторождения, проходит асфальтированное шоссе, от которого, в районе колодца Божбан, проложена насыпная дорога с улучшенным покрытием, идущая до фермы Табакбулак и до центральной части месторождения.

В районе п.Коксарай через р.Сырдарья имеется автомобильный, железобетонный мост, такой же мост расположен южнее, в районе п.Байркум, в 55км от железнодорожной станции Арысь.

Ближайшая железнодорожная станция Тимур находится на правом берегу реки Сырдарья, в 90км от месторождения Заречное. Сообщение – автомобильное по асфальту – 40км и 50км – по дороге с гудронным покрытием. Поверхность площади месторождения представляет собой плоскую, слабонаклонную в северном направлении аллювиальную равнину, покрытую на 50% ячеистыми и грядовыми барханными песками, с высотой гряд от 2 до 10м, в связи с чем передвижение по площади возможно лишь транспортом повышенной проходимости.

Самые высшие точки высот измеряются в интервале +200 – +190м над уровнем моря. Постоянные поверхностные водотоки и водоемы на площади месторождения отсутствуют. Артезианские пресные воды верхнесенонского водоносного комплекса могут быть использованы как источник питьевого и технического водоснабжения, а также для поливного земледелия и животноводства.

Наиболее хорошо территория района изучена в отношении урана и его спутников.

Кроме месторождения Заречное, в обрамлении поднятия Карактау известны и с различной степенью детальности изучены:

на юго–востоке - уран–ванадиевое месторождение Жауткан (поисково–оценочная стадия), рудопроявление урана Южное (мелкомасштабные оценочные работы);

на северо-востоке от поднятия – месторождение урана и ППК Асарчик (закончена оценочная стадия);

к югу, юго-западу (в опущенном блоке) – урановое месторождение Южное Заречное (поисково–оценочные работы).

Все эти объекты в совокупности создают фундамент минерально–сырьевой базы района с ориентацией на добычу урана способом подземного выщелачивания.

## 1.2 Геолого-геофизическая изученность района

Восточные Кызылкумы левобережья р. Сырдарья, где располагается месторождение Заречное, в связи с большой закрытостью территории, относительной труднодоступностью и отсутствием значительных запасов полезных ископаемых характеризуется относительно слабой изученностью.

Первые геологические съемки района поднятия Карактау и соседней возвышенности Торткудук-Нурасы проводились в 1939 году Маркеловым Г.М. и Иванициным М.М., впервые описавшими разрез меловых отложений этих структур [1] (том1). Последующие геологические съемки Восточных Кызылкумов относятся к 1956 году в связи с началом планомерных исследований нефтегазоносности района. К этому периоду относятся геологические съемки Карактаусского поднятия масштаба 1:200 000, а несколько позже и 1:50 000, проведенные Ситниковым В.И. В основу стратиграфического расчленения мелового разреза была положена схема Иваницина М.М., относившего красноцветные отложения ядра Карактаусского поднятия к сеноманскому горизонту.

В период поисковых работ на нефть и газ, проведенных в 1960 году Южно-Казахстанской нефтеразведочной экспедицией, одна из скважин №15с глубиной 1200 м, с выходом керна до 65 %, пройдена на Карактаусском поднятии. Скважина на глубине 1165 м вскрыла сероцветные отложения юрского возраста, в целом же был получен ценный материал для литолого-стратиграфического расчленения мелового разреза [2].

В 1961-62 гг. Южно-Казахстанским геологическим управлением (Быкадоров В.А.) [1] было проведена геологическая съемка масштаба 1:200 000 непосредственно района поднятия Карактау – лист К-42-ХIV.

Гидрогеологическое изучение мезокайнозойского обрамления хр. Карактау и Восточных Кызылкумов началось в 50-е годы. В период 1956-59 гг. Теуш Р.Н., Островским А.А. и другие в центральной части Восточных Кызылкумов было проведена комплексная геолого-гидрогеологическая съемка масштаба 1:500 000. Силами Казахского гидрогеологического треста были подготовлены гидрогеологические карты масштаба 1:500 000 для листов J-42-В; К-42-А и К-42-Б, а также было сделано описание условий формирования и динамики подземных вод региона. Результаты этих работ до настоящего времени содержат ценные сведения о стратиграфии, геоморфологии и гидрогеологии Восточных Кызылкумов [1].

Планомерные геофизические исследования в Сырдарьинской впадине и Восточных Кызылкумах начались в 1960 году силами

Турланской геофизической экспедиции Казахского геофизического треста в связи с геологическими съемками масштаба 1:200 000 и изучения структур, перспективных на обнаружение нефтегазоносных проявлений. В районе поднятия Карактау в 1960-61 гг. проведена площадная гравиметрическая съемка масштаба 1:200 000 и сейсморазведка методом КМПВ масштаба 1:500 000 и МОВ масштаба 1:50 000 (Кунин Н.И., Смелянец А.П., Семин Ю.А. и др.) [1]. В дальнейшем работы по структурной геофизике на левобережье р. Сыр-Дарьи проводились с целью более детального изучения перспективных структур – до 1969 года включительно. Обширный материал, полученный в результате гравиметрических и сейсморазведочных работ за эти годы, позволил построить структурные карты изогипс для опорного горизонта «В» - кровля гипсов дат-палеоцена и кровли палеозойского фундамента в масштабе 1:500 000 по Средне-Сырдарьинской впадине в целом (Кунин Н.Я.) для листов съемки масштаба 1:200 000 и более детальные – 1:100 000 и 1:50 000 по отдельным структурам.

В 1965 году силами геофизической партии №65 Краснохолмской экспедиции (Русецкий В.Б.) на западном и южном обрамлении поднятия Карактау в небольшом объеме были проведены сейсморазведочные работы, позволившие уточнить характер погружения меловых отложений.

Изучение перспектив ураноносности Сырдарьинской впадины проводится с начала 50-х годов разными исследователями и организациями как по линии массовых поисков, так и по линии специальных тематических и поисковых работ с бурением (Краснохолмская и Волковская экспедиции, ВСЕГЕИ, ВИМС) [2].

Далее, в результате обширных тематических исследований Центральной геологической партии Краснохолмской экспедиции (Трушкин Н.А.) и группы ВСЕГЕИ под руководством Грушевого Г.В., проведенных в период с 1962 по 1965 гг., было рекомендовано несколько площадей под поиски промышленного уранового оруденения. В частности, рекомендовалась Восточно-Кызылкумская площадь с развитием области выклинивания кислородных урансодержащих вод,двигающихся с хр. Каратау и предгорий Тянь-Шаня. В эту площадь входил и район поднятия Каратау.

Предварительная оценка перспектив ураноносности этого района бурением в масштабе 1:200 000 проводилась в 1966 году Карактауской партией №47 Краснохолмской экспедиции (Эммануилов Е.А.) [1]. В результате этих работ заслуживающих внимание аномалий и рудопроявлений выявлено не было. Несмотря на редкую сеть скважин, несоизмеримую, как выяснилось впоследствии, с линейными размерами уранового оруденения, а главным образом из-за больших по тому времени глубин залегания перспективных отложений верхнего сенона – более 500 м, площадь была оценена отрицательно, хотя и было высказано предположение о перспективности сопредельных площадей.

В последующие годы работы по оценке перспектив ураноносности мезокайнозойских отложений региона проводились силами Центральной геологической партии №3 Краснохолмской экспедиции (Тараборин Г.В., Демина Г.И. – 1977 г.; Гольдштейн Р.И., Натальченко Б.И. и др. – 1979 г.), ВСЕГЕИ – 1970 г. (Шор Г.И.), ВИМСа – 1973 г. (Головин В.П.), а также производственными партиями Краснохолмской экспедиции (Шитов В. Л., Эммануилов Е.А., Загоскин В.А., Конкин В.А. и др.) [8]. Все эти исследования позволили по-новому подойти к оценке перспектив ураноносности региона в целом и Карактауской площади в частности.

В 1977 году Геологоразведочной партией №81 Краснохолмской экспедиции были возобновлены поисковые работы на Карактауской площади и в октябре этого же года, в процессе бурения масштаба 1:100 000 было выявлено месторождение Заречное.

В последующие годы, в результате поисковых работ бурением масштаба 1:200 000 – 1:100 000 в отложениях верхнего сена были выявлены урановые рудопроявления Жауткан и Южное (1982г.), Асарчик и Южное Заречное (1984 г.) [1].

Начиная с 1978 года все тематические прогнозно-геологические и поисковые работы в районе деятельности партии №81 сопровождались и предварялись структурными геофизическими исследованиями: сейсморазведка МОВ, электроразведка ВЭЗ, гравиразведка и автомагнитная съемка, выполнявшимися Геофизической партией №65 Краснохолмского ПГО (Ибрагимов В.Г., Сухов Г.А., Макаров Л.В., Заленский Л.В.) [2]. Работы проводились, в основном, в масштабе 1:100 000 с целью уточнения глубины залегания перспективных отложений и изучения структурного плана площадей, готовящихся к опосредованному поиску. В 1978-79 гг. в не большом объеме были проведены комплекс геофизических работ был проведен собственно на месторождении Заречное с целью уточнения его структурных особенностей.

Параллельно со структурно-геофизическим изучением района в 1978-81 гг. на месторождении Заречное и Южно-Карактаусской площади силами ЦГЭ №3 (Превозчиков Г.В., Чешейко А.М.) [1] было проведено опытно-производственные атмогеохимические исследования, которые подтвердили эффективность использования метода на стадии прогнозно-геологических работ и мелкомасштабной оценки перспективных площадей.

## **2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАРЕЧНОЕ**

Геологическое строение месторождения Заречное определяется его положением в южной части Сырдарьинской депрессии, сложно-построенной артезианской структуры в суборогенной зоне, примыкающей в Тяньшаньской эпиплатформенной орогенной области. В строении района месторождения принимают участие две структурных этажа: 1) сложнодислоцированные образования домезозойского фундамента (нижний) и 2) слаболитифицированные отложения мезокайнозойского осадочного покрова (верхний), включающего структурно-формационные комплексы чехла молодой платформы (мел-палеогеновый) и эпиплатформенной орогенной области (неогеново-четвертичный). В основании чехла платформы в приразломных прогибах распространены юрские отложения.

Породы домезозойского фундамента в районе месторождения не имеют выходов на дневную поверхность и залегают на глубинах свыше 1,3 км. Выходы мела и палеогена приурочены к сводовой части расположенного к югу от месторождения горст-антиклинального поднятия Карактау. Весь район месторождения перекрыт комплексом осадков неоген-четвертичного возраста мощностью от первых десятков до 220 м.

### **2.1 Стратиграфия**

Все материалы о стратиграфии месторождения Заречное приводятся по результатам обобщения фондовых материалов, главным образом, по данным государственных геологических съемок масштаба 1:200000 (В.А. Быкадоров, О.А. Федоренко) /1ф/ с уточнениями и дополнениями по работам ЦГЭ №3, ГРЭ № 23, и ГРП №81 Краснохолмского ПГО (Г.В. Тараборин – 1975, Р.И. Гольдштейн, В.П. Купченко, В.Л. Шитов, В.А. Загоскин)[2].

Отложения, не являющиеся объектом изучения и не вскрывавшиеся скважинами в процессе поисковых и разведочных работ на месторождении, в настоящем отчете описаны в краткой форме. Перспективные и рудовмещающие отложения верхнего сенона характеризуются более детально.

#### **2.1.1 Домезозойские образования**

Состав домезозойского фундамента в районе месторождения Заречное в связи с большими глубинами залегания изучена крайне слабо и неясен. С учетом сведений по прилегающим районам, где эти образования слагают холмистые сооружения или вскрыты глубокими структурными скважинами, он представлен метаморфизованными, преимущественно осадочными породами и карбонатными осадками среднего и верхнего палеозоя (силур-

карбон), прорванными серией верхнепалеозойских интрузий гранитоидного состава.

## 2.1.2. Мезозойские отложения

В районе поднятия Карактау отложения мезозоя общей мощностью более 1 км представлены осадками юры и мела. Продукты триасовой коры выветривания, отмечающиеся в прилегающих районах, в рассматриваемом неизвестны и разрез мезозоя начинается с юры.

### 2.1.2.1. Юрская система – J

Отложения юры вскрыты в купольной части поднятия Карактау структурной скважиной № 15с в интервале глубин 1100-1163 м (не полная мощность). Они представлены темно-серой некарбонатной горизонтально-слоистой пачкой пород озерного происхождения. Это тонкое переслаивание мелкозернистых глинистых песчаников, алевролитов и алевролитовых глин, содержащих многочисленные обуглероженные обрывки растений.

Углы падения пород составляют  $26^{\circ}$ , в то время как вышележащих меловых отложений не превышает  $4 - 6^{\circ}$ [1].

В рассматриваемых отложениях выделен небогатый споро-пыльцевой комплекс, характерный для верхнеюрских отложений того же литологического состава хребта Каратау.

### 2.1.2.2. Меловая система – K

Меловые отложения представлены нижним и верхним отделами.

Нижний мел –  $K_1$

Неоком-аптский ярусы нерасчлененные –  $K_1$  (пс-ар)

На юрских отложениях с угловым несогласием залегает толща красноцветных алевролитов с прослоями песчаников и линзами песчанистых алевролитов. Эти отложения в свою очередь с постепенным переходом перекрываются сильно известковыми алевролитами и мергелями альбского возраста. В красноцветных алевролитах и песчаниках отмечается тонкая косяя слоистость. Возраст толщи как неоком-аптский ограничивается по результатам определения найденных в ней остракод. Для минералогического состава неоком-аптских отложений характерно преобладание полевых шпатов над кварцем или равное их количество.

Альбский ярус –  $K_{1al}$

По литологическому составу альбские отложения снизу-вверх подразделяются на три пачки: известково-мергелистую (78 м), глинисто-алевролитовую карбонатную (41 м) и алеврито-песчано-глинистую некарбонатную (125 м). В нижней пачке преобладают темные, серовато-фиолетовые и красноватые окраски пород. Известняки местами изобилуют раковинами остракод. Отмечается обугленный растительный детрит. Средняя пачка характеризуется преобладанием пестроцветных алевролитов и глин (до 60%) с прослоями темно-серых и серых глин, реже известняков. Темно-серые глины тонкодисперсные, мало песчанистые, интенсивно известковистые с многочисленным обуглероженным растительным детритом, отмечаются раковины пресноводных остракод и морских трилобитов. Эта пачка дала сравнительно богатый палеонтологический материал. Альбский возраст отложений подтверждается многообразным спорово-пыльцевым комплексом.

Завершается разрез альба алеврито-песчано-глинистой пачкой, характеризующейся интенсивным ожелезнением и красными, вишневыми и коричневыми окрасками пород. Из включений отмечается растительный детрит и редко обломки раковин остракод.

Для минералогического состава альбских отложений характерно резкое преобладание кварца над полевыми шпатами. Общая мощность отложений составляет 254 м (по скв. №18)

#### Верхний мел – К<sub>2</sub>

Отложения верхнего мела выходят на дневную поверхность в сводовой части поднятия Карактау.

#### Сеноманский ярус – К<sub>2с</sub>

В предгорных районах отложения сеномана с размывом перекрывают разные горизонты нижнего мела, залегая так же на породах палеозойского фундамента. В Арысской впадине и Восточных Кызылкумах разрез сеномана представляет собой переслаивание равнинно-руслowych, существенно красноцветных песчаников, гравелитов и пойменных алевролитов с углистой органикой.

По скважине №15с нижняя граница сеномана проведена условно по появлению в разрезе первого прослоя конгломератов и известковых пород, а также по ряду минералогических признаков. Верхняя граница фиксируется четко по смене красноцветного сеномана сероцветными морскими песчаниками и глинами нижнего турона. Мощность сеноманских отложений по скв. №15с составляет 162 м.

Важным признаком сеноманских отложений является их повышенная карбонатность. Верхи разреза альба и низы турона практически не содержат карбонатов. Органическими остатками сеноман беден. Встречаются редкие обуглероженные остатки растений, плохой сохранности створки пелеципод и остракод, осгонии харовых водорослей.

Туронский ярус –  $K_2t$

Отложения турона делятся на подъярусы нижнего и верхнего турона.

Нижний турон –  $K_2t_1$

Отложения нижнего турона, вскрытые скважиной №25, представлены толщей темносерых и зеленоватосерых морских глин с прослоями мелкозернистых песчаников общей мощностью 103 м. Возраст толщи установлен по сопоставлению с соседними районами ( Кызылкумы, Чули), где в них установлен богатый устричный комплекс, по находкам фораминифер и споро-пыльцевому комплексу.

Верхний турон –  $K_2t_2$

Осадки этого возраста выделяются условно по стратиграфическому положению между фаунистически охарактеризованными отложениями нижнего турона и континентальными отложениями, содержащими нижнесенонскую фауну (за пределами Карактауской площади). В Восточных Кызылкумах отложения верхнего турона выделяются своей коричневоцветной окраской. Литологически они сложены равнинно-озерными алевролитами, переслаивающимися с русловыми песками. В этой толще органических остатков кроме харовых водорослей не обнаружено. Мощность верхнего турона в районе месторождения около 150 м.

Сенонский надъярус –  $K_2sn$

Сенонская толща путем региональных биоритмостратиграфических построений (Г.В. Тараборин, Т.Я. Дёмина – 1975) [2] подразделена на три ритма первого порядка, поддающихся корреляции на всей территории Сырдарьинской впадины. В ритмах первого порядка выделяется до 6-ти и более ритмов высших порядков, обычно трудно между собой увязывающихся. Нижний слои первого порядка коррелируется с отложениями коньяка, средний – сантона, верхний – кампана и маастрихта.

Коньякский ярус –  $K_2cn$

Отложения коньяка на подстилающих осадках турона залегают с размывом. Они накапливались в условиях аллювиально-озерной равнины. В Восточных Кызылкумах разрез коньяка сложен преимущественно красноцветными алевролитами, песчаниками и песками общей мощностью в районе поднятия Карактау около 92 м.

## Сантонский ярус – K<sub>2</sub>s

Палеогеографическая обстановка в сантоне остается аналогичной предыдущему веку. Разрез сантона сложен гравийно-песчаными и алевритовыми осадками, с размывом перекрывающие толщ коньяка, имеют те же текстурные и структурные признаки. Окраска их красная, малиновая, кирпично-красная. Мощность отложений сантона – 120 м. Рудовмещающей является преимущественно сероцветная пачка пород в верхней части разреза, залегающая между континентальных красноцветов нижнего сантона и подводно-надводно-дельтовых осадков кампана.

Отложения пачки представлены русловыми песками с подчиненным количеством пойменных и озерно-болотных алевролитов суммарной мощностью около 40м. Пески крупно-мелкозернистые с малым количеством глинисто-алевритистой фракции, слоистые, редко косо - и горизонтальнослоистые. Количество органики в песках достигает первых долей процента, карбонатность 0,3–0,5%, достигая первых процентов в прослоях, обогащенных гороховидными карбонатными отложениями. Мелкоземы – озерно-болотные и пойменные алевролиты, тонкозернистые песчаники внутри горизонта не выдержаны по мощности и по простиранию, зачастую линзуются. Наиболее выдержан как в плане, так и в разрезе кровельный водоупор сантонского горизонта, проявленный практически на всей площади месторождения, при мощности от первых метров до 13 и более. Лишь в южной части площади отмечается фациальное замещение мелкоземов в кровле сантона тонкозернистыми песками.

Отложения кампана и мастрихта широкой полосой выходят на поверхность по периферии Карактауского поднятия, залегая несогласно на подстилающих красноцветах сантона. Стратиграфическое расчленение этих осадков вызывает большие затруднения. В районе месторождения Заречный эти отложения отчетливо подразделяются на две пачки: нижнюю – глинисто-песчаную и верхнюю – глинисто-карбонатную. Нижняя пачка общей мощностью от 130 м до 180 м представляет собой единый трансгрессивный ритм осадков: от надводно-дельтовых (на восточных флангах месторождения и в низах разреза) к подводно-дельтовым и прибрежно-морским (на западных флангах месторождения и в верхах разреза). Смещение береговой линии субмеридионального простирания в этот период происходило с севера на юг в условиях пологого побережья и внутреннего шельфа. Смена фациальных обстановок в плане весьма постепенная [1].

Глинисто-песчаная пачка по богатым палеологическим комплексам датируется как сенонская.

В верхней глинисто-карбонатной пачке определено большое количество пеллеципод, также и рудистов, указывающих на кампан-мастрихтский возраст отложений.

В результате изучения отложений верхнего сенона в процессе поисково-оценочных и разведочных работ на месторождении Заречный с

учетом данных сопоставлений разрезов по Сырдарьинской депрессии и мелко масштабных фациально-палеогеографических построений (Г.В. Тараборин – 1975, В.П. Купченко – 1980)[2] разрез нижней глинисто-песчаной пачки удалось подразделить на две, примерно равные по мощности, свиты, характеризующиеся существенными отличиями как в строении разреза, так и в литолого-фациальном его составе.

В нижней части верхней свиты в подавляющем большинстве случаев картируется тонкий базальный горизонт, содержащий глинистые окатыши, гравий кварца и кремнистых пород, обломки створок раковин, реже древесины и костей позвоночных. Этот высокоомный по электрическому сопротивлению горизонт и глинистая кровля нижней свиты мощностью до нескольких метров практически на всей площади месторождения коррелируется на графиках стандартного электрокаротажа характерными аномалиями [1].

### Кампанский ярус – $K_{2cp}$

Отложения кампанского яруса делятся на два ритма до 30 м. каждый и представлены сероцветными песками с относительно маломощными прослоями алевролитов и песчаников на глинисто-алевритовом цементе. Оба ритма трансгрессивного типа и, как правило, заканчиваются красноцветными пойменными и сероцветными озерно-болотными мелкозернистыми мощностью 0,5–5,0, до 10 и более метров. Промежуточные водоупорные слои, венчающие ритмы осадконакопления более высоких порядков, широким площадным распространением не пользуются. Для них характерна небольшая протяженность в плане (50–150 м) и малая, нестабильная мощность (0,2–0,5 м, реже 2–3 м). В разрезе каждого рудовмещающего подгоризонта (ритма) кампана водоупоры составляют в сумме от 10 до 20%, т.е. 3–6 м. Пески, слагающие разрез кампана, темные, мелкозернистые, неслоистые, горизонтально- и косослоистые, отлично сортированные, полевошпат-кварцевые, со слюдой и обрывками алевролитов и песчаников. Содержание растительной органики не превышает 2%, составляя в среднем 0,1% (в алевролитах – 0,5–0,8%), карбонатность в среднем – менее 2%, достигает первых процентов в песчаниках на карбонатном и смешанном цементе и в прослоях песков с гороховидными кальцит-доломитовыми стяжениями.

Содержание глинисто-алевритистой фракции в песках менее 20%.

### Маастрихтский ярус – $K_{2m}$

Отложения кампана с небольшим размывом, но согласно перекрываются подводно-дельтовыми, прибрежно-морскими осадками маастрихта. Разрез маастрихта отчетливо подразделяется на две пачки: нижнюю – песчано-глинистую (45–130 м) и верхнюю – глинисто-

карбонатную (10-15 м). Эти пачки условно отнесены соответственно к нижнему и верхнему отделам маастрихта.

Слойность в строении разреза маастрихта практически отсутствует. Очевидно, в более глубоководных условиях на достаточном удалении от побережья, стабильность трансгрессивного режима седиментации, отчетливо отобразившаяся в строении разреза кампана, в разрезе маастрихта не проявляется. Нижняя половина разреза нижнего маастрихта сложена в основном (до 90-95%) песками с маломощными прослоями алевролитов, глин и песчаников. Для песчаной части разреза маастрихта характерно довольно широкое развитие маломощных (первые десятки сантиметров) линз и простоев песчаников на карбонатном цементе.

Песчаники маастрихта средне- и мелкозернистые палеошпат-кварцевые, реже глауконитовые с зернами фосфоритов, неслоистые и горизонтально слоистые. Количество растительной органики и карбонатов имеет тот же порядок, что и в разрезе кампана.

Верхние части разреза нижнего маастрихта (15-40 м) сложены преимущественно отложениями переходной и иловой фациальных зон подводной дельты. Это серые алевролитистые глины и алевролиты (реже тонкозернистые песчаники) косослоистые и горизонтальнослоистые, обычно запесоченные глауконитовым песком.

Глинисто-карбонатная пачка, относящему верхнему маастрихту, сложена лагунными белыми, иногда меловидными, глинистыми известняками с маломощными линзами и прослоями серовато-красных мергелистых глин и мергелей.

Отложения маастрихта повсеместно без видимого несогласия перекрываются красноцветными алевролитистыми глина нижних частей разреза дат-палеоцена.

### **2.1.3. Кайнозойские отложения**

#### **2.1.3.1. Палеогеновая система – Р**

Палеогеновые отложения повсеместно распространены на районе месторождения и смыты в сводовой части поднятия Карактау. Подразделяются на палеоценовые и эоценовые.

#### **Датский ярус – палеоцен нерасчлененные – $K_2d - P_1$**

К отложениям этого возраста относится пачка сульфатно-карбонатно-глинистых, в большинстве темноцветных пород, представляющих фации озерно-лагунного типа. Они везде без видимого несогласия залегают на известняках верхнего маастрихта и перекрываются озерными осадками эоцена. Толща сложен красноцветными и сероцветными глинами, часто мергелистыми или интенсивно известняковыми, гипсами светлосерыми или с

бурокоричневым оттенком, с прослоями светло-серых иногда окварцованных известняков. Мощность пачки 35-60 м.

Эоцен –  $P_2$

Нижний эоцен –  $P_2^1$

Толща нижнего эоцена согласно залегают на дат-палеоценовых. Представлены глинами серыми и светлосерыми, алевролитистыми с редкими прослоями песчаников на карбонатном цементе. Нижнеэоценовый возраст толщи установлен по споро-пыльцевым комплексам и фораминиферами. Мощность – 15-20 м.

Средний эоцен –  $P_2^2$

Толщи этого возраста согласно залегают на нижеэоценовых и по литологическому составу делятся на две пачки: нижнюю – песчано-глинистую, и верхнюю – мергелистую. Встречаются слои, обогащенные кремнистыми и фосфоритовыми зернами и фосфатизированными костными остатками рыб и растений. Возраст толщи устанавливается определениями фораминифер и палинологических комплексов. Мощность толщи среднего эоцена на месторождении 25-45 м.

Верхний эоцен –  $P_2^1$

На мергелях среднего эоцена согласно залегает монотонная толща морских грязнозеленовато-серых алевролитистых глин. Возраст этих толщ доказываемся большим количеством определений пеллеципод, гастропод, фораминифер, диатомовых водорослей, спор и пыльцы. Мощность верхнего эоцена на месторождений измеряется в широких пределах в связи с различной величиной в различных блоках преднеогенового размыва. В районе месторождения она изменяется в интервале 80-260 м[2].

2.1.3.2. Неогеновая система – N

На морских глинах верхнего эоцена с глубоким размывом и угловым несогласием, залегает толща красносероватоцветных осадков неогена.

Миоцен –  $N_1$

Толщи нижнего миоцена представлены палево-бурыми и палево-красновато-коричневыми карбонатными глинистыми аргиллитами и песчаниками кварцевого состава с примесью кварцевого и кремнисто-сланцевого гравия. Для всех пород характерна высокая гипсоносность и

карбонатность. В нижних частях разреза отмечается маломощные слои серых глин с фауной фораминифер. Осадочные породы обычно граувакковые или полимиктовые с глинисто-карбонатно-гипсовым цементом.

Возраст рассматриваемых толщ подтверждается находками фораминифер, спор и пыльцы и отчасти пелеципод.

Эти толщи на месторождении развиты весьма широко. В районе Карактау и его обрамлении они смыты в предверхнеплиоценовое время. На площади месторождения отложения миоцена отмечаются лишь на его южном и западном флангах мощностью от 10 до 90 м.

### Плиоцен – четвертичные отложения – $N_2$ – Q

Нерасчлененный отложений осадков плиоцена и низов четвертичной системы с размывом и угловым несогласием залегает на толщах миоцена и палеогена. Это преимущественно пролювиальные мелкоземы (пески, песчаники с прослоями алргиллитов и конгломератов), представляющие собой продукты выравнивания и заполнения пологих обширных впадин предверхнеплиоценового рельефа. Окраски пород красные и серо-бурые.

Возраст этих толщ устанавливается довольно условно по редким находкам пресноводных фораминифер и литологическим признакам по сопоставлению с аналогичными аккумуляциями, широко развитыми в Кызылкумах. Мощность этих толщ на площади месторождения Заречное изменяется от 45 до 180 м[2].

### 2.1.3.3. Четвертичная система – Q

Нерасчлененные толщи четвертичного периода покрывает весь район месторождения. Они представлены двумя генетическими комплексами отложений: аллювиальным и пролювиальным. Подошва разреза (2-15 м) представлена равнинно-руслowymi фациями Палеосырдарьи. Это преимущество крупнозернистые косослоистые пески коричневого цвета с тонкими прослоями светлосерых глин и алевролитов.

Кровля разреза сложена рыхлыми, слабоизвестковистыми серовато-красными песками, лессовидными суглинками и современными эоловыми песками. Мощность 15-40 м.

## 2.2. Геологическая позиция месторождения и структурные условия

Месторождение Заречный входит в группу месторождений Карактауского урановорудного поле Сырдарьинской урановорудной провинции, основной структурной единицей которой является Сырдарьинская депрессия – один из элементов Каратауского артезианского

бассейна. Восточный борт депрессии осложнен Байркумским прогибом и горст-антиклинальным поднятием Карактау, в северо-восточной части которого расположено месторождение Заречный.

Урановое оруденение локализовано в толщах верхнего мела, выходящих на дневную поверхность в сводовой части поднятия, в структурном плане представляющих собой пологую моноклираль, погружающуюся в юго-восточном направлении под углом 3–6°. В этом же направлении возрастает глубина залегания рудовмещающих толщ: от 260 м - на восточном фланге месторождения и до 650 и более метров - на западном и юго-западном. На общем моноклиральном фоне прослеживаются две пересекающиеся системы пологопадающих нарушений западных и северо-восточных простираний.

Характер нарушений – сбросовый, с амплитудами вертикальных перемещений в десятки метров, наиболее отчетливо наблюдаются в сводовой части поднятия Карактау и его ближайшем обрамлении. При удалении от поднятия, с уменьшением мощности осадков мела и палеогена, нарушения модифицируются в неявные флексуроподобные структуры высших порядков, затухают и амплитуды перемещений. Непосредственно в районе месторождения бурением подтвержден Каржанбулакский разлом западного простирания, с вертикальной амплитудой смещения слоев до 65 м.

Породы, слагающие подрудную, рудовмещающую и надрудную части разреза, представлены слаболитифицированными отложениями мезозойско-кайнозойской эры. Оруденение, располагающееся в проницаемых осадочных отложениях, пространственно и морфологически связано с зоной пластового окисления, развивающейся в верхнесенонском водоносном комплексе от отрогов северного Тянь-Шаня к Аральскому морю в напорных условиях.

Модель пластово-инфильтрационного рудообразования, разработанная на основе изучения месторождений урана Центрально-Кызылкумской, Сырдарьинской и Шу-Сарысульской урановых провинций, заключается в следующем [1].

Инфильтрующиеся подземные воды, содержащие в растворённом виде атмосферный кислород и способные по пути продвижения выщелачивать уран из вмещающих пород, формируют в водоносных толщах артезианских бассейнов зоны пластового окисления, на замыкании которых в первично-черноцветных или эпигенетически-восстановленных породах формируется пластово-инфильтрационное урановое оруденение. По мере движения вод по проницаемым отложениям от областей питания к области разгрузки растворённый кислород расходуется на окисление органического вещества и минералов закисного железа, содержащихся в темноцветных породах. Непосредственно за границей выклинивания зон пластовой ожелезнений, при наличии в неокисленных породах органического вещества и острого дефицита свободного кислорода, развивается анаэробная сульфатредуцирующая микрофлора, обуславливающая образование газообразных восстановителей - метана, водорода и сероводорода. Это в

свою очередь приводит к снижению  $E_h$  пластовых вод до низких отрицательных значений и, как следствие, к переводу урана мигрировавшего в воде в виде уранил – карбонатных анионов в нерастворимую 4-х валентную форму, с образованием коффинит – настурановой минерализации [2].

Поступление новых ураноносных кислородсодержащих пластовых вод из областей питания приводит к разрушению тыловых частей формируемых рудных образований и наращиванию передовых, то есть происходит последовательное перемещение оруденения по направлению потока пластовых вод, с увеличением его масштабов.

Количество урана в руде находится в прямой зависимости от содержания его в рудоформирующих пластовых водах, длительности пластово – окислительного процесса и контрастности восстановительного геохимического барьера, водопроницаемости толщ и величины пьезометрического уклона водоносных пластов, состава пород. Контрастность восстановительного барьера определяется количеством углистого органического вещества во вмещающих породах или присутствием эффективных эпигенетических потенциал-понижителей, как термальные глубинные растворы, углеводороды, сероводород, водород, сульфиды железа.

В качестве источника урана при пластово-инфильтрационном рудообразовании рассматриваются как вмещающие породы водоносных толщ, так и породы областей питания, такие как углеродисто – кремнистые сланцы, магматические породы разного состава, обогащённые ураном и коры их выветривания, а также восходящие растворы глубинной циркуляции, с содержанием растворённого урана.

Исходя из предлагаемой модели рудообразования, на территории Сырдарьинской урановорудной провинции выделены зоны пластового окисления двух типов: региональные, более древние, начавшие развиваться в миоцене со стороны отрогов Тянь – Шаня, где фундамент был выведен на поверхность на раннем этапе тектонической активизации и которые сформировали большую часть месторождений, в том числе и Карактаускую группу (Заречное, Асарчик, Жауткан и др.) [2].

Местные зоны пластового окисления – более молодые, датируемые поздним плиоцен – антропогеном, формирование которых связано с водопитающей ролью Каратаусского хребта, к которым приурочены месторождения урана Чайн, Лунное, Кызылколь.

Все гидрогенные месторождения Казахстана, в их числе Заречный, сформированы кислородсодержащими пластовыми водами Сырдарьинского и Шу-Сарысуйского артезианских бассейнов в красноцветных проницаемых породах осадочного отложения. Для них характерна латеральная окислительная рудоконтролирующая эпигенетическая зональность, детально изученная – геологами, минералогами, гидрогеологами, геохимиками, микробиологами. В основу её выделения и расчленения положено поведение двух типоморфных элементов: железа, особенности геохимии которого

определяет смена окраски пород, и урана – легко устанавливаемого изменением радиоактивности пород.

В строении зональности по направлению движения рудоформирующих пластовых вод от области питания – к областям разгрузки выделяются зоны: пластового окисления, уранового оруденения, эпигенетически неизменных, безрудных по урану пород. Внутри каждой из зон выделяются следующие подзоны:

1 - подзона полного окисления, породы в которой находятся в физико – химическом равновесии с исходными кислородными пластовыми водами; минералы двухвалентного железа практически полностью замещены гидроксидами и оксидами группы лимонита или гематита, что обуславливает сплошную буровато – жёлтую, либо розоватую окраску пород различной интенсивности.

2 – подзона неполного окисления, где разрушению и замещению гидроксидами трёхвалентного железа подвергаются главным образом легко окисляемые минералы-дисульфиды и карбонаты и органические вещества. Трудноразлагаемые алюмосиликаты и гидроалюмосиликаты окислены лишь частично.

3 – подзона частичного окисления фиксирующаяся буровато – коричневой окраской, с практически неизменёнными первичными минералами. Окислены лишь дисульфиды и карбонаты 2-х валентного железа и мелкий углистый детрит. Гидроксиды 3-х валентного железа образуют здесь чёткие псевдоморфозы по зёрнам халькопирита, обуславливая пятнистость пород.

4 – подзона опережающего выноса урана без окисления железосодержащих компонентов – характеризуется темно-коричневой и светло-серой окраской песчаных пород. Дисульфиды и карбонаты 2-х валентного железа не имеют изменений, однако уран окислен и выщелочен, что фиксируется резким сдвигом радиоактивного равновесия в сторону избытка радия.

Ширина выделенных подзон варьирует в значительных пределах в зависимости от особенностей литологической среды и интенсивности пластово – окислительного процесса и составляет на месторождении Заречное от первых десятков – до первых сотен метров.

Зона 2 - уранового оруденения характеризуется последовательным убыванием концентраций урана от границы с пластово – окисленными породами в направлении серых неизменённых пород.

2.1 – подзона богатых упорных руд древнего возраста минералообразования, где породы имеют тёмно-серую окраску в связи с их пропиткой новообразованными оксидами 4-х валентного урана, преимущественно коффинита, в ассоциации с дисульфидами 2-х валентного железа.

2.2 – подзона бедных и убогих руд по цвету практически неотличима от исходных сероцветных пород и урановая минерализация среднего возраста,

представленная настуром и сорбированным ураном, устанавливается только с привлечением электронной микроскопии. Для обеих подзон (2.1 и 2.2) характерно смещение радиоактивного равновесия в сторону урана до 55 – 70 % и изотопное соотношение  $U-234/ U-238 > 1$ .

2.3 – подзона ореола рассеяния урана визуально не отличается от безрудных сероцветных пород, но содержание в ней урана превышает фоновые, а радиоактивное равновесие здесь вновь сдвигается в сторону избытка радия (в связи с явлением опережающей диффузии этого металла), хотя и не столь резко, как в передовой части зоны пластового окисления.

3 – зона первичных, эпигенетически неизменённых пород, с фоновыми содержаниями урана и радия, незатронутыми эпигенезом минералами железа.

Окислительно – восстановительный потенциал (Eh) пластовых вод закономерно снижается по мере расхода свободного кислорода от подзоны полного окисления, где он характеризуется величинами порядка +600 - +400 мВ, к фронтальной части подзоны частичного окисления (границе выклинивания ЗПО) где значения Eh со стороны окисления имеют следующие значения:

при pH=6 - +171 мВ, при pH=7 - +121 мВ, при pH=8 - +53 мВ и при pH=9 значения потенциала Eh снижается до 0 и до – 64 мВ.

Дальнейший характер изменения окислительно – восстановительного потенциала зависит от минералого-геохимических особенностей неокисленных пород. В случае, если эти породы обеднены восстановителями (белоцветный, белёсоцветный, зеленоцветный геохимические типы) величина Eh стабилизируется на уровне +100 – 0 мВ. В породах, содержащих сингенетические восстановители и имеющих низкую степень карбонатизации – отложения сероцветного первичного геохимического типа (Заречное), Eh пластовых вод в зоне уранового оруденения имеет значения от – 100 до – 300 мВ. При удалении от ураноносных подзон в сторону эпигенетически неизменённых безрудных пород величина Eh пластовых вод повышается до + 50 - +100 мВ, что объясняется ослаблением деятельности анаэробных микроорганизмов.

В настоящее время в профиле эпигенетической зональности установлено накопление селена, рения, ванадия, скандия и других элементов.

Уран в кислородных пластовых водах мигрирует преимущественно в форме уранил-карбонатных анионов  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$  и  $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ . При валовой концентрации углекислоты порядка  $10^{-2.5}$  моль/кг  $H_2O$ , свойственной аридноклиматическим поясам, первый из этих компонентов преобладает при pH =6,0-8,2, второй – при pH более 8,2. Эти воды, обладая высокими положительными значениями окислительно-восстановительного потенциала, как правило резко недонасыщены ураном. Поэтому он активно выщелачивается из любых пород областей питания инфильтрующихся пластовых вод, где его концентрации в среднем составляя  $5 \times 10^{-5}$  г/л, могут достигать  $10^{-3} - 10^{-2}$  г/л.

В крупных артезианских бассейнах типа Сырдарьинского, где области питания значительно удалены от границ выклинивания ЗПО, а сам пластово – окислительный процесс имеет значительную продолжительность (первые десятки миллионов лет), роль ведущего источника урана принадлежит рудовмещающим отложениям чехла. Здесь в породах подзон полного и неполного окисления отчётливо фиксируется дефицит урана относительно сероцветных зарудных пород (1-2 г/т и менее против 3-5 г/т).

При детальном изучении концентраций урана в породах и поровых растворах так же, как и при анализе пластовых вод установлен рост содержания урана в поровых растворах и снижение его концентраций в породах по направлению к геохимическому барьеру. Так, в скважинах находящихся глубоко в тыловой части ЗПО на расстоянии порядка 8-10 км от геохимического барьера, содержание урана в породе составило 1-3 г/т, в поровых растворах – 0,01-0,06 г/т породы, т.е. с учётом влажности 20% несколько более 1% от содержания урана в породе. В скважинах в передовой части зоны пластового окисления содержание урана в поровых растворах достигает первых десятых долей г/т породы (3-4% от его содержания в породе). В зоне геохимического барьера содержание урана в поровых растворах достигает 3 – 6 г/т и более, причём ореол повышенной концентрации урана развивается от геохимического барьера в сторону серых пород на расстояние до одного километра. На расстоянии 2,5 – 5 и более км от границы выклинивания ЗПО в серых безрудных породах содержание урана в поровых растворах не превышало 0,01 г/т.

### **2.3. История геологического развития в мезокайнозойское время**

В заключительные фазы складчатости герцинского тектогенеза проявляется тенденция к общему поднятию территории. Средне-верхнепалеозойские отложения дислоцируются с образованием пологих пликативных структур, разрывов, выведением их на дневную поверхность и последующим выравниванием.

В пределах Сырдарьинской депрессии отложения триаса отсутствуют. В это время здесь существовал приподнятый пенеплен, варисские горные сооружения были сnivelированы. Сырдарьинская впадина в то время в рельефе территории не выражалась. Область аккумуляции находилась в Северо-восточном Приаралье и современном Джусалинском поднятии.

В предюрское время подвижки в зоне главного Карактауского разлома привели к образованию узких грабенообразных впадин (Леонтьевской, Даутской, Арысской, Карактауской), заполнявшихся угленосными отложениями юры. Накопление юрских отложений в прогибах Карактауской зоны разломов позволяет предполагать существование поздней мобильной области на месте Таласо-Ферганской зоны разломов с наличием валоподобных или свободных поднятий, разграничивающих локально развитые участки юрской седиментации. Интенсивность тектонических

движений, довольно резко возросшая в конце триасового и начала юрского периодов, столь же быстро начала затухать.

К началу мелового времени современное пространство Сырдарьинской впадины и прилегающих территорий Центральных Кызылкумов, Джусалинского поднятия, Приташкенских Чулей представляло собой эпигерцинскую платформу. Начиная с нижнего мела, эта обширная площадь испытывает погружение с накоплением осадков в нижнемеловое время общей мощностью до 800-1000 м. Накопление их происходило в условиях замкнутого опресненного озерного водоема, на что указывает наличие остракод, хорошая сортированность обломочного материала.

В альбе усиление нисходящих движений привело к значительной трансгрессии морского бассейна в Восточные Кызылкумы. Район Карактау представлял собой периферическую часть этого бассейна, где происходило накопление известняков и мергелей с пресноводными остракодами, с прослоями серых и темно-серых глин с морской фауной фораминифер. В позднем альбе морской бассейн отступает и возобновляется накопление континентальных красноцветов.

В течение всего этого времени поставщиками обломочного материала, заполняющего впадину, являлись окружающие ее низкогорные возвышенности, существовавшие на месте современных хр. Каратау, Чаткало-Кураминских гор, Северного Нуратау, Тамдытау, Букантау. Возвышенности были покрыты раннемезозойской корой выветривания, в значительной мере уничтоженной последующей эрозией. Влажный климат начала мелового периода был благоприятен для образования бокситов в валанжинской коре – промышленных залежей в районах Приташкентских Чулей и юго-западного погружения хр. Каратау.

В верхнемеловое время территория характеризуется значительным разнообразием палеогеографических условий и связанных с ними литолого-фациальных комплексов. Дважды за этот период (в нижнем туроне и кампане-маастрихте) практически вся территория покрывалась морем. Отдельные языки морских трансгрессий устанавливаются в Восточном Приаралье и на Джусалинском поднятии в сеномане и коньяке. Области денудации значительно расширились.

В начале сеномана на рассматриваемой территории отмечается оживление тектонических движений, подъем суши и расчленение ее рельефа. Современные Каратауское и Чаткало-Кураминское горные сооружения окаймлялись шлейфом щебнисто-гравийных красноцветных накоплений, сменявшихся на удалении от гор веерно-мелкоземистыми мусорными, преимущественно алевролитовыми, осадками с линзами разнотернистых песчаников. Стекавшими с поднятий временными водными потоками закладываются аллювиальные долины палеорек Арысь и Келес. Реки текли в западном и юго-западном направлениях. В районе современного поднятия Карактау существовал медленно прогибающийся пресноводный

внутриконтинентальный бассейн (фауна тригонионид и остракод), заполнявшийся грубопесчаным и гравийно-галечным материалом.

Формирование нижнетуронских отложений связано с трансгрессией моря, самой крупной для региона в меловое время. Морской бассейн был устойчивым и сравнительно глубоководным. Придонные слои воды были заражены сероводородом (пирит, серый цвет). Накапливались преимущественно тонкие глинисто-алевритовые осадки с глауконитом, планктонными фораминиферами, обуглероженным растительным детритом.

Несмотря на широкое распространение нижнетуронского моря, продолжают существовать Карактауское, Каржантауское и Северо-Нуратинское поднятия, вдоль которых накапливались пестроцветные мелкоземистые осадки с маломощными линзовидными прослоями гравийно-галечных пород, содержащих устричную и пелециподово-гастроподовую фауну, фосфориты, глауконит, зубы акул. Суша была невысокой, интенсивность эрозионных процессов незначительной, климат теплый и влажный.

Накопление осадков верхнего турона происходило на фоне длительной регрессии, начавшейся в конце нижнего турона, сначала в условиях мелкого моря, озер, заливов, а после ухода моря осадконакопление продолжалось в депрессионных зонах на дне озерных водоемов и в руслах блуждающих рек.

Отложения коньяка накапливались в условиях аллювиально-озерной равнины с довольно крупными палеодолинами, заполнявшимися красноцветными и сероцветными песками, алевролитами, глинами. Область накопления мелководных волноприбойных осадков находилась в Восточном Приаралье.

Палеографическая обстановка в сантоне остается аналогичной предыдущему веку. Распределение осадков в разрезе и на площади контролируется структурными условиями, которые во многом унаследованы от условий коньякской седиментации.

В кампане-маастрихте море еще раз заливает значительную часть рассматриваемой территории. Оно занимает восточное побережье Аральского моря и всю центральную и южную часть Сырдарьинской впадины. Сравнительно однообразный состав переслаивающихся песчано-глинистых осадков свидетельствуют о стабильности условий и мелководном характере морского бассейна, в который с северо-востока в районе поднятия Карактау впадала Палео-Арысь. В дельте этой реки существовала обширная сеть болотных и заболачивающихся озерных водоемов. В этих водоемах и разделяющих их русловых протоках накапливалась основная масса растительной органики.

Максимальное развитие моря приходится на маастрихтское время.

В конце сеноне и дат-палеоценовое время начинается медленная регрессия моря из района Сырдарьинской впадины. На его месте остается усыхающая замкнутая лагуна, окруженная выровненной сушей. Западная

часть лагуны имела более высокую соленость, восточная опреснялась водами рек, стекающих с Каратауского и Каржантауского поднятий.

Для большей части территории, в том числе для района поднятия Карактау, характерно двучленное строение разрезов: нижняя часть – красноцветные и пестроцветные карбонатные глины и алевролиты, верхняя – белые ангидриты, гипсы, доломиты.

Палеогеновое время на всей территории характеризуется новой мощной трансгрессией, в результате которой повсеместно происходит накопление преимущественно глубоководных морских осадков и только в среднеэоценовое время на площади юго-западных предгорий хр. Каратау в результате незначительных его поднятий – прибрежно-морских песчано-глинистых отложений. Широкое развитие последних карбонатных осадков указывает на потепление моря. Климат был субтропический, полузасушливый.

В неогеновое время начинается общее поднятие всего региона, включая хр. Каратау. Морской бассейн полностью исчезает и осадки палеогена с размывом перекрываются красноцветными алевролитистыми глинами и алевролитами миоцена. Климат становится сухим и жарким. В конце плиоцена – начале древне-четвертичного времени в регионе проявляется основная, самая мощная фаза альпийского орогенеза, вызвавшая последнее интенсивное поднятие и разрушение горных сооружений и, предположительно, погружение впадин.

В четвертичное время вся территория подвергалась тектоническим подвижкам дифференцированного характера. К концу четвертичного периода в районе проявилась очередная фаза орогенеза, приведшая к площадному эрозионно-денудационному расчленению территории и формированию современного ландшафта.

В этом историческом контексте развития региона из-за довольно слабой его изученности трудно проследить развитие Карактауской структуры на каждом отдельном этапе. Однако анализ мел-палеогеновых отложений и региональных фациально-палеогеографических построений свидетельствует о следующем.

Карактауский горст, начиная с юрского и до туронского времени включительно, существовал как структура отрицательная, т.е. имел противоположный по сравнению с более поздним знак движения. Это подтверждается сохранившимися юрскими отложениями только в пределах Карактауского грабена, а в более позднее время (до турона включительно) повышенными (в 1,5 раза) мощностями нижнего и низов верхнего мела, чем на прилегающих площадях (10ф).

Начиная с сенонского времени Карактауская структура начинает испытывать поднятие и развивается до альпийского тектогенеза как конседиментационная структура, о чем свидетельствует уменьшение мощностей сенона и палеогена в ее присводовой части. В процессе альпийского тектогенеза движения происходят как по крупным разломам по

периферии горста, так и возникают новые разломы северо-западного простирания, разбивая структуру на ряд более мелких блоков.

### **3 РУДОНОСНОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАРЕЧНОЕ**

В результате проведенных на месторождении Заречное геологоразведочных работ установлено наличие промышленного уранового оруденения в четырех ритмах верхнесенонского водоносного комплекса – маастрихтском, верхне- и нижнекампанском, верхнесантонском.

#### **3.1 Минералого-геохимическая характеристика и эпигенетические изменения рудовмещающих отложений**

В геологическом разрезе на месторождении Заречное от подстилающих продуктивные горизонты отложений нижнего сантона до современных включительно установлено три основных геохимических типа пород, не подвергнутых наложенным преобразованиям:

- а) первично-красноцветные и пестроцветные породы;
- б) первично-сероцветные диагенетически восстановленные песчано-глинистые породы с углефицированной растительной органикой и сульфидами железа;
- в) карбонатные породы.

Первый геохимический тип представлен алевропелитовыми, песчаными и гравийно-песчаными образованиями сантона, повсеместно подстилающими на месторождении рудовмещающие отложения кампана. К этому же типу принадлежит пачка красноцветных глин дата и континентальная пестроцветная толща неоген-четвертичного комплекса.

Ко второму геохимическому типу на месторождении принадлежат преимущественно песчаные дельтовые отложения верхов сантона, кампанского и маастрихтского ярусов, а также морские глины и алевролиты палеогена. В дельтовых сероцветных отложениях кампана отмечаются линзующиеся прослойки мощностью до нескольких метров, красноцветных алевролитов пойменного типа, являющихся результатом нестабильности режима седиментации и обычно завершающих разрезы трансгрессивных ритмопачек. Во многих случаях эти красноцветы частично или полностью восстановлены до сероцветного и зеленовато-сероцветного состояния.

В верхах разреза маастрихта сероцветные песчаные породы иногда имеют зеленовато-серые окраски за счет присутствия глауконита.

Карбонатный геохимический тип пород представлен глинисто-карбонатной пачкой (14-16 м) верхнего маастрихта, сложенной лагунными известняками с прослоями мергелистых глин и мергелей.

На этом геохимическом фоне в результате геолого-разведочных работ на месторождении Заречное установлен ряд наложенных процессов, обусловивших комплекс эпигенетических изменений пород. Этот комплекс включает:

1. Ранние изменения окислительной направленности.
  - а) Предверхнеплиоценовое поверхностное окисление.

б) Преднеогеновое поверхностное окисление.

в) Преддатская зона лимонитизации за счет поверхностного окисления и фациального взаимодействия (желтая зона с омарганцеванием пород красноцветами дата).

г) Экзодиагенетическое окисление за счет нестабильности режима седиментации (желтая зона под прояслоям красноцветов в первично сероцветном разрезе кампана).

2. Постседиментационные изменения раннего типа. Регионально развитое зеленоцветное, преимущественно глеевое восстановление первично-красноцветных накоплений – монтмориллонитово – гидрослюдистая минеральная ассоциация бессульфидная, либо с незначительным количеством сульфидов.

3. Контрастные изменения очагового типа.

4. Поздняя зона пластового окисления в первично сероцветных диагенетически восстановленных отложениях кампана и маастрихта.

Весь этот набор эпигенетических процессов, характерный для Сырдарьинской депрессии в целом, был установлен и детально охарактеризован в 70-х годах в результате тематических исследований группы ЦГП №3 – Г.В. Тараборин, Т.Я. Дёмина [11].

Ранние изменения окислительной направленности в отношении селено-урановой минерализации стерильны. Контрастные изменения очагового типа не имеют широкого распространения и их связь с рудообразованием на месторождении не устанавливается. В нескольких единичных случаях в рудовмещающих отложениях кампана отмечена кальцит-пиритовая и гематит-кремнистая минерализация в виде послойных прожилков (1-2 см) или цемента гравийных прослоек такой же мощности.

Основным и единственным рудоформирующим процессом на месторождении Заречное установлена зона пластового окисления. Селеновое и урановое оруденение генетически с ней связано и контролируется областью ее выклинивания в сероцветных диагенетически восстановленных отложениях. Селеновая и урановая рудные зоны являются закономерными составными элементами эпигенетической геохимической зональности окислительного ряда, формирующейся на окислительно-восстановительном барьере.

В ряду окислительной зональности по потоку кислород-содержащих пластовых вод последовательно выделяются:

а) зона пластового окисления с подзонами неполного и частичного окисления;

б) рудная зона с подзонами ореола рассеяния, урановых, уран-селеновых и селеновых руд;

в) зона сероцветных неизмененных пород.

Минералого-геохимическая характеристика этой зональности приводится в обратном порядке, т.е. начиная с сероцветных неизмененных пород, являющихся фоном, на котором происходит развитие

эпигенетического рудообразующего процесса. Окислительная зональность в рудовмещающих отложениях кампана и маастрихта по своим минералогическим особенностям не имеют существенных отличий. В связи с этим приводится единое общее ее описание.

Зона неизменных безрудных пород. Наиболее распространенным литологическим типом пород рудовмещающих горизонтов являются пески с прослоями и линзами песчаников на глинистом реже карбонатном цементе, алевролитов и глин. Пески и песчаники серые, светло-серые, белесо-серые, реже зеленовато-серые. Для алевролитов и глин характерна зеленовато-серая, серая, темно-серая и первично-красноцветная окраска. Зеленый и более темный на сером фоне оттенок пород обусловлен неравномерно распределенными глинистым материалом и тонкораспыленной органикой.

Пески и песчаники – массивные или горизонтально- и косослоистые, тонко- и мелкозернистые, реже среднезернистые, хорошо сортированные, часто с обрывками и окатышами алевролитов и глин, иногда с примесью гравийных зерен. По составу они олигомиктовые. Кварц в них преобладает и составляет 65-80%, обломки пород – 5-12%, каолинизированные полевые шпаты встречаются в количестве 5-10%. В подчиненном количестве присутствуют хлорит, биотит, мусковит. Акцессорные минералы представлены комплексом минералов тяжелой фракции (0,0n – 1% от веса породы).

Сероцветные породы содержат углефицированные растительные остатки. Распределены они в рудовмещающих горизонтах неравномерно. Отдельные участки не содержат растительного детрита, в других он образует тонкие скопления по слоистости пород и линзовидные прослои бурых углей мощностью до 10-20 см. Содержание урана в обуглероженных растительных остатках до 0,006% селена – 0,0055%.

Цемент песчаников в разрезе кампана преимущественно глинистый, реже карбонатный (дельтовые отложения). Разрез маастрихта характеризуется большим развитием маломощных прослоев песчаников, цемент которых преимущественно карбонатный (подводно-дельтовые и прибрежно-морские осадки). Глинистый материал относительно равномерно распределяется в породах и представлен смесью гидрослюда, монтмориллонита и каолинита. Для пород кампана характерны гидрослюда (преобладает) и монтмориллонит. Каолинит в породах маастрихта и кампана присутствует в подчиненном количестве.

Карбонаты в песках и песчаниках сложены тонко- и мелкозернистыми кристаллическими агрегатами кальцита (преобладает) и доломита.

Цемент пород поровый или базально-поровый, кристаллически зернистый (характерен для карбонатного материала). Содержание марганца в карбонатных породах варьирует в интервале 0,2-2,0%.

Таблица 3.1 - Минералогический состав песчаных рудовмещающих пород и руд месторождения Заречное

Породообразующие и акцессорные минералы	Содержание в %		Диagenетические и эпигенетические минералы	Содержание в %	
	В отложениях маастрихта	В отложениях кампана, сантона		В отложениях маастрихта	В отложениях кампана, сантона
1	2	3	4	5	6
<b>Породообразующие</b>			<b>Диagenетические</b>		
Кварц	70-80	65-75	Пирит	0,1-0,5	0,1-0,7
Полевые шпаты	5-7	5-10	Сфалерит	ед. з	до 0,5
Обломки пород	10-12	5-7	Галенит	ед. з	
Гирослюда	1,5-5,0 редко до 20	2-5 редко до 15-20	Кальцит	0,5-1,0 редко до 20	0,5-1,5 редко до 20
Монтмориллонит			Доломит	0,0-1,0	0,0-1,0
Каолинит			Фосфорит	0,5-1,5	0,0-1,5
Мусковит	3-5	2-3	Глауконит	1-3	0,0-1
Хлорит			Барит	-----	ед. з
Биотит					
Растительный детрит	1,0-2,0	1-3			
<b>Акцессорные</b>			<b>Эпигенетические</b>		
Турмалин	0,0п-1-2	0,0п-1-2	Коффинит	0,0п-0,1- 0,2	0,0п-0,1- 0,2
Ильменит			Настуран		

1	2	3	4	5	6
Лейкоксен					
Ставролит			Самородный селен	0,0п-0,п	0,0п-0,п
Гранат					
Эпидот					
Циозит			Селениды железа, никеля	ед. з	ед. з
Циркон					
Анатин					
Рутил					
Дистен			Гидроокислы железа	0,5-1,0	0,5-1,5
Пироксен					
Магнетит					
Титаномагнетит			Гидроокислы марганца	-----	до 0,5

Гидрогематит					
Лимонит					

В песках и песчаниках встречаются выделения фосфоритов в виде мелких и крупных неправильной формы обломков костей древних животных коричневого, серого и черного цвета, в которых фосфатное вещество замещает костную ткань, сохраняя клеточное строение. Реже отмечается в виде фосфатизированных зубов рыб, обломков створок раковин, выделений округлой формы и материала, цементирующего обломочные зерна породы. Иногда замещается пиритом.

Содержание  $P_2O_5$  в породах различных эпигенетических зон относительно равномерное. Оно меняется от 0,00 до 0,28%, редко до 0,89%, составляя в среднем 0,3-0,06%. По данным рентгеноструктурного анализа в фосфоритах устанавливается структура апатита. Содержание урана в фосфоритах составляет  $(11-82) \times 10^{-4}\%$ ; селена –  $(29-48) \times 10^{-4}\%$ . Спектральными анализами в фосфоритах устанавливаются в повышенных количествах церий, лантан, иттрий, итербий, гадолиний, бериллий, марганец, никель, кобальт, стронций, медь, свинец и др. [1].

Дисульфиды железа являются одним из наиболее распространенных минералов. Они представлены пиритом. Пирит образует относительно равномерную тонкую (0,01-0,1 мм) вкрапленность в породах и рудах месторождения. Встречается в виде кристаллически-зернистых агрегатов, обособленных ксеноморфных и шаровидных выделений, корочек на зернах кварца и катунах глин и псевдоморфоз по растительным остаткам и фосфоритам. Иногда пирит цементирует и корродирует зерна породобразующих минералов. По данным спектральных анализов из элементов примесей в пиритах устанавливаются никель, кобальт, медь, свинец, мышьяк (редко до 0,3%), реже молибден, цинк, серебро.

Редко в породах рудовмещающих горизонтов устанавливаются галенит, сфалерит, глауконит.

Количество железа в сероцветных песках невелико (в среднем 0,07-0,77%), повышается в ассоциации с растительным детритом до 1,87-4,20%, в песчаниках до 1,15-1,69%, в алевролитах и глинах до 2,70%. Преобладает в породах железо в двухвалентной форме, а в песках, обогащенных растительным детритом – в сульфидной.

Содержания Сорг в песках так же низкие (в среднем 0,10%), повышаются в алевролитах и глинах в среднем до 0,44-0,78%.

Содержания  $CO_2$  для некарбонатных пород (пески, алевролиты и глины) не высокие – в большинстве случаев не превышают 0,5%; повышаются в карбонатных глинах и алевролитах до 4,18-7,35% и в карбонатных песчаниках до 14-17%.

По данным спектральных анализов во вмещающих породах и рудах месторождения отмечается довольно однообразный состав элементов,

слагающих породообразующие, глинистые и акцессорные минералы. Содержание элементов зависит от содержания их минералов в породах и рудах. Так в карбонатных породах устанавливается повышенное содержание марганца (до 0,3-0,6%), а в рудах – урана и селена.

Концентрация урана в сероцветных безрудных породах ниже и на уровне кларковых. В близкларковых количествах присутствуют селен и молибден.

В тяжелых фракциях, в составе которых присутствуют ильменит, лейкоксен, турмалин, циркон, апатит и другие минералы, повышенные содержания марганца, хрома, ниобия и др. обусловлены примесями этих элементов в ильмените и лейкоксене. Повышенные содержания мышьяка и свинца характерны для пирита. Гафний изоморфно замещает цирконий в цирконах, фосфор присутствует в апатите и фосфоритах, бор – в турмалине, стронций и барий – в барите.

Рудная зона объединяет сероцветные породы с содержаниями урана в тысячные доли процента (ореол рассеяния) и от 0,01% и выше (подзона уранового оруденения), а также зону уран-селеновых и селеновых руд (зона выноса урана).

Урановая минерализация локализуется во всех литологических разностях рудовмещающего разреза: в песках, песчаниках на глинистом и карбонатном цементе, алевролитах и глинах.

По внешнему виду и минералогическому составу обломочного материала и цемента породы ореола рассеяния и руды не отличаются от безрудных вмещающих пород. Руды с содержаниями урана выше 0,1% визуально отличаются от вмещающих пород несколько более темной окраской, обусловленной урановой минерализацией. По содержаниям урана и селена руды месторождения Заречное рядовые и бедные.

Ореол рассеяния повсеместно окаймляет подзону урановых руд. В разрезе его мощность, обычно, не превышает нескольких десятков сантиметров; в плане достигает нескольких десятков метров. В ореоле по сравнению с предыдущей зоной несколько увеличивается содержание урана. Железо и селен остаются в количествах на уровне неизменных пород.

Урановые и селеновые руды занимают закономерное место в рудоконтролирующей эпигенетической зональности и отличаются от безрудных сероцветных пород присутствием в межзерновом пространстве урановой и селеновой минерализации. Типоморфными минералами в рудной зоне являются настуран, коффинит и самородный селен. По содержанию железа урановые и уран-селеновые руды характеризуются по отношению к сероцветным безрудным породам значениями (0,60-0,72%), или содержание железа в них несколько повышается (0,80-1,21%) за счет формирования эпигенетических дисульфидов железа (характерно для уран-селеновых руд в тыловой части рудной зоны).

В подзоне урановых руд содержанием Сорг выше, чем в безрудных породах, вероятно, в связи с избирательной локализацией урана в участках с более высокими содержаниями растительного детрита.

Зона выноса урана, приуроченная к участкам локализации селенового оруденения, развивается в сероцветных породах и фиксируется в разрезе и плане между зоной урановых руд и зоной пластового окисления. По минералогическому составу обломочного и глинистого материала она не отличается от безрудных сероцветных пород и подзоны урановых руд. Однако окраска пород становится более светлой, белесой, в них уменьшается содержание железа и органического углерода за счет кислотного выщелачивания.

Для подзоны выноса урана характерны высокие содержания селена (до нескольких процентов), высокие значения коэффициента радиоактивного равновесия, достигающие сотен и тысяч процентов (остаточный радиевый ореол), и низкие содержания урана  $(23-39) \cdot 10^{-4}\%$ .

Ванадиевое оруденение так же приближено к урану в ряду окислительной зональности, но занимает зеркальную по отношению к селену позицию, располагаясь в области выклинивания ЗПО со стороны серых пород и, как и селеновое, не образует обособленных рудных залежей, а телескопирует урановые. Средние мощности ванадиевых руд, оконтуренных по бортовому содержанию 0,01%, составляют первые метры, при средних содержаниях пятиоксида ванадия 0,027-0,048%.

Рениевое оруденение располагается в базальных горизонтах в кровле трансгрессивных микроритмов, т.е. положение его в разрезе случайно и видимой связи с урановым оруденением не имеет.

Мощности рудных интервалов не превышают 1 метра, содержания рения составляют первые граммы на тонну. Линейные параметры пласто- и линзообразных рудных тел незначительны и обусловлены морфологией рудоконтролирующих отложений.

Скандиевое и иттриевое оруденения связи с эпигенетическими окислительно-восстановительными процессами не имеют, довольно равномерно распределены в разрезе рудовмещающих отложений в сероцветной и окисленной частях и природа их, по-видимому, сингенетична.

Проведенными исследованиями удалось установить, что содержание этих элементов в породе является функцией содержания глинисто-алевролитовой фракции песков, которое, в свою очередь, определяет коэффициенты фильтрации рудовмещающих отложений.

Методами математической статистики установлена корреляционная зависимость содержаний скандия и иттрия от величины коэффициента фильтрации, описываемая уравнениями регрессии:

для скандия –  $0,317 \times \text{КФ} + 9,116$ ;

для иттрия –  $0,555 \times \text{КФ} + 24,141$ .

Линейные параметры оруденения в плане и разрезе, отвечают параметрам оконтуренных урановых блоков и залежей. Содержания скандия

изменяются в пределах от 1 до 25г/т, иттрия – от 2 до 20г/т, достигая в отдельных пробах 80–90г/т.

Зона пластового окисления. В ней породы окрашены в желтые, реже буро-желтые цвета разной интенсивности. Преобладают желто-белесые, белесо-желтые и желтые окраски, что обусловлено довольно низкими содержаниями пирита в окисляющихся сероцветных породах. Наиболее интенсивно в бурые цвета окрашены породы в участках скопления дисульфидов железа и растительного детрита.

Типоморфными минералами в зоне окисления являются гидроокислы железа (гетит-гидрогетит) и коллоиды гидроокислов железа. Они образуют примазки, корочки, пленки, налеты и порошковатые скопления на обломочных зернах и пропитывают глинистый и карбонатно-глинистый цемент, встречаются в виде псевдоморфоз по пириту. Обрывки и окатыши серых глин в песчаных породах сохраняют серую окраску и в зоне пластового окисления оконтуриваются ярко-желтой или бурой каймой гетит-гидрогетита.

Биотит, хлорит и гидрослюды в зоне окисления изменены слабо. Углистый детрит псевдоморфно замещается бурыми гидроокислами железа.

Присутствие в лимонитизированных породах дисульфидов железа, железа в двухвалентной форме, органического углерода и сероцветных окатышей и обрывков алевролитов и глин указывает на то, что в пределах изученной части месторождения не установлено полностью окисленных пород.

Таким образом, в пределах месторождения установлены лишь подзоны частичного и неполного окисления.

Содержание железа в лимонитизированных породах, наиболее удаленных от выклинивания зоны окисления, несколько уменьшается до 0,61-0,62% в песках, до 0,70-0,76% в песчаниках и до 2,00-2,50% в алевролитах и глинах по сравнению с сероцветными неизменными породами. Уменьшается в них содержание железа в сульфидной и двухвалентной форме, органического углерода. Содержание урана и селена, а также  $\text{CO}_2$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ , в зоне окисления на удалении от ее выклинивания сопоставимы с содержанием в неизменных безрудных породах. Колебания в содержаниях железа и других компонентов находятся в прямой зависимости от содержания и распределения в породах глинистого и карбонатного материала, растительного детрита и пирита и интенсивности их изменения.

### **3.2. Условия развития зоны пластового окисления и локализации уранового оруденения. Морфология рудных залежей**

На месторождении Заречное, как и на других месторождениях инфильтрационного типа, селен-урановое оруденение во всех случаях в плане и разрезе контролируется областью выклинивания зоны пластового

окисления. Следовательно, условия локализации оруденения, морфология рудных залежей и их линейные параметры определяются характером развития и выклинивания зоны пластового окисления. В свою очередь, этот характер определяется строением и литологическим составом разреза рудовмещающих отложений.

Как указывалось выше, разрез рудовмещающих отложений сантона, кампана и маастрихта на месторождении сложен преимущественно песчаными осадками надводно-дельтовой и подводно-дельтовой обломочной фациальных зон. Рудовмещающая толща на всей площади подстилается красноцветными пойменными и озерными алевролитами (редко русловыми песками). В отложениях сантона рудовмещающей является верхняя часть сероцветная часть разреза мощностью около 30 м., отделенная от вышележающих отложений кровельным водоупором, достаточно выдержанным по простираению. Разрез кампана общей мощностью 60-80 м характеризуется ритмичным строением вследствие нестабильно-прерывистого трансгрессивного режима седиментации. Здесь отчетливо картируются два типа ритма, мощность каждого из которых изменяется в интервале 15-35 м. Ритмы обычно начинаются и сложены песками обломочных зон надводной и подводной дельты и завершаются алевролитами и глинами, пойменными или переходной и иловой зон подводной дельты.

Часто нижний и верхний ритмы кампана достаточно уверенно подразделяются на два подритма.

Разрезу маастрихта ритмичность не свойственна. Лишь в его нижней части неуверенно выделяется один ритм мощностью 15-20 м, кровля которого чаще всего фиксируется маломощным (первые десятки сантиметров) прослоем песчаника на глинисто-карбонатном цементе.

Таким образом, рудовмещающий разрез верхов сантона, двух ритмов кампана и низов маастрихта (четыре ритма) представляют собой поочередную перемежаемость песчаных водоносных горизонтов и разделяющих их (в кровлях ритмов) водоупоров. Эти водоупоры, чаще всего глинисто-алевролитового состава (реже песчаникового) на площади месторождения не выдержаны. Мощность их изменяется от 0 до нескольких метров, реже до 15-20 м. Наиболее выдержанный и достаточно мощный водоупорный горизонт на площади месторождения располагается в кровле верхнего ритма кампана.

Участки отсутствия водоупоров в плане имеют форму “окон”, вытянутых преимущественно в северо-восточном и субширотном направлениях, т.е. в соответствии с фациальным планом осадконакопления и размыва в условиях дельты. Протяженность этих “окон” по простираению составляет обычно от первых сотен метров до 1-2 км при ширине до нескольких сотен метров.

На северной половине площади месторождения (к северу от профиля №100) общее простираение рудоносной зоны северо-западное, т.е. поперечное

простирацию областей отсутствия ограничивающих рудовмещающие ритмы водоупоров. На южной части площади простираются рудные залежи (в основном единственной залежи №1) северо-восточное, т.е. практически согласно с длинными осями “окон”.

Области отсутствия ограничивающих водоупоров в контурах продуктивных залежей охватывают до 10-15% их площадей.

На отдельных участках месторождения разрез ритмов кампана отчетливо подразделяется на два подритма, в связи с чем в центральной части ритма картируется сравнительно выдержанный водоупор. В этих условиях выклинивание зоны пластового окисления происходит в каждом подритме обособленно, не совпадая в плане, и урановое оруденение оконтуривается на двух уровнях в виде самостоятельных рудных тел (блоков).

Таким образом, выделение ритмов в продуктивном разрезе в качестве самостоятельных водоносных горизонтов, строго говоря, является условным. Однако, такая литологическая ритмичность строения разреза рудовмещающих отложений, усиленная большим количеством маломощных (от нескольких сантиметров до нескольких метров) линзующихся водоупорных прослоек в песчаной части разреза ритмов, обеспечила достаточно высокую степень анизотропии фильтрационных свойств разреза по горизонтали и вертикали. Это обусловило локализацию уровней развития потока пластовых вод в пределах ритмов и формирование в каждом из них самостоятельного фронта выклинивания зоны пластового окисления. В связи с однонаправленным трансгрессивным характером всего разреза кампан-маастрихта проницаемость песчаных отложений его, уменьшается снизу-вверх. Это обуславливает поритмоступенчатое выклинивание зоны окисления в рассматриваемом разрезе на протяжении в плане от нескольких сот метров до нескольких километров.

В разрезе каждого ритма выклинивание зоны пластового окисления происходит, практически, всегда не одним простым заливом, а в виде нескольких ступеней и языков, располагающихся друг относительно друга кулисообразно. При таком характере развития зоны окисления область ее выклинивания в разрезе ритмов, занимающая в плане положение между зоной полного окисления песков и неокисленными отложениями и контролирующая урановое и селеновое оруденение, имеет значительные размеры. Ее ширина на месторождении составляет обычно от нескольких сотен метров до 2-3 км, достигая на южном фланге месторождения до 5 км.

В связи с тем, что урановое оруденение всегда локализуется в сероцветных породах на контакте с зоной пластового окисления, форма рудных залежей в разрезе определяется характером выклинивания этой зоны, который в свою очередь зависит от степени дифференцированности водоносного горизонта (ритма) по проницаемости.

В редких случаях, при достаточно большой мощности и хорошей выдержанности песков зона окисления выклинивается одним “языком”, и

рудная залежь имеет форму простого ролла, в котором выделяются крыльевые элементы (крылья) над и под зоной окисления и нерасчлененная часть (мешковая) перед фронтом выклинивания зоны в сероцветных породах. В большинстве же случаев форма рудных залежей усложняется, и они представляют собой двойные и тройные роллы с общими крыльями и раздвоенными мешковыми частями.

В общем плане рудная залежь в разрезе представляет собой пластообразный объем проницаемых пород, в котором концентрация полезного компонента распространена на всю мощность или представлена чередованием рудных пластов с безрудными. Рудные пласты (крылья ролла) часто прерывисты и располагаются друг относительно друга кулисообразно.

Геологический смысл рудной залежи заключается в том, что объединенные в нее ролло-, линзо- и пластообразные рудные тела принадлежат к единому элементу геохимической зональности и контролируются единым рудообразующим процессом, протекающим в выделенном объеме на определенном, достаточно обособленном, гидродинамическом уровне в пределах водоносного рудовмещающего горизонта.

Урановое оруденение локализуется в сероцветных породах, обладающих достаточно высокой восстановительной емкостью. Осаждение селена происходит в менее восстановительной обстановке. Поэтому селеновое оруденение по отношению к урановому смещено в сторону окисленных пород и часть его локализуется в зоне окисления, т.е. селеновое оруденение в разрезе является как бы вложенным в урановорудный ролл между его крыльями вблизи их сочленения.

В плане границы выклинивания языков и ступеней, осложняющих зону пластового окисления на каждом из уровней (ритмов), в общих чертах повторяют контуры зоны полного окисления. В области выклинивания зона пластового окисления очень чутко реагирует на любые изменения обстановки. Поэтому в плане границы выклинивания отдельных языков более прихотливы, чем границы полного окисления и осложнены рядом мелких заливов и “струй”, имеющих ширину в первые сотни метров при длине до 1-1,5 км.

В связи с таким характером выклинивания зоны окисления рудные залежи в плане имеют форму относительно узких извилистых лент, простирающихся вдоль границ выклинивания зоны пластового окисления.

Урановое оруденение вдоль границы выклинивания зоны окисления имеет непрерывный характер. Однако иногда отмечаются участки с непромышленными его параметрами.

### **3.3. Характеристика рудных залежей**

Урановые руды месторождения Заречное предполагается отрабатывать способом серноокислотного подземного выщелачивания в их естественном

залегании. Способ ПВ предусматривает проработку выщелачивающими реагентами определенного объема рудовмещающих пород, обладающими определенной рудонасыщенностью. Эти рудонасыщенные объемы горных пород, выделенные в соответствии с кондициями и являющие объектом отработки способом ПВ, названы продуктивными залежами. Продуктивной залежи в разрезе соответствует продуктивная пачка. Продуктивная пачка представляет собой совокупность сближенных в разрезе рудных пластов, выдержанных в пространстве, разделенных безрудными прослоями.

Как указывалось выше, на месторождении Заречное рудоконтролирующее выклинивание зоны пластового окисления в разрезе продуктивных ритмов происходит по направлению потока пластовых вод на протяжении от первых сотен метров до 5 км. В плане эта область простирается извилистой полосой между границами полного окисления проницаемых пород ритма (песков) и полного выклинивания зоны. В связи со ступенчатым характером выклинивания в рудовмещающем разрезе, области выклинивания ее в отдельных ритмах в плане практически не совпадают.

В каждом ритме выклинивание зоны окисления происходит обычно несколькими языками ступенчатого и кулисообразно и практически всегда, независимо от его формы и положения в разрезе, сопровождается урановым оруденением той или иной концентрации. Со стороны зоны полного окисления горизонта это оруденение обычно представлено прерывистыми крыльями сложных роллов. В сторону полного выклинивания зоны крылья роллов становятся более выдержанными, увеличивается его мощность и концентрация урана. На выклинивании зоны окисления происходит сочленение крыльев и переход в мешковые части роллов, обычно достаточно мощные (до 10 м) и хорошо выдержанные.

Таким образом, полоса выклинивания зоны окисления в пределах ритмов рудоносна в плане практически на всю ширину. Область развития оруденения с содержаниями урана выше 0,01% обычно охватывает большую часть этой полосы. Прерывистость оруденения в этой области увеличивается в направлении полного окисления горизонта, а продуктивность – в сторону сероцветных пород.

Рудная зона, характеризующаяся достаточно выдержанным оруденением, соответствующим требованиям кондиций, располагается в краевой части области развития оруденения с содержанием урана выше 0,01% и простирается непосредственно вдоль границы выклинивания основного фронта (языка) зоны пластового окисления (обычно в пределах ритма одного, реже двух). Ширина рудной зоны не превышает первые сотни метров.

В пределах рудной зоны продуктивность оруденения по простиранию относительно выдержана; вкрест же простирания характеризуется достаточно высокими градиентами изменчивости.

Рудоносность выклинивания зоны окисления во всех рудовмещающих ритмах по простиранию практически непрерывна. Эта же касается и области развития оруденения с содержанием урана более 0,01%. Однако кондиционное оруденение в пределах этой области (непосредственно рудная зона) прерывисто. В каждом ритме в связи с выклиниванием зоны окисления выделяется ряд обособленных рудных тел, имеющих по сети скважин 400x50 м непрерывную протяженность от нескольких сотен метров до нескольких километров.

Группа генетически, пространственно и морфологически связанных между собой рудных тел в пределах единого водоносного горизонта, оконтуренных в плане и в разрезе с учетом требований кондиций, предполагающих отработку руды единой системой технологических скважин представляет собой продуктивный блок.

Совокупность продуктивных блоков, генетически связанных между собой и расположенных в пределах единого водоносного горизонта, предполагающая селективную отработку руд системой технологических скважин представляет собой продуктивную залежь.

Сближенность рудных блоков между собой в пределах залежи соизмерима с их размерами.

На месторождении Заречное в пределах изученной на стадии детальной разведки площади, в четырех водоносных горизонтах выявлено и оконтурено 9 продуктивных залежей урановых руд.

Морфология залежей на месторождении довольно проста: в плане это узкие извилистые ленты, контролируемые границей сероцветных и окисленных пород, протяженностью от 500м (залежь 4) до 15км (залежь 8), при ширине от 50 до 1200м.

В разрезе форма и размеры рудных залежей весьма разнообразны. В связи с северо–западным направлением движения пластовых вод простирание большинства залежей субмеридиональное и наибольшее изменение их параметров происходит в широтном или субширотном направлении.

Основным, причем характерным для большинства залежей и блоков элементом, является мешковая часть ролла, представленная, как правило, одним рудным телом, мощностью от 1 до 12 метров. В северо–западном направлении, по потоку пластовых вод, мощность мешковых частей уменьшается, происходит их расслоение на несколько отдельных, сближенных пластообразных рудных тел, которые, в конечном счете, выклиниваются.

По восстанию залежей в сторону области питания (в восточном-юго–восточном направлении) наблюдается расщепление мешковых частей на несколько элементов (верхнее и нижнее, промежуточные крылья), сопровождающееся потерей мощности руды, вплоть до полного выклинивания. Причем, как правило, в первую очередь выклинивается верхнее крыло, затем – промежуточные (если они есть) и, нижнее крыло

ролла – наиболее хорошо развитый по простиранию элемент. Расстояние между крыльевыми частями, объединенными в одну залежь (но не в подсчетный блок) не превышает 14м. В некоторых случаях преобладающим элементом является верхнее крыло ролла, являющееся одновременно нижним крылом, либо мешком вышезалегающей рудной залежи (рисунок 3.1а).

Наиболее морфологически сложными и неоднородными являются восточные части залежей, где происходит уступчивое наращивание мощности пластового окисления в разрезе, сопровождающееся увеличением размаха рудных залежей до величин близких к мощности рудовмещающего горизонта, за счет включения в их контур рудных тел, представляющих собой различные морфологические элементы роллов, сформированных кулисообразной границей выклинивания ЗПО. В этой части месторождения продуктивные залежи (3–7) состоят из нескольких пластообразных рудных тел, разделенных безрудными или некондиционными прослоями по всей проницаемой (эффективной) мощности рудовмещающего горизонта.

В тыловых частях фронта ЗПО, при наличии маломощного сероцветного горизонта проницаемых пород, встречаются рудные залежи представленные протяженным пластообразным рудным телом, являющимся совместным продуктом окружающей его со всех сторон зоны окисления.

В общем случае морфология уранового оруденения месторождения Заречное типична для подобных объектов Сырдарьинской, Шу–Сарысуйской и Кызылкумской провинций, успешно отрабатываемых способом ПВ уже несколько десятилетий.

### **3.4. Вещественный состав и литологические типы руд**

На месторождении имеют место урановые, селеновые и смешанные уран-селеновые руды. Последний тип не имеет широкого распространения и существенной роли в запасах каждого элемента не играет.

#### **3.4.1. Урановые руды**

По содержанию урана руды месторождения Заречное в основном бедные и рядовые. По гранулометрическому составу они относятся к мелкозернистым, реже среднезернистым пескам с незначительной примесью тонкозернистого, алевролитового и глинистого материала (до 10-15%). По сумме алевроито-глинистых частиц на месторождении выделяются два литологических типа руд:

А) песковые руды с суммой глинистой и алевролитовой фракций до 20% и коэффициентом фильтрации 1-15 и более м/сут. (проницаемые руды).

Б) руды с суммой глинистой и алевролитовой фракций более 20% и коэффициентом фильтрации ниже 1 м/сут., т.е. практически непроницаемые

и отнесенные поэтому в технологически забалансовые для отработки ПСВ (песчаники на глинистом и карбонатном цементе, алевролиты, глины).

По вещественному составу урановые руды и рудовмещающие породы аналогичны друг другу и отличаются только наличием или отсутствием рудной минерализации. Рудовмещающие пески на 65–75% состоят из кварца, полевых шпатов – 6,59–11,33%, обломков различных пород – 14,48–17,51%: Суммарное содержание обломочного материала составляет в среднем 87,71–90,61%, причем преобладают устойчивые (кварц, обломки пород) и чуть менее устойчивые (полевые шпаты) к воздействию кислых и щелочных растворов разновидности. В подчиненных количествах содержатся слюды – 1,19–1,68%, углефицированный растительный детрит – 0,16–0,73%, глинистые минералы – 7,07–8,27% и незначительные примеси акцессорных минералов – 0,15–0,34%.

Глинистая масса состоит из тонкочешуйчатых частиц монтмориллонита – 4,81–5,33%, каолинита – 1,22–1,74% и гидрослюд – 1,57%.

В неокисленных песках, песчаниках и алевролитах встречается пирит в виде вкраплений, мелких зерен, гнезд и конкреций, иногда – в виде псевдоморфоз по углефицированному детриту. Содержания пирита в песках составляет 0,10–0,36%, достигая максимальных значений (до 7,30%) в участках обогащенных детритом и растительными остатками; здесь же, как минералогическая редкость, встречаются галенит и сфалерит. Из других новообразований в породах отмечаются кальцит и доломит. Их распределение в породах очень неравномерно: от полного отсутствия до 14,12% и составляет в среднем 0,35–0,58 процентов. В руде по 27 продуктивным блокам колеблется от 0,15 до 1,08%. Встречаются карбонаты в виде зерен белого цвета в межобломочном пространстве пород, в виде гороховидных стяжений диаметром до 0,5 см, реже слагают маломощные, в первые см, прослои песчаников.

Среди обломков пород отмечаются фосфориты (0,3–0,4%).

Рудная минерализация распределена в породах достаточно равномерно и представлена преимущественно коффинитом и настураном, спорадически отмечается карнотит, самородный селен, ферроселенит. По взаимоотношению окислов урана и коффинита устанавливается более позднее образование последнего, т.е. он нарастает на выделениях настурана.

Урановые минералы, как правило, тонкодисперсные, от десятитысячных до тысячных, редко – до первых сотых долей мм и с трудом устанавливаются даже в пробах с ураганными содержаниями урана. Скопления минералов встречаются в виде черной каймы на окатышах алевролитов и глин, в участках обогащенных углефицированным детритом. Диагностируются урановые минералы рентгеноструктурным анализом, а формы их выделения устанавливаются при электронномикроскопических исследованиях при увеличении до 15.000 раз.

Коффинит составляет до 80-90% от суммы урановых минералов и образует веретенообразные, желудевидные выделения и их сростки,

концентрируется в виде порошковатых налетов и примазок в цементе и на поверхности обломочных зерен.

Настуран (10-20%) встречается в виде черных порошковатых скрытокристаллических масс, образующих натечно-колломорфные пленки и корочки, микроглобули и их сростки, почковидные агрегаты на зернах обломков и в цементе пород.

Часть урана в сорбированном состоянии или в минеральной форме содержится в растительном детрите (0,047-1,688%), фосфоритах (0,004-1,264%), гидроокислах железа (0,012-0,019%) и в других минералах.

Натечно-колломорфные выделения и микроглобули настурана и коффинита встречаются в рудах с содержаниями урана в сотые и первые десятые доли %, независимо от литологического сорта, морфологической принадлежности и возраста вмещающих пород.

С увеличением содержаний до десятых и первых % в рудах появляются более крупные глобули настурана, веретена коффинита и их сростки, почковидные и розетковидные агрегаты – руды становятся трудновскрываемыми по сравнению с убогими и бедными по содержаниям урана.

Основная часть урановой минерализации, от 47,5 до 73,6%, сконцентрирована в алевритисто-глинистой фракции руд, которая обогащена ураном в 5,2-59,5, 17,4-145,6 раз по сравнению с песчаными классами.

По данным гравитационного анализа в легких фракциях урановых руд, составляющих 64,7–89,5% объема, содержится от 24,8 до 47,4% урана при невысоких концентрациях (0,011–0,203%). В тяжелых фракциях, составляющих незначительную часть руды, установлены высокие, от 0,072 до 0,542% концентрации урана, но они содержат лишь 1,6–16,6% металла.

По характеру распределения урановой минерализации в песчаных рудах установлены вкрапленные, пятнисто-вкрапленные, пятнистые и полосато-вкрапленные структуры, обусловленные характером распределения глинистого вещества. В непроницаемых разностях преобладают гнездовые структуры руд.

В песчаных рудах преобладает уран в шестивалентной форме. Кислородный коэффициент в них изменяется в пределах 2,24–3,00 в среднем по месторождению составляя 2,72.

В балансе соединений урана в песчаных рудах преобладают уран-органические соединения, в среднем по месторождению составляющие 48,1% (в мешках – 46,5%, в крыльях залежей – 48,9%).

Минеральные соединения урана установлены в рудах месторождения в среднем в количестве 33,9%, (в мешковых частях – 31,5%; в крыльях – 33,9%).

Сорбированные соединения урана в среднем составляют 12,5% (в мешках – 13,1%, в крыльях – 12,2%).

Водорастворимые соединения составляют в среднем по месторождению 5,5% от общего содержания урана в руде.

По сумме содержаний водорастворимых, сорбированных и уран-органических соединений наиболее благоприятными для вскрытия способом выщелачивания являются руды с содержаниями урана 0,01-0,100%, в которых их сумма составляет 68–77%.

Песчаные руды месторождения Заречное силикатные (содержание двуокиси кремния в рудах 76,71–87,63%), с низкой карбонатностью (в основной массе руд – менее 0,5%), с низкими содержаниями пятиокиси фосфора (до 0,07%), растительной органики (до 0,13%) и общей серы - до 0,09%.

Таблица 3.4 - Содержание урана по классам крупности песчаных руд месторождения Заречное

Номер проб	Номера скважин	Содержание урана $\times 10^{-4}\%$			Обогащение ураном алеврито-глинистого класса к исходному
		В исходной пробе	В песчаном классе	В алеврито-глинистом классе	
1	2	3	4	5	6
11325	128	3220	1197	16422	5,1
11327	128	1413	673	5806	4,0
11335	128	2160	1143	18905	8,7
11324	128	9950	2292	5%	5,0
11164	118	1649	343	7177	4,3
11332	128	1664	423	10580	6,4
111341	292	425	103	1335	3,1
111005	196	575	249	3626	6,3
111017	439	304	82	1265	4,1
111431	299	896	479	4007	4,5
112623	481	670	420	3622	5,4
112562	490	1039	319	4505	4,3
112269	459	630	473	2485	4,0
111675	474	1208	331	7559	6,2
111513	401	1030	222	3258	3,2
111391	297	579	234	1868	3,2
111195	229	468	147	2195	4,7
112454	464	372	229	2214	5,9
112708	505	1085	283	4163	38
111516	401	436	35	2195	5,0
112660	492	242	112	2240	9,3
112429	470	364	186	2600	7,1

Таблица 3.5 - Содержание урана в глинистых и алевролитовых окатышах песчаных руд месторождения Заречное

Номера проб	Номера скважин	Содержание урана $\times 10^{-4}\%$		Соотношение 1:П
		В исходной пробе (П)	В глинистых окатышах (П)	
111122	220	1122	292	3,8:1
116087	894	49633	817	61:1
114213	668	1029	201	5,1:1
114328	687	4798	172	27,9:1
113137	568	3003	89	33,7:1
Продолжение таблицы 3.5				
116882	974	3842	601	6,4:1
116883	974	1813	498	3,6:1
116500	952	3497	263	13,3:1
116557	952	1778	56	31,8:1
112562	490	1039	58	17,9:1
111195	229	468	134	3,5:1

Урановая минерализация представлена коффинитом и настураном обычно встречающимися совместно. Визуально и микроскопически эти минералы не отличимы. К ураносодержащим относятся фосфориты (0,0040-1,264%, растительная органика (0,0471-1,688%), гидроокислы железа (000119-0,0189%) глинистое вещество, лейкоксен, ильменит и др.. Уран в них присутствует в виде собственных минералов или в сорбированном состоянии. Реже устанавливаются карнотит, гель четырехвалентного урана и уранорганические соединения.

Кислородный коэффициент изменяется в довольно широких пределах от 2,34 до 3,00 и не зависит от литологического типа руд. В песчаных рудах кампана он в среднем составляет 2,66-2,72.

Коффинит является одним из распространенных минералов (80-90%) в рудах месторождения и неоднократно диагностирован в черных скоплениях на окатышах глин и в участках обогащения углефицированными остатками. Встречается в виде единичных столбчатых желудевидных кристаллов размеров в несколько микрон на зернах полевых шпатов, кварца, глинистых минералах, фосфоритах, хлоритах или образует выделения типа щеток

Настуран встречается в меньшем количестве (10-20%), чем коффинит, в виде пленок и отдельных глобулей размером в доли микрона до 1-5 микрон, колломорфных почковидных образований на поверхности тех же минералов, что и коффинит.

В ассоциации с урановыми минералами устанавливаются самородный селен, пирит и в редких случаях галенит и сфалерит.

### 3.4.2. Селеновые руды

Как было указано выше, селеновое оруденение локализуется в сероцветных и лимонитизированных мелко- и среднезернистых песках. Размеры выделений селеновых минералов составляют сотые доли миллиметра, редко увеличиваясь до десятых долей миллиметра. При фракционировании песчаных руд концентрируется в тонком алевритоглинистом классе, обогащая его по сравнению с исходным содержанием в пробе в 2,1-13,5 раз (табл. 3.8).

В сероцветных породах характерна ассоциация селеновой минерализации с растительным детритом и пиритом, а в лимонитизированных - с гидроокислами железа.

Селеновая минерализация сравнительно равномерно распределяется в межзерновом пространстве песков, иногда играет роль цемента обломочных зерен и замещает обуглероженную древесину. Представлена она, в основном, самородным селеном, в редких случаях встречается ферроселит. Часть селена в сербированном состоянии и в виде самостоятельных минералов присутствует в гидроокислах железа (0,453-3,5117%), растительном детрите (0,0055-8,9778%), фосфоритах (0,0048-0,9487%) и других.

Самородный селен встречается в виде мелких игольчатых кристаллов и их сростков стально-серого цвета, мелкозернистых масс в цементе обломочных зерен, замещает обуглероженную древесину (см. рис 3.10б).

Руды месторождения, как урановые, так и селеновые, относятся к силикатному типу (содержание  $\text{SiO}_2$  составляет 76,71-87,63%) с низким содержанием углекислоты (основная масса руд содержит  $\text{CO}_2$  в количестве до 0,5%), пятиокси фосфора (0,02-0,07%), органического углерода (в среднем 0,13%) и общей серы (в среднем 0,09%) (табл. 3.9-3.10).

Молибден в рудовмещающей толще находится в надкларковых концентрациях ( $\text{п} \cdot 10^{-4\%}$  редко до  $\text{п} \cdot 10^{-3\%}$ ) и самостоятельной зоны не образует. Его редкие аномальные концентрации (до  $2-3 \cdot 10^{-2\%}$ ) встречаются в разрезе рудных залежей спорадически в тесной ассоциации с обуглероженной растительной органикой.

Содержания ванадия в рудах месторождения также низкие. При вариациях содержаний урана в пробах от  $1 \cdot 10^{-3\%}$  до 0,2% концентрации  $\text{V}_2\text{O}_5$  находятся в пределах  $\text{п} \cdot 10^{-3}$ - $3 \cdot 10^{-2\%}$ , т.е. не выходят за рамки кларковых значений.

По залежи №1 (нижний ритм кампана), характеризующейся на месторождении наибольшей продуктивностью, по продуктивной пачке и вмещающим породам в различной геохимической позиции было проанализировано 218 проб на содержание рения (количественный спектральный анализ с чувствительностью  $5 \cdot 10^{-5\%}$  - 0,5 г/т). Во всех пробах рений не установлен.

**Таким образом, по результатам изучения вещественного состава руд можно сделать следующие выводы:**

1) Результаты изучения минералогического состава руд месторождения указывают на их общность и аналогию с рядом инфильтрационных месторождений, выявленных, детально разведанных и эксплуатирующихся в сопредельных районах.

2) Для месторождения характерно значительное развитие в урановых рудах коффинита и менее настурана.

3) Руды месторождения монометальны. Кроме урановой минерализации на выклинивании зоны пластового окисления отмечаются повышенные концентрации селена, ванадия, иттрия, рения и скандия не представляющих в настоящее время промышленного интереса.

4) Руды и вмещающие породы месторождения сложены нерастворимыми и труднорастворимыми в условиях ПВ минералами.

5) Для руд и вмещающих пород характерно стабильно низкое содержание минерализованной углекислоты, что является одним из благоприятных условий для сернокислотной технологии отработки месторождения способом ПВ.

6) Руды месторождения характеризуются низкими содержаниями пятиокси фосфора, общей серы и органического углерода.

7) Тонкодисперсное состояние рудной массы, средние содержания урана в рудах месторождения (0,027–0,095%), преобладание в составе руд шестивалентного урана являются благоприятными показателями для отработки их способом ПВ. Как показал опыт эксплуатации пластово – инфильтрационных месторождений Казахстана (Северный Карамурун, Канжуган и др) скважинным подземным выщелачиванием (СПВ), хвостовая и головная части рудных залежей обладают разной степенью выщелачиваемости. В частности было установлено, что извлечение урана из руд резко снижается (до 60%) при переходе от мешковой к крыльевой части залежей, что связано с различной формой нахождения урана в этих частях. Так, для получения продуктивных растворов с промышленной концентрацией урана, в головных частях залежей месторождения Северный Карамурун потребовалось минимальное закисление пласта (до pH = 6,5-7,4), тогда как для хвостовых частей pH = 2,5-3,0 и это несмотря на то, что площадная продуктивность по урану в рудах головных частей заметно ниже. Это объясняется, в первую очередь, различной формой нахождения урана в этих частях. Головная, формирующаяся часть рудных залежей, всегда сложена новообразованными и поэтому легковыщелачивающимися формами урана, а хвостовые – разрушающиеся, «древние» части залежей, сложены наиболее труднорастворимыми формами урановых минералов.

Подзона руд начального возраста минералообразования или ореол повышенных концентраций урана располагается по обрамлению уранового рудного тела. По вещественному составу и по окраске породы подзоны не отличаются от безрудных вмещающих пород. Содержание урана в них

колеблется от 0,001 до 0,01%. Рудное вещество представлено дисперсно – рассеянной рентгеноаморфной минерализацией, представленной одиночными редко разбросанными в породе микроглобулями оксида урана размерами 0,01 – 0,1 микрон на поверхностях граней породообразующих минералов, установленными просвечивающей электронной микроскопией в сочетании с микродифракцией. Руды этой подзоны хорошо выщелачиваются обыкновенной водой (Г.Д. Тростянский) – до 50%. Радиоактивное равновесие здесь смещено в сторону избытка урана. Доля подвижного урана в рудах достигает 1 – 0,5%, что свидетельствует о его мобильности, обусловленной несовершенством кристаллической структуры окислов и силикатов урана.

Подзона руд среднего возраста минералообразования, располагающаяся во внешней части рудного тела и также визуально не отличающаяся от безрудных пород. Содержание урана в породах 0,01 – 0,1% т.е. это уже убогие и бедные руды. Рудное вещество представлено коффинитом и настураном. Текстура руд дисперсно – вкрапленная (глобулярно – вкрапленная). Урановые минералы обособливаются в поровом пространстве, на углах и дефектных поверхностях граней петрогенных минералов, а также проникают по микропорам и дефектам кристаллической структуры внутрь них. Руды равновесные –  $K_{pp} = 100\%$ , в лабораторных условиях выщелачиваются обыкновенной водой. В водную вытяжку извлекается 16% урана из слабо кристаллических минералов. Доля подвижного урана составляет 0,5 – 0,05% валового содержания.

Подзона барьерных руд «древнего» возраста минералообразования, отчётливо выделяется визуально в керне скважин, по более тёмной (чёрной, сизой) окраске, приурочена к тыловой части рудных залежей. Содержание урана в рудах более 0,1%. Электронной микроскопией в рудах установлены не только отдельные глобулы, но и почковидные, веретенообразные агрегаты и их сростки, имеющие иногда концентрически – зональное и радиально – лучистое строение с признаками начального преобразования в кубоктаэдрические кристаллы, так называемые «кубящиеся шары». В рудах отмечаются мономинеральные концентрации урановых минералов и их псевдоморфозы по алевроит – глинистому заполнителю песка, растительной органике, фосфатам, обломкам метаморфизованных пород. Текстуры руд – гнездово-вкрапленные. Размеры минеральных зёрен достигают 30 микрон, но в основном составляют 0,1 – 10 микрон. Урановые минералы концентрируются в поровом пространстве, на поверхности граней породообразующих минералов, проникают внутрь их.

Таким образом, уран располагается в пределах рудных залежей месторождения Заречное от высших форм организации рудного вещества вблизи границы выклинивания рудоформирующей ЗПО – к сорбированным формам и ураноносным поровым растворам - по мере удаления от неё.

## 4 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

При добыче урана методом ПВ геофизические исследования имеют ряд специфических особенностей, так как на различных этапах проведения работ решаются различные задачи различным комплексом геофизических методов.

На 1-ом этапе (сразу после бурения) геофизическими методами решаются следующие задачи:

- уточнение геологического разреза;
- оценка фильтрационных свойств пород, слагающих толщу;
- определение параметров рудного тела для подсчёта запасов;
- литологическое расчленение пород рудовмещающего горизонта;
- уточнение фильтрационных свойств пород рудовмещающего и других горизонтов.

На 2-ом этапе (подготовка скважин к эксплуатации) геофизическими методами решаются следующие задачи:

- оценка технического состояния скважин и определения целостности колонн, положения цементного кольца в затрубном пространстве, интервал установки фильтров и др.

На 3-ем этапе (в процессе эксплуатации скважин) основные задачи геофизических работ следующие:

- контроль за техническим состоянием скважин;
- контроль за растеканием рабочих растворов в плане и разрезе;
- контроль за ходом технологического процесса (оценка степени извлечения урана из недр, состояние Кр.р., перераспределения остаточного урана и др.) [15].

Эти задачи решаются инструментальными геофизическими методами, т.е. методами непосредственного наблюдения в скважине.

### 4.1 Метод каротажа мгновенных нейтронов деления

В диссертационной работе рассматриваются актуальные вопросы внедрения КНД-м — прогрессивного метода изучения руд пластово-инфильтрационных месторождений урана, приводятся примеры его применения на рудных объектах Чу-Сарысуйской рудной провинции. Внедрение метода достоверного определения содержания урана непосредственно в буровых скважинах является оптимальным решением задачи повышения эффективности поисково-оценочных и разведочных работ на пластово-инфильтрационных месторождениях урана. Таким методом является метод каротажа мгновенных нейтронов деления (КНД-м). КНД-м представляет собой одну из модификаций импульсных нейтрон-нейтронных методов каротажа (ИННК) и служит для прямого определения урана в скважинах. Данные КНД-м позволяют выбрать правильный алгоритм расчета содержаний урана с учетом геохимической обстановки и однозначно

определить интервал посадки фильтров при сооружении технологических скважин.

В настоящее время основу минерально-сырьевой базы для добычи урана в Казахстане составляют экзогенные инфильтрационные месторождения урана, связанные с региональными зонами пластового окисления. Образование пластово-инфильтрационных урановых месторождений возможно только в условиях достаточно свободной миграции растворенного кислорода в проницаемые части земной коры. Главным условием возможности глубокого проникновения кислорода является отсутствие в приповерхностных условиях активных восстановителей, что возможно только в районах с аридным или субаридным климатом. Важнейшим рудоконтролирующим фактором на инфильтрационных месторождениях являются зоны пластового окисления (ЗПО), причем оруденение связано с ними не только пространственно, но и генетически. На границе выклинивания ЗПО образуется восстановительный барьер, на котором и происходит осаждение урана и формирование рудных залежей.

Месторождения пластово-инфильтрационного типа в настоящее время обеспечивают более трети мировой добычи урана. Начало разработки серии крупнейших рудных объектов данного типа в Чу-Сарысульской провинции в 2000-х годах позволило Республике Казахстан прочно занять позицию мирового лидера по производству урана. Однако эксплуатация этих месторождений сопряжена с рядом специфических проблем, существенно влияющих на эффективность процесса добычи. К их числу относится крайне непостоянное значение отношения содержаний радия и урана — коэффициента радиоактивного равновесия (КРР). Оно обусловлено миграционной способностью этих элементов в ситуации подвижной, открытой системы, каковой является урановорудное тело относительно молодых и всё ещё формирующихся инфильтрационных месторождений Чу-Сарысу. Вариации КРР здесь достигают более порядка даже в пределах одного рудного пересечения, что самым критичным образом влияет на кондиции руд. Следовательно, они должны учитываться при оценке и отработке месторождения. Метод гамма-каротажа (ГК), традиционно используемый при разведке и эксплуатации урановых месторождений, не позволяет достоверно распознать элемент-источник гамма-аномалии, поскольку определяет общий уровень гамма-активности без разделения на изотопы. Сопутствующий анализ кернового материала хоть и обеспечивает получение достаточно точной оценки содержания полезного компонента, но, в свою очередь, тоже имеет ограничения, связанные с неизбежными потерями образцов керна, а также высокой стоимостью кернового бурения и аналитических работ.

Применение нейтронных методов исследования скважин позволяет повысить достоверность геофизических заключений и, как следствие,

сократить сроки и затраты на поиски и разведку, применять более прогрессивные и экономичные системы разработки месторождений, повысить коэффициент извлечения запасов. Использование нейтронных методов дает возможность значительно уменьшить ошибки при подсчете запасов и повысить удельную эффективность затрат на разведку. Отсюда вытекает высокая перспективность научных, опытно-методических и производственных работ по совершенствованию существующих и созданию новых нейтронных методов исследования горных пород.

Внедрение метода достоверного определения содержания урана непосредственно в буровых скважинах является оптимальным решением задачи повышения эффективности поисково-оценочных и разведочных работ на пластово-инфильтрационных месторождениях урана. Таким методом является каротаж мгновенных нейтронов деления (КНД-м).

КНД-м является одной из модификаций импульсных нейтрон-нейтронных методов каротажа (ИННК) и служит для прямого определения урана в скважинах [46]. Метод основан на регистрации мгновенных нейтронов деления протекающих в основном на радионуклидах  $^{235}\text{U}$  при облучении рудовмещающих пород потоком быстрых нейтронов от импульсного нейтронного генератора. Следовательно, данные измерения не зависят от содержаний в рудах радия, тория, радиоизотопа калия, и интерпретация их результатов, в отличие от данных гамма-каротажа, не требует внесения поправок на радиоактивное равновесие между элементами ураново-радиевого ряда.

Опыт применения аппаратуры КНД-м показал преимущества этого метода перед ГК (устойчивость к смещению радиоактивного равновесия, более точное определение мощностей продуктивных интервалов, отсутствие влияния эффекта «отжатия» радона). Природа этого явления обусловлена формированием зоны проникновения фильтрата бурового раствора в пористые горизонты. Замещение пластовых вод фильтратом приводит к снижению интенсивности гамма-излучения, следовательно, требуется введение соответствующих поправочных коэффициентов в данные измерений ГК.

Применение метода КНД-м в качестве экспресс-метода экономически выгоднее, чем отбор и анализ керна, тем более что результаты анализа, как правило, появляются у геолога со значительным опозданием после бурения скважины. Это связано с тем, что анализ керна включает в себя очистку, сушку, анализ гранулометрического состава, регистрацию гамма излучения керна и т. д., что занимает значительное время. Данные КНД-м позволяют выбрать правильный алгоритм расчета содержаний урана с учетом геохимической обстановки и однозначно определить интервал посадки фильтров при сооружении технологических скважин.

На сегодняшний день существует два основных типа аппаратуры КНД-м: одно-зондовая — с одним детектором для регистрации мгновенных нейтронов деления (МНД) и монитором для оценки потока нейтронов генератора, и двухзондовая — с двумя детекторами для регистрации МНД на разных расстояниях от источника нейтронов и монитором для оценки потока нейтронов генератора. В настоящее время на рудниках НАК «Казатомпром» работы по КНД-м выполняются по однозондовой методике, так как отсутствует программно-математическое обеспечение для интерпретации результатов, полученных по двухзондовой методике КНД-м, а именно для уточненного определения содержания урана по рудным интервалам и для определения пористости и глинистости по рудоносной зоне. Стоит отметить, что при применении однозондовой методики использование современных генераторов нейтронов позволило значительно снизить статистические погрешности измерений содержания урана. Несмотря на это, однозондовая КНД-м с аппаратурой СПМ (АИНК-60) не определяет пористость (влажность)  $K_p$  и коэффициент глинистости  $K_{гл}$  в пределах рудных интервалов. На сегодняшний момент поправки за влажность приняты общими по месторождению и вносятся на основании полученных данных по керну. В случае достаточно больших вариаций влажности продуктивных интервалов такой подход приводит к возникновению неконтролируемых погрешностей.

При проведении работ по двухзондовой методике используется дополнительный блок детекторов. Его применение позволяет регистрировать скорость счета импульсов, которые связаны с петрофизическими свойствами горных пород (содержание в них хлора, бора, кадмия, водорода, лития и других редкоземельных элементов). Таким образом, при использовании двухзондовой аппаратуры КНД-м все существенные для определения рудных кондиций свойства пород (влажность, объёмный вес, содержание урана и др.) определяются в условиях их естественного залегания.

Использование КНД-М на стадии геологоразведочных работ позволяет существенно сократить расходы за счет: увеличения доли бескернового бурения до 85-90 % от общего объема буровых работ; сокращения затрат на транспортировку кернового материала до лаборатории; сокращения лабораторно-аналитических работ; сокращения затрат на захоронение кернового материала; повышения достоверности подсчета запасов урана на гидрогенных месторождениях по промышленным категориям и сокращения доли геологического риска на стадии разработки ТЭО и проекта добывающего предприятия.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты изучения минералогического состава руд месторождения указывают на их общность и аналогию с рядом инфильтрационных месторождений, выявленных, детально разведанных и эксплуатирующихся в сопредельных районах.

Для месторождения характерно значительное развитие в урановых рудах коффинита и менее настурана.

Руды месторождения монометалльны. Кроме урановой минерализации на выклинивании зоны пластового окисления отмечаются повышенные концентрации селена, ванадия, иттрия, рения и скандия не представляющих в настоящее время промышленного интереса.

Руды и вмещающие породы месторождения сложены нерастворимыми и труднорастворимыми в условиях ПВ минералами.

Для руд и вмещающих пород характерно стабильно низкое содержание минерализованной углекислоты, что является одним из благоприятных условий для сернокислотной технологии отработки месторождения способом ПВ.

Руды месторождения характеризуются низкими содержаниями пятиокси фосфора, общей серы и органического углерода.

Тонкодисперсное состояние рудной массы, средние содержания урана в рудах месторождения (0,027–0,095%), преобладание в составе руд шестивалентного урана являются благоприятными показателями для отработки их способом ПВ. Как показал опыт эксплуатации пластово – инфильтрационных месторождений Казахстана скважинным подземным выщелачиванием (СПВ), хвостовая и головная части рудных залежей обладают разной степенью выщелачиваемости. В частности было установлено, что извлечение урана из руд резко снижается (до 60%) при переходе от мешковой к крыльевой части залежей, что связано с различной формой нахождения урана в этих частях.

Также результаты оптических исследований показали, что Несмотря на достаточно высокие содержания урана в рудах верхнего крыла, следует отметить два фактора вялого протекания добычи урана – с одной стороны – низкий уровень сернокислотного закисления пород, с другой стороны - почти полное отсутствие геохимически активного уранконцентрирующего органического вещества.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Отчёт о результатах детальной разведки участка месторождения «Заречное» с подсчётом запасов урана (Том I-II). - 789 с.
- 2 Отчет о результатах работ «Разработка методики определения степени проработанности рудовмещающих пород и оценки качества выщелачивания урана при ПСВ» (Книга 1-2). – стр. 377.
- 3 Язиков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы: ТОО «Fortess», 2005. -394 с.
- 4 Калабин А.И. Добыча полезного ископаемого выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М.: Атомиздат, 1981. -145 с.
- 5 Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: Недра, 1983.
- 6 Инструкция по применению Классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана (Дополнение к Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд), ГКЗ РК, Астана, 2008. -296 с.
- 7 Мамилов В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980. - 240 с.
- 8 Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. //под ред. Скороварова Д.И. - М.: Энергоатомиздат, 1997.
- 9 Глазунов И.С., Определение рациональных сеток рабочих скважин на участках ПВ по трехрядной системе. М.: ЦНИИ Атоминформ. - 1974.
- 10 Новик-Качан В.П., Губкин Н.В., Десятников Д.Т. и др. Добыча металлов способом выщелачивания. М.: Цветметинформация. - 1970.
- 11 Шулика В.П., Вильнянский А.С., Глазунов И.С. Современное состояние подземного выщелачивания урана в капиталистических странах // Атомная техника за рубежом. -1983. -№ 3 С. 9-13.
- 12 Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Алматы». - Гылым». - 1997.
- 13 Викентьев В.А. и др. Экспертиза подсчётов запасов рудных месторождений. - М. - 1988.
- 14 Гольдштейн Р.И., Бровин К.Г., Натальченко Б.И., Шмариович Е.М. Экологическое состояние пластовых вод на инфильтрационных месторождениях урана, предназначенных для отработки подземным выщелачиванием. - М. -1990.
- 15 Гольдштейн Р.И., Бровин К.Г., Каримов Х.К., Натальченко Б.И., Султанходжаев А.Н., Шмариович Е.М. Металлогения артезианских бассейнов Средней Азии. -Ташкент: «Фан». -1992.
- 16 Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. - М., Недра. – 1983.
- 17 Иванов К.Е. Разработка и внедрение комплекса геофизических методов и интерпретация результатов для месторождений обрабатываемых подземным выщелачиванием. - М.-1982.

18 Иванов К.Е. Разработка геофизических методов определения фильтрационных характеристик пород и руд гидрогенных месторождений и контроля процесса ПВ. - М.-1988.

19 Инструкция о содержании, оформлении и порядке предоставления отчётов в ГКЗ СССР.

20 Инструкция по гамма – каротажу при поисках и разведке урановых месторождений. - М.- 1987.

21 Инструкция по применению классификации запасов месторождений радиоактивных руд. - ГКЗ СССР. М. - 1986.

22 Каждан А.В. Методологические основы разведки полезных ископаемых. - М. - 1974.

23 Коган И.Д. Подсчёт запасов и геолого – промышленная оценка рудных месторождений. - М. - 1974.

24 Комплексы подземного выщелачивания. Под редакцией Кедровского О.Л. - М.: Недра, 1992.

25 Методические рекомендации по геолого – экономической оценке месторождений твёрдых полезных ископаемых. Министерство геологии и охраны недр РК, ГКЗ РК. Алматы, 1994.

26 Мамилев В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. Москва. Атомиздат.- 1980.

27 ОСТ 41-01-19-89. - М., 1974.

28 Погребницкий Е.О. Геолого – экономическая оценка рудных месторождений. - М., 1974.

**Список научных трудов  
Абенов Уланбек Шахмаевич**

Сведения о работе					
№	Наименование работ	Вид работы: статья, доклад	Издательство, год издания	Объем, стр.	Соавторы
1.	Роль комплексных геолого-геофизических исследований при разведке урановых месторождений гидрогенного типа для выявления геотехнологических особенностей и обоснования причин их влияния на добычу (на примере месторождения Заречное сырдарьинской провинции)	Статья	Труды Сагпаевских чтений – Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом Секторах экономики РК Том I Алматы, 2019. Ст 140-143.	3	Ю.В.Селезнева С.А.Седьшев

**Директор Института геологии, нефти и горного дела им.К.Турысова**

**Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ**

**Научный руководитель**

**Ведущий геолог ТОО «Два Кей»к.г.-м.н.**

**Автор работ**

**Сыздыков А.Х.**

**Бекботаева А.А.**

**Селезнева В.Ю.**

**Абенов У.Ш.**



## ОТЗЫВ

Научного руководителя на диссертационную работу  
Абенова Уланбека Шахмаевича на тему:

### **«Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения Заречное»**

В настоящее время в Казахстане есть 53 месторождения с балансовыми запасами урана, из которых разрабатывались 16, остальные 37 находятся в резерве. Большая часть запасов урана пригодна для отработки методом подземного выщелачивания (ПВ). Такой способ пригоден для разведанных месторождений с низкими содержаниями и для тех, что залегают на глубинах 300-700 метров. Казахстан обеспечен разведанными запасами урана на довольно длительную перспективу.

Все это позволило Республике занять лидирующую позицию среди сырьевых держав мира в урановой отрасли: она имеет 37% от общемирового объема добычи урана, занимает 1-е место в мире по добыче и 2-е место по запасам урана. Стоимость урана такая же, как стоимость золота лет 10 тому назад. По мнению экспертов, цена урана может вырасти в 6-8 раз, хотя в нынешнее время цены на уран очень низкие. Ожидается, что в будущем они вырастут.

Добыча природного урана остаётся для Казахстана одной из стратегических отраслей, а сам уран – важным экспортным продуктом. Об этом говорят за себя сами цифры: в 2018 году добыча урана акционерного общества национальной атомной компании "Казатомпром" (АО «НАК «Казатомпром») составила 23% от общемирового объёма производства. Этот показатель и сейчас сохраняется на высоком уровне. Всего национальная компания «Казатомпром» вместе с дочерними, зависимыми и совместными предприятиями работает на 26 добычных участках по всему Казахстану. Они объединены в 13 горнорудных активов.

Однако ведущая группа урановых месторождений и одноименных им урановодобывающих предприятий Казахстана, ведущих одновременно разведку, добычу и переработку руд непосредственно на местах их добычи методом подземного выщелачивания через систему скважин (ПСВ) сконцентрированы на территории Шу-Сарысуйской и Сырдарьинской провинций Южного Казахстана. Когда-то обе провинции представляли собой единый осадочный бассейн, разделенный на два после поднятия хребта Большого Каратау. Разница между обеими провинциями заключается в том, что большая часть месторождений находится на территории Шу-Сарысуйской впадины, приуроченных к двум рудоконтролирующим зонам регионального пластового окисления (ЗПО): верхнемеловой и палеоген-неогеновой, в то время как основная группа месторождений Сырдарьинской провинции (Заречное, Харасан, Карамурун, Ирколь) приурочена лишь к верхнемеловой ЗПО. Глубины залегания рудных горизонтов меняются от больших глубин (700-600 м) вблизи хребта Б.Каратау для месторождений, приуроченных к верхнемеловой ЗПО, и вышележаются в

северном обрамлении Шу-Сарысуйской впадины (250–300м) свойственных месторождениям.

Месторождение Заречное является типичным представителем месторождений гидrogenного типа Сырдарьинской провинции, характеризующегося уникальными запасами легкорастворимых форм урана. В отличие от месторождений Шу-Сарысуйской провинции, залегающих к югу от поднятия Каратау, инфильтрационное комплексное урановое месторождение Заречное находится на левобережье реки Сырдарья, в северном обрамлении горст-антиклинального поднятия Каратау. Рудные залежи приурочены к 4-м рудовмещающим горизонтам обводненных песчаных отложений сантонского, кампанского и маастрихтского ярусов верхнего мела на глубинах 480 – 740 метров в напорных условиях.

Несмотря на детальную изученность месторождения в ходе многоэтапности разведочных работ и геотехнологических особенностей многоярусных руд роллового типа и вмещающих их пород, этих данных оказалось недостаточно для того, чтобы объяснить причину низких темпов отработки и вялого проведения процесса ПВ на отдельных эксплуатационных блоках. Месторождение урана Заречное имеет ряд особенностей, оказывающих существенное влияние на подбор методики отработки руд, включая закисление, выщелачивание и доработку запасов до заданного извлечения.

**Цель работы** – для выявления этих причин наиболее актуальным является научное обоснование проведения геологического контроля или геологического сопровождения за текущим процессом добычи урана на руднике Заречное с помощью контрольного бурения, достоверного подъема керна (не менее 75%) с последующим отбором и целевым анализом проб из рудных интервалов заданных глубин, отбиваемых по данным гамма-каротажа (ГК), что позволит обеспечить значимый экономический эффект для рудников.

**Задачи исследований.** Для достижения поставленной цели диссертантом были решены следующие задачи:

- изучены все отчеты о результатах разведки месторождения Заречное с начала его открытия;
- изучены результаты работы рудника с начала освоения до настоящего времени;
- практика показала, что геологическая и геотехнологическая обстановка на месторождении неоднородна и способна меняться от одного участка к другому, что может отражаться на работе технологических блоков.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- в проведении предварительной или опережающей оценке геотехнологических особенностей вводимых в эксплуатацию геотехнологических блоков;
- в разработке плана опробования, который позволит:

- оценивать каждый обрабатываемый горизонт по пробам воды и керна на стадии бурения и строительства технологических скважин в пределах нужного блока;
- оценивать работу того же технологического блока по извлекаемым продуктивным растворам (отбор проб из ТУР);
- оценивать работу того же технологического блока при условии его переработки на заводе (отбор проб из технологических растворов и маточника сорбции).

**Методы исследований.**

1. Гранулометрический анализ песчаных проб.
2. Изучение вещественного состава проб руды и вмещающих пород (минералого-петрографические исследования).
3. Микроскопические исследования оптических препаратов (ОП) водных проб просвечивающей оптической микроскопией (ПОМ) методом микрокристаллоскопического анализа (МКСА).
4. Рентгенофазовый анализ (РФА).
5. Анализ массива полученных данных путем сравнения с результатами геофизических исследований в скважинах, в т.ч. с учетом каротажа нейтронного деления (КНД).

По содержанию, объему и структуре магистерская диссертация соответствует государственному образовательному стандарту. Магистерская диссертация выполнена самостоятельно на фактических производственных материалах, имеет большое практическое значение для внедрения его на производстве. Автор достойно выполнил все научные и практические исследования, его диссертационная работа полностью соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям и предлагается научным руководителем к защите.

**Научный руководитель,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
инженер-геолог ТОО «Два Кей»**

« 09 » 12 2019 г.



**В.Ю. Селезнева**

**РЕЦЕНЗИЯ**

на магистерскую диссертацию магистранта

(наименование вида работы)

Абенову Уланбеку Шахмасвичу

(Ф.И.О. обучающегося)

6М070600 - Геология и разведка месторождений полезных ископаемых  
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Геологические особенности уранового оруденения и комплексное геолого-геофизическое изучение месторождения АО СП Заречное»

- а) графическая часть на \_\_\_\_\_ листах  
б) пояснительная записка на \_\_\_\_\_ с границах

**ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

Выбранная тема магистерской диссертаций для исследования представляется актуальной, особенно в связи с развитием атомной энергетики. Поэтому масштабы переработки урановых руд на соединения урана увеличиваются. Изучение геолого-литологических особенностей руд и рудовмещающих толщ, предоставляет исходные данные для определения геотехнологических характеристик и определяет особенности морфологии рудных тел, которые важны для оптимизации добычи урана. В результате геолого-литологических изучений определяются параметры, которые являются решением важной производственной проблемы, как определение наиболее оптимального варианта вскрытия рудной залежи технологическими скважинами.

Магистрантом обработано большое количество теоретического и практического материала, на достаточно высоком методологическом уровне, проведено геологическое изучение материала месторождений «Заречное». Содержание работы полностью соответствует заданию. Материал в работе изложен с соблюдением внутренней логики, между разделами существует логическая взаимосвязь. Существенных недостатков работа не имеет.

**Оценка работы**

В данной диссертации корректно сформулирована цель, выявлен конкретный объект, методы и методология исследования. Были использованы современные научные методы анализа и обработки данных: численные методы обработки геологических материалов и качественные графические материалы. Магистерская диссертация выстроена логически грамотно, с соблюдением правил оформления и использованием научного стиля. Магистерская диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным работам, и заслуживает оценки - «98 баллов».

**Рецензент,**

Заместитель начальника отдела геолого-геофизических  
и тематических исследований. ТОО "НПЦ ГеоКен",

г. Алматы

*Саманбетов Н.З.*

2019 г.



**Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем**

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Абенов Уланбек Шахмаевич

**Название:** маг.дисс. .doc

**Координатор:** Алма Бекботаева

**Коэффициент подобия 1:** 0,9

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Тревога:** 6

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

..... 10.12.2019г. ....

Дата

..... Сир - .....

Подпись Научного руководителя

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Абенов Уланбек Шахмаевич

**Название:** маг.дисс. .doc

**Координатор:** Алма Бекботаева

**Коэффициент подобия 1:**0,9

**Коэффициент подобия 2:**0

**Тревога:**6

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Дата *08.12.2019*

*Алма Бекботаева А.*  
.....  
Подпись заведующего кафедрой / *Г.П.Иван*  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

*Допустить к защите*  
.....

