

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


Ерназарова Динара Танатаровна

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
На соискание академической степени магистра


Название диссертации: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

Направление подготовки: «6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия»

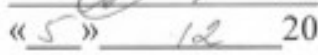
Научный руководитель  
к.г.-м.н., ассоц.профессор  
Satbayev University


 Я.К.Аршамов  
«04» 12 2019 г.

Рецензент  
PhD доктор, научный сотрудник  
ТОО «Институт геологических наук  
им.К.И.Сатпаева»

 Д.О.Даутбеков  
«5» декабря 2019 г.

Нормоконтролер  
канд. геол.-минерал.наук, лектор

 С.К.Асубаева  
«5» 12 2019 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор  
 А.А. Бекботаева  
«9» 12 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 месторождений  
полезных ископаемых

6M070600 – «Геология и разведка урановых месторождений/Геохимия»



**УТВЕРЖДАЮ**

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

«09» 12 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Ерназаровой Динаре Танатаровне

Тема: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

Утвержденный приказом по университету №1700-М от «14» февраля 2019 г.

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

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

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:



- а) анализ существующего метода подсчета вскрытых запасов урана
- б) новая методика подсчета вскрытых запасов урана
- в) экономическая эффективность новой методики
- г) приложения

Перечень графического материала:


- а) Обзорный план подсчета запасов участка «Центральный»;
- б) Геотехнологические разрезы участка «Центральный»;
- в) Геологическая карта Северо-Западной части ШСД

### 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 к.г.-м.н., ассоц.профессор Satbayev University Я.К.Аршамов	7.10.2019	
1 Общие сведения об объекте		10.10.2019	
2 Геологическая строение месторождения		21.10.2019	
3 Подсчет запасов инфильтрационных месторождений урана отработываемых способом ПСВ		04.11.2019	
4 Специальная часть: Пересчет вскрытых запасов урана на участке «Центральный» месторождения Мынкудук		18.11.2019	
Экономический эффект		25.11.2019	
Заключение		02.12.2019	
Нормоконтролер	Канд. геол.- минерал.наук, лектор С.К.Асубаева	5.12.192	

Научный руководитель  / Я.К.Аршамов /  
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант  / Д.Т.Ерназарова /  
(подпись)

Дата

« 5 » декабря 2019 г.

**ОТЗЫВ**  
**ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

Ерназаровой Динары Танатаровны

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

На тему: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

В диссертационной работе Ерназаровой Д.Т. освещается общее и геологическое описание участка «Центральный» гидрогенного уранового месторождения Мынкудук, являющегося подходящим типичным представителем гидрогенных урановых месторождений Казахстана обрабатываемых полиэтажным способом подземного скважинного выщелачивания, а также используемый способ подсчета вскрытых запасов урана при его освоении и актуальные методы совершенствования используемой методики при подсчете вскрытых запасов урана со сложной морфологией и неравномерной сетью используемых в подсчете запасов скважин.

Диссертационная работа содержит четыре основных глав.

В первой главе описаны общие сведения и состояние разведанности месторождения Мынкудук.

Во второй главе описываются особенности геологического строения и характеристика уранового оруденения.

Третья глава посвящена применяемым инструкциям, классификациям и методикам к типичным гидрогенным месторождениям, принятым кондициям на участке «Центральный» и использованному методу подсчета геологических запасов урана – методу геологических блоков.

В четвертой главе автор приводит результаты подсчета вскрытых и не вскрытых запасов урана новому методу с использованием способа многоугольников и стандартному используемому добычными предприятиями АО «НАК «Казатомпром» способу геологических блоков, а также сравнительные вычисления двумя методами.

**ОТЗЫВ**  
**ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию  
Ерназаровой Динары Танатаровны

6M070600 – «Геология и разведка урановых месторождений/геохимия»

На тему: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

В диссертационной работе Ерназаровой Д.Т. освещается общее и геологическое описание участка «Центральный» гидрогенного уранового месторождения Мынкудук, являющегося подходящим типичным представителем гидрогенных урановых месторождений Казахстана обрабатываемых полиэтажным способом подземного скважинного выщелачивания, а также используемый способ подсчета вскрытых запасов урана при его освоении и актуальные методы совершенствования используемой методики при подсчете вскрытых запасов урана со сложной морфологией и неравномерной сетью используемых в подсчете запасов скважин.

Диссертационная работа содержит четыре основных глав.

В первой главе описаны общие сведения и состояние разведанности месторождения Мынкудук.

Во второй главе описываются особенности геологического строения и характеристика уранового оруденения.

Третья глава посвящена применяемым инструкциям, классификациям и методикам к типичным гидрогенным месторождениям, принятым кондициям на участке «Центральный» и использованному методу подсчета геологических запасов урана – методу геологических блоков.

В четвертой главе автор приводит результаты подсчета вскрытых и не вскрытых запасов урана новому методу с использованием способа многоугольников и стандартному используемому добычными предприятиями АО «НАК «Казатомпром» способу геологических блоков, а также сравнительные вычисления двумя методами.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
К.И. САТПАЕВА

По сравнительным итогам, разработанный метод обладает целым рядом преимуществ перед используемыми ранее методами, среди которых: более высокая точность подсчёта; возможность подсчёта узких по площади блоков без площадного искажения; отсутствие необходимости в среднеблочных вычислениях, объединении скважин и использовании коэффициента рудоносности без искажения количества запасов; более быстрый расчёт при использовании современных компьютерных программных решений; возможность вывода всех значений по каждой скважине, ячейке и любой выбранной конфигурации.

Глава является исключительно интересной в научном и практическом плане, а предлагаемая в ней новая методика легко реализуема в действующем производственном процессе без дополнительных вложений и затрат. При её реализации на производстве ожидается высокий экономический эффект.

Диссертационная работа соответствует всем предъявляемым техническим требованиям и заслуживает отличной оценки, а автор — академической степени магистра техники и технологии по специальности 6М070600 – «Геология и разведка урановых месторождений/геохимия».

Производственный руководитель  
Главный специалист по геологии ОГГР  
АО «Волковгеология»

« 09 » декабря 2019 год



Мендыгалиев А.А.

**ОТЗЫВ**  
**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

Ерназаровой Динары Танатаровны

6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия

На тему: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

Диссертационная работа Ерназаровой Д.Т. посвящена изучению геологических особенностей уранового месторождения, способу подсчета вскрытых запасов урана на месторождении со сложной морфологией, многоуровневой и неравномерной эксплоразведочной сетью геотехнологических скважин. В основу диссертации положен богатый фактический материал по характеристике гидрогенного месторождения урана Мынкудук, собранный магистрантом в фондах производственных и научных организаций. Кроме того, автором был широко использован фонд многочисленных публикаций по подсчету запасов урана как отечественных, так и зарубежных исследователей.

Содержание работы состоит из четырех основных глав. Во введении приведены актуальность темы исследования, поставлена цель работы, указаны объекты и предметы исследования, определены задачи.

В первом разделе диссертации описаны общие сведения, состояние разведанности месторождения Мынкудук.

Во второй главе описываются особенности геологического строения, характеристика уранового оруденения, литолого-фациальная и геохимическая характеристика продуктивных горизонтов, морфологические особенности рудных залежей.

В третьей главе подробно описан существующий метод подсчета вскрытых запасов урана, обрабатываемых способом ПСВ – метод геологических блоков.

В четвертой главе приведены результаты подсчета вскрытых и не вскрытых запасов урана по новому методу многоугольников, сравнительные вычисления двумя методами. По итогам которых, разработанный метод

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
К.И. САТПАЕВА

обладает целым рядом преимуществ перед используемыми ранее методами, среди которых: более высокая точность подсчёта; возможность подсчёта узких по площади блоков без площадного искажения; отсутствие необходимости в среднеблочных вычислениях, объединении скважин и использовании коэффициента рудоносности без искажения количества запасов; более быстрый расчёт при использовании современных компьютерных программных решений; возможность вывода всех значений по каждой скважине, ячейке и любой выбранной конфигурации.

Глава является исключительно интересной в научном и практическом плане.

Диссертация завершается заключением и списком использованных источников.

*Научная и практическая значимость* диссертации заключается в выборе новой методики подсчета вскрытых запасов урана, для обеспечения качества, точности и сокращения времени в выполнении расчетов.

*Уровень научной разработки* достаточно высокий и соответствует требованиям магистерских диссертаций.

Диссертационная работа выполнена на должном техническом уровне.

В целом, в процессе работы над магистерской диссертацией повысился уровень теоретической подготовки магистранта, и работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям.

Магистерская диссертация заслуживает отличной оценки, а автор — академической степени магистра техники и технологии по специальности 6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия.

**Научный руководитель**

Научный руководитель  
канд. геол.-мин. наук, асоц. профессор  
Я.К. Аршамов

(подпись)

« 4 » 12 2019 г.



## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Ерназаровой Динары Танатаровны

6M070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия

На тему: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

Магистерская диссертация состоит из 4 глав, содержит 96 страниц машинописного текста, список 18 шт. используемой литературы, 13 рисунков, 17 таблиц.

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Магистерская диссертация Ерназаровой Динары Танатаровны содержит все необходимые материалы, освещающие полностью тему работы, от особенностей геологического строения до методики подсчета вскрытых запасов на урановом месторождении Мынкудук, участка «Центральный».

В работе отражены результаты сравнительного анализа пересчета вскрытых запасов урана методом геологических блоков и методом многоугольников, также называемым методом ближайшего района или методом Болдырева.

Диссертационная работа Ерназаровой Д.Т. имеет внутреннее единство, написана соискателем самостоятельно. В геологической части автор подробно описал о генезисе месторождения, об особенностях оруденения, морфологии рудных тел, литолого-фациальной и геохимической характеристике продуктивных горизонтов; в части подсчета запасов, описана существующая методика - геологических блоков, в специальной части автор освещает результаты пересчета вскрытых и не вскрытых запасов урана по новой методике, разработанной рабочей группой АО «Волковгеология» для рудника «Центральный Мынкудук».

Соискатель произвел самостоятельный пересчет запасов геологических и технологических блоков двумя методами, по итогам которого, метод многоугольников действительно показал высокую точность, качество и скорость выполнения вычислительных работ с применением компьютерной программы «Mapinfo».

Основные результаты исследований отражены в опубликованной работе соискателя.

Фактов недобросовестности соискателя нет.

Всё сказанное позволяет считать рассмотренную диссертацию, написанную на базе большого фактического материала, вполне соответствующей требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, а самого автора работы достойным искомой степени.

### Оценка работы

В целом, магистерская диссертация написана грамотно, на высоком профессиональном уровне, с четким описанием каждого раздела, освещающими все необходимые геологические аспекты. Данная диссертация отвечает всем требованиям к магистерской диссертации.

Автор доказал о готовности к самостоятельному анализу геологической информации, применению более современных и оптимальных способов решения задач и их применения на практике.

Диссертационная работа оценивается с высшим баллом «отлично» - 98%.

### Рецензент

PhD доктор, научный сотрудник  
ТОО «Институт геологических наук  
им.К.И.Сатпаева»

Д.О. Даутбеков

« 5 » декабря 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: Ерназарова Динара Танатаровна

Название: маг.дисс.прав. .doc

Координатор: Ялкунжан Аршамов

Коэффициент подобия 1:3,9

Коэффициент подобия 2:0,9

Тревога:3

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 к 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:

..... Работа признана самостоятельной и допускается к защите.....

..... 9.12.19.....

Дата



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:** Ерназарова Динара Танатаровна

**Название:** маг.дисс.прав. .doc

**Координатор:** Ялкунжан Аршамов

**Коэффициент подобия 1:**3,9

**Коэффициент подобия 2:**0,9

**Тревога:**3

**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 9/2.2019

*Динара Танатаровна*

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения



**Список научных трудов  
Ернизаровой Динары Танатаровны**

<b>Сведения о работе</b>					
<b>№</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Вид работы: статья, доклад</b>	<b>Издательство, год издания</b>	<b>Объем, стр.</b>	<b>Соавторы</b>
	1.	2.	3.	4.	5.
1.	Выбор оптимального метода подсчета вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере участка «Центральный Мынкудук»	Статья	Труды Сатпаевских чтений – Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК, Том 1, Алматы, 2019, 194-198 стр.	5	Мендыгалиев А.А., Аршамов Я.К.
2.	Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом ПСВ на примере месторождения Центральный Мынкудук	Статья	Проблемы геологии и освоения недр, труды XXIII Международного симпозиума им.М.А.Усова, Томск, 2019, 42 – 44 стр.	3	Мендыгалиев А.А., Аршамов Я.К.
3.	Выбор оптимального метода подсчета вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере участка «Центральный Мынкудук»	Доклад	Сборник трудов IX МНПК «Актуальные проблемы урановой промышленности» АО «НАК «Казатомпром», Алматы, 2019, 104 – 107 стр.	4	Мендыгалиев А.А.

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

**Заведующий кафедрой ГСПИРМИИ**

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

**Автор работ**

**Сыздыков А.Х.**

**Бекботаева А.А.**

**Аршамов Я.К.**

**Ернизарова Д.Т.**



Handwritten signatures of the individuals listed in the text above, including the Director, Head of Department, and the author.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

Ерназарова Динара Танатаровна

«Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана  
для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного  
выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

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

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 месторождений  
полезных ископаемых

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Ерназарова Динара Танатаровна

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

Название диссертации: **«Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»**

Направление подготовки: «6М070600 – Геология и разведка урановых месторождений/геохимия»

Научный руководитель  
к.г.-м.н., ассоц.профессор  
Satbayev University

\_\_\_\_\_ Я.К.Аршамов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Рецензент

PhD доктор, научный сотрудник  
ТОО «Институт геологических наук  
им.К.И.Сатпаева»

\_\_\_\_\_ Д.О.Даутбеков

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер

канд. геол.-минерал.наук, лектор  
\_\_\_\_\_ С.К.Асубаева

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор  
\_\_\_\_\_ А.А. Бекботаева

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Алматы 2019



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела

Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор

А.А. Бекботаева

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Ерназаровой Динаре Танатаровне

Тема: «Актуальные проблемы и их решение при подсчете вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания на примере месторождения Центральный Мынкудук»

Утвержденный приказом по университету №1700-М от «14» февраля 2019 г.

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

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

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации:

- а) анализ существующего метода подсчета вскрытых запасов урана
- б) новая методика подсчета вскрытых запасов урана
- в) экономическая эффективность новой методики
- г) приложения

Перечень графического материала:

- а) Обзорный план подсчета запасов участка «Центральный»;
- б) Геотехнологические разрезы участка «Центральный»;
- в) Геологическая карта Северо-Западной части ШСД

Рекомендуемая основная литература:

- 1 Н.Н.Петров, Б.Р.Берикболов, Х.Б.Аубакиров, А.Ф.Вершков, В.Ф.Лухтин, В.Н.Плеханов, В.М.Черняков, В.Г.Язиков «Урановые месторождения Казахстана», г. Алматы, 2008
- 2 Домаренко В.А. «Геология месторождения руд редких и радиоактивных элементов: Прогнозирование, поиски и оценка», «Юрайт», Москва, 2017
- 3 А.Ф.Вершков, А.Г.Наталов «Отчет о результатах детальной разведки участка Центральный уранового месторождения Мынкудук с подсчетом запасов урана по состоянию на 01.01.2010г.», г. Алматы, 2010
- 4 А.Ф.Вершков, Мендыгалиев А.А. «Отчет по разработке методики пересчета запасов технологических блоков рудника «Центральный Мынкудук», г. Алматы, 2018

### ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение		
1 Общие сведения об объекте		
2 Геологическое строение месторождения		
3 Основная часть: Подсчет запасов инфильтрационных месторождений урана обрабатываемых способом ПСВ		
4 Пересчет вскрытых запасов урана на участке «Центральный» месторождения Мынкудук		
Экономический эффект		
Заключение		

## 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 к.г.-м.н., ассоц.профессор Satbayev University Я.К.Аршамов		
1 Общие сведения об объекте			
2 Геологическая строение месторождения			
3 Основная часть: Подсчет запасов инфильтрационных месторождений урана отрабатываемых способом ПСВ			
4 Пересчет вскрытых запасов урана на участке «Центральный» месторождения Мынкудук			
Экономический эффект			
Заключение			
Нормоконтролер	Канд. геол.- минерал.наук, лектор С.К.Асубаева		

Научный руководитель \_\_\_\_\_ / Я.К.Аршамов /  
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ /Д.Т.Ерназарова /  
(подпись)

Дата

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## АННОТАЦИЯ

По данным WNA (Всемирная Ядерная Организация) начиная с 2025 года мировой спрос на уран будет устойчиво превышать предложение, рост потребностей АЭ составит 50%, с 67 тыс. до 100 тыс.т. Возникает вопрос о том, чем можно будет обеспечить растущий спрос на уран? Освоение резервных месторождений, восполнение минерально – сырьевой базы; вторичные источники и складские запасы; новые открытия (геологоразведка) – проведение данных мероприятий мировой урановой промышленностью помогут ответить на вызов времени.

Внедрение в национальное производство урана Республики Казахстан лучших мировых практик, таких как: передовые технологии в бурении, сооружении, РВР, обслуживании скважин; развитие сырьевой базы – 3d моделирование месторождений, автоматизированный подсчет запасов; технические инновации в моделировании процессов ПСВ для их управления, попутная добыча ценных компонентов из растворов ПСВ; снижение операционных затрат – оптимизация горных работ, снижение расхода реагентов – все это основные направления инновационного развития, способные удержать низкую себестоимость добычи при современных вызовах уранового рынка.

В настоящей диссертационной работе рассмотрен один из важных процессов работы геологической службы рудника - подсчет вскрытых запасов урана для их дальнейшей многоэтажной отработки способом подземного скважинного выщелачивания.

Произведен сравнительный анализ существующего метода подсчета вскрытых запасов урановых руд – метода геологических блоков с способом ближайшего района, известного также как метод многоугольников, метод Болдырева, легко осуществляемый при помощи функции компьютерной программы Mapinfo – «Полигоны Вороного».

В результате исследования доказано, что для участка «Центральный» месторождения «Мынкудук», при подсчете вскрытых и не вскрытых запасов урана, со сложной морфологией рудных залежей и при неравномерной сети, более эффективным и точным является применение второго метода.

## АҢДАТПА

WNA деректері бойынша (Дүниежүзілік ядролық ұйым) 2025 жылдан бастап уранға деген сұраныс ұсыныстан тұрақты асатын болады, АЭ қажеттілігінің өсуі 50%, 67 мың т. 100 мың т. дейін кұрайды. Уранға өсіп келе жатқан сұранысты немен қамтамасыз етуге болады деген сұрақ туындайды? Резервтік кен орындарын игеру, минералдық-шикізат базасын толықтыру; қайталама көздер мен қоймалық қорлар; жаңа ашылулар (геологиялық барлау) - әлемдік уран өнеркәсібінің осы іс-шараларын жүргізуге көмектеседі.

Қазақстан Республикасының Ұлттық уран өндірісіне: бұрғылаудағы, құрылыстағы, РҚКЖ, ұңғымаларға қызмет көрсетудегі озық технологиялар; шикізат базасын дамыту – ресурстарды 3d үлгілеу, қорларды автоматтандырылған технологиямен есептеу; оларды басқару үшін ҰЖШ процестерін моделдеудегі техникалық инновациялар, ҰЖШ ерітінділерінен бағалы компоненттерді ілеспе өндіру; операциялық шығындарды төмендету – тау – кен жұмыстарын оңтайландыру, реагенттер шығынын төмендету-осының барлығы негізгі бағыттар болып табылады.

Осы диссертацияқ жұмыста кеніштерде геологиялық қызметінің маңызды және аяқталу процестерінің бірі - ұңғымалық жерасты шаймалау тәсілімен одан әрі көп қабатты өңдеу үшін уранның ашылған қорларын есептеу қарастырылған. Уран кендерінің ашылған қорларын есептеу әдісіне – басқа тәсілмен геологиялық блоктар әдісіне - Болдырев көпбұрыштарына салыстырмалы талдау жүргізілді.

Зерттеу нәтижесінде "Мыңқұдық" кенорнының "Орталық" учаскесі үшін уранның ашылған және ашылмаған қорларын есептеу кезінде, кен шоғырларының күрделі морфологиясы бар және технологиялық, барлау ұңғымаларын біркелкі емес бөлу кезінде уранның ашылған қорларын есептеудің жаңа әдістемесін қолдану неғұрлым тиімді болып табылатыны дәлелденді.

## ANNOTATION

According to the WNA (world Nuclear Organization), starting from 2025, the demand for uranium will steadily exceed the supply, the growth of the needs of nuclear power plants will be 50%, from 67 thousand to 100 thousand tons. The development of reserve deposits, replenishment of mineral resources; secondary sources and stocks; new discoveries (exploration) - the implementation of these activities by the world uranium industry will help to meet the challenge of time. Introduction of the best world practices into the national uranium production of the Republic of Kazakhstan, such as: advanced technologies in drilling, construction, well maintenance; development of raw materials base-3d modeling of resources, automated calculation of reserves; technical innovations in modeling of ISL (In Situ Leach) processes for their management, associated production of valuable components from ISL solutions; reduction of operating costs-optimization of mining operations, reduction of reagent consumption – all these are the main directions of innovative development that can keep production costs low in the face of modern challenges of the uranium market.

In this dissertation work, one of the important and final processes of the geological survey of the mine - the calculation of discovered uranium reserves for their further multi-storey mining method of underground borehole leaching. A comparative analysis of the existing method of counting the discovered reserves of uranium ores - the method of geological blocks in another way-Boldyrev polygons, carried out using the function of the computer program Mapinfo - "Voronov Polygons".

As a result of the study, it was proved that for the "Central" section of the Mynkuduk deposit, when calculating uncovered and undiscovered uranium reserves, with a complex morphology of ore deposits and with an uneven distribution of technological and exploration wells, using of a new method of counting uncovered uranium reserves is more effective.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1 Общие сведения об участке «Центральный» месторождения Мынкудук	14
1.1 Этапы геологического исследования района месторождения Мынкудук	17
1.2 Состояние разведанности месторождения	17
2. Геологическое строение месторождения	22
2.1 Особенности геологического строения палеозойского фундамента	22
2.2 Стратиграфия мезозойско-кайнозойских отложений	23
2.2.1 Мел-палеогеновый комплекс	23
2.2.2 Неоген-четвертичный комплекс	26
2.3 Тектоническая структура месторождения	27
2.4 Характеристика уранового оруденения	28
2.5 Литолого-фациальная и геохимическая характеристика продуктивных горизонтов	31
2.6 Морфологические особенности рудных залежей	33
2.7 Вещественный состав руд и вмещающих пород	34
2.8 Минералого – петрографическая характеристика	35
2.9 Урановая и сопутствующая минерализация	39
2.10 Характеристика рудоконтролирующей эпигенетической зональности	41
2.11 Генезис урановых руд	45
3 Основная часть: Подсчет запасов инфильтрационных месторождений урана обрабатываемых способом ПСВ	47
3.1 Группы инфильтрационных месторождений по надежности технико – экономических обоснований и их разработки	47
3.2 Стадийность геологоразведочных работ	48
3.3 Группы запасов урана и ППК в инфильтрационных месторождениях по их экономическому значению	52
3.4 Кондиции, принятые для подсчета запасов урана на месторождении Мынкудук	58
3.5 Методика подсчета запасов геологических блоков	59
3.5.1 Построение контуров подсчетных блоков в разрезе и в плане	62
3.5.2 Определение мощностей рудных интервалов и содержаний урана по пересечениям и блокам	65
3.5.3 Определение коэффициента рудоносности	66
3.5.4 Измерение площадей подсчетных блоков	66
3.5.5 Определение объемного веса руд	67
4 Пересчет вскрытых запасов урана на участке «Центральный»	68
4.1 Оконтуривание и формирование геотехнологических блоков	69

4.2 Построение геотехнологических и геологических разрезов	71
4.3 Построение карты рудоносности	72
4.4 Анализ и учет геологических, добытых и погашенных запасов, подсчета вскрытых запасов урана	73
4.5 Выбор способа подсчета вскрытых запасов урана и их сопоставление	75
4.6 Построение плана подсчета запасов	79
4.7 Подсчет вскрытых запасов урана	81
4.8 Анализ качества вскрытия запасов, учет качества и количества не вскрытых геологических запасов, погашенных и остаточных запасов	84
4.9 Экономическая эффективность предлагаемой методики	87
Заключение	90
Перечень принятых сокращений, терминов	91
Список использованной литературы	92
Приложения	94



## ВВЕДЕНИЕ

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

В настоящее время месторождения со сложными горно-геологическими условиями, представленными многоярусным залеганием рудных залежей обрабатываются традиционными методами ПСВ урана. Однако, в процессе проведения ПСВ образуются ряд некорректных допущений и сложностей, таких как:

- не подтверждение запасов;
- допущение ошибок при сооружении блоков;
- не правильная посадка фильтров;
- образование застойных зон;
- низкий коэффициент фильтрации пород;
- не учитываются линзы не проницаемых пород;
- кольматация пласта, фильтра.

**Целью настоящей работы** является применение новой методики для подсчета вскрытых запасов урана для их многоэтажной отработки способом ПСВ на участке «Центральный» месторождения Мынкудук.

### **Задачи исследования:**

- анализ существующего метода подсчета запасов урана;
- описание предлагаемого нового метода подсчета (с помощью Mapinfo);
- обработка результатов исследования и выдача рекомендаций.

**Предметом исследования** является сложное гидрогенное месторождение урана – участок «Центральный» месторождения «Мынкудук».

### **Новизна работы:**

- предлагается оптимальный метод подсчета вскрытых запасов - метод многоугольников (способ ближайшего района, метод Болдырева), с помощью функции «полигоны Вороного» программы Mapinfo

**Личный вклад автора.** Сравнительный анализ, подсчет запасов геологических и технологических блоков двумя методами, подведение результатов с выводами.

**Практическая значимость работы** заключается в выборе новой методики подсчета вскрытых запасов урана, что обеспечит точность и сократит время выполнения расчетов.

**Публикации:** По теме диссертации опубликовано - 4 статьи в научно-исследовательских изданиях университетов и специализированных журналах РК.

**Объем и структура работы:** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, список 25 шт. используемой литературы и содержит 95 страниц машинописного текста, 13 рисунков, 17 таблиц.

Работа выполнена на кафедре «Геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» Института геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова Satbayev University.

## **1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТКЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЫНКУДУК**

Участок «Центральный» месторождения Мынкудук расположен в центральной части Шу-Сарысуйской депрессии. Общая площадь геологического отвода составляет 40,6 кв.км. В административном отношении район работ входит в состав Южно-Казахстанской области [1].

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

Ближайшие урановые месторождения: Буденновское, Шолак-Эспе, Инкай, Акдала, Жалпак, Уванас, Канжуган, Моинкум. На месторождениях Уванас, Канжуган, Моинкум, Мынкудук (уч. Восточный), Акдала, Инкай, Буденновское ведется добыча урана способом подземного скважинного выщелачивания дочерними предприятиями НАК «Казатомпром».

С освоением месторождений Канжуган и Моинкум связано строительство города Таукент, железнодорожной ветки Жанатас – Созак и материально-технической базы на территории железно - дорожной станции Созак.

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

От пгт. Кызымшек асфальтовая дорога проложена до рудника ПВ-19 (уч. Восточный) и далее на запад до рудника АО «КенДала» и рудника ТОО «Аппак» и соединяет последний с пгт. Тайконур. Таким образом, создана дорожная инфраструктура, соединяющая все уранодобывающие предприятия НАК «Казатомпром» с прирельсовыми базами, снабжающими рудники необходимыми материалами, оборудованием, реагентами и т.д.

Производственное и хозяйственно-питьевое водоснабжение промплощадки, зданий бытового назначения и вахтового поселка осуществляется из водозаборных скважин, откуда вода поступает в резервуары технической воды, из которых, насосами подается на технологические нужды ЦППР, а также на станцию обессоливания для приготовления воды питьевого качества. Установка по очистке и опреснению воды в контейнерном исполнении разработана и поставляется ТОО «Мембранные технологии С.А.». Производительность установки с учетом нужд промплощадки, бытовых зданий и вахтового поселка – 336,9 м<sup>3</sup>/сут.

Другие горнорудные предприятия по добыче и переработке свинцово-цинковых, медных, фосфоритовых руд, нерудных полезных ископаемых (Ачисай, Миргалимсай, Жезказган, Шымкент, Тараз и др.) располагаются в обрамлении Шу-Сарысуйской депрессии в пределах палеозойских массивов и удалены от месторождения Мынкудук на 250-500 км.

Ближайшими железнодорожными станциями являются: Кызылорда (210 км), Шиели (220 км), Созак (250 км). Вдоль газопровода Павлодар-Шымкент проходит ЛЭП-110.

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

Месторождение Мынкудук находится в благоприятных условиях для добычи урана способом подземного скважинного выщелачивания – минерализация пластовых вод продуктивных горизонтов составляет 2-5 г/л. На площади месторождения отсутствуют земли пригодные для сельскохозяйственных угодий, все это снижает проблемы и затраты по природно-охранным мероприятиям при его освоении. Обзорная административная карта района представлена на рисунке 1, условные обозначения к карте представлены на рисунке 1.1.

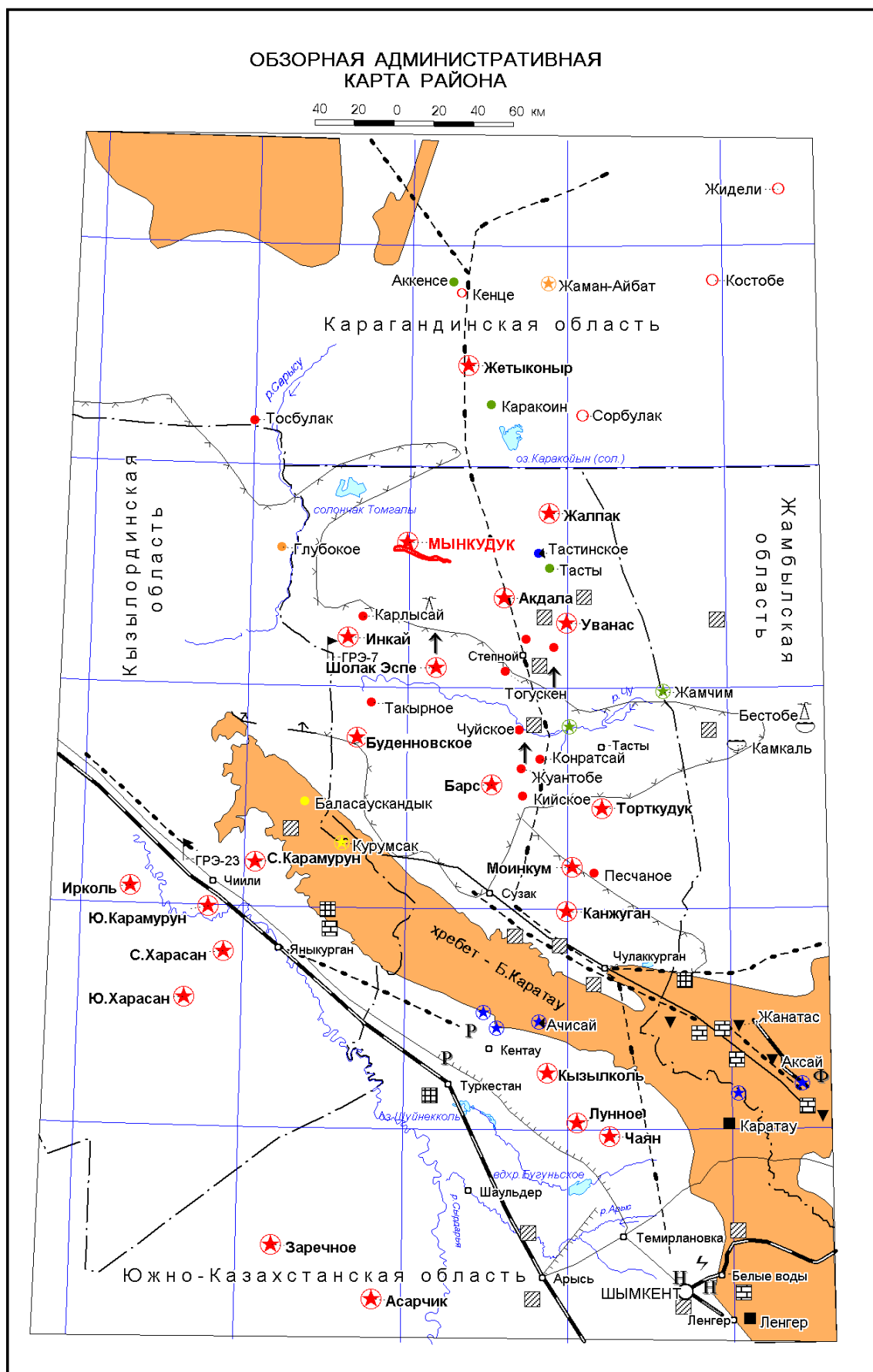


Рисунок 1 - Обзорная административная карта района (А.Ф.Вершков, 2010)

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

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

Рисунок 1.1 – Условные обозначения

## **1.1 Этапы геологического исследования района месторождения Мынкудук**

Изучение мезозойско-кайнозойских отложений Шу-Сарысуйской депрессии проводилось в период с 1958 - 1972 годы, при государственной геологической съемке в масштабе 1:200 000 [1].

Специализированные поисковые работы на уран начаты в ШСД в 1961-1962 гг. подразделениями Волковского ПГО. Потенциальная ураноносность ШСД связывается с развитием региональных зон пластового окисления в проницаемых отложениях мел - палеогена с осадждением урана на геохимическом барьере.

Продолжая развивать поиски на уран, Волковской экспедицией в 1967 году открыто месторождение Уванас, в 1970 году – месторождения Мынкудук и Жалпак, в 1972 году – Канжуган и Моинкум, в 1976-78 гг. – Инкай и в 1979 году – Буденновское месторождение. Таким образом, к 1980 году в центральной части ШСД был выявлен крупнейший Мынкудукский урановорудный район, а в юго-западной части – крупный канжуганский урановорудный район.

Результаты поисковых и разведочных работ на уран за этот период обобщены экспедициями № 7, 27, 39 Волковского ПГО и ВСЕГЕИ при составлении специализированных литолого-фациальных карт района в масштабе 1:200000 и 1:50000. В пределах рудного поля месторождения Мынкудук составлены литолого-фациальные и литолого-геохимические карты продуктивных горизонтов масштаба 1:50000 и крупнее по состоянию работ на 01.01.1991 г.

В 1989 году в центральной части ШСД начаты работы по глубинному геологическому картированию мезозойско-кайнозойского чехла производственными подразделениями Волковского ПГО, которые завершились в 1996 году составлением погоризонтных литолого-геохимических и прогнозных карт масштаба 1:200000, включая и площадь месторождения Мынкудук. В 2002 году на всю территорию Казахстана составлена прогнознo-металлогеническая карта на уран масштаба 1:1500000 с врезкой масштаба 1:500000 на площадь Шу-Сарысуйской урановорудной провинции. Эта карта является наиболее полной и обобщающей работой по металлогении экзогенных пластово-инфильтрационных месторождений урана региональных ЗПО Шу-Сарысуйской провинции.

## **1.2 Состояние разведанности месторождения Мынкудук**

При анализе всех полученных материалов изучения Шу-Сарысуйской депрессии было установлено, что урановые месторождения приурочены к региональным рудоносным фронтам пластового окисления, основные этапы формирования которых связаны с крупными субплатформенными поднятиями. Поисковые работы основывались на результатах картирования

региональных границ ЗПО, которое предшествовало выбору поисковых площадей и рациональной ориентировки профилей скважин, что позволило в кратчайшие сроки открыть все месторождения Мынкудукской рудноносной зоны.

Поисково-оценочными работами, проведенными в 1973-75 гг., определились значительные масштабы Мынкудукского месторождения. В 1976 г. на нем уже проводилась предварительная разведка, а с 1977 г. – детальная, первый этап которой был завершен в 1981 г. выходом в ГКЗ СССР и передачей Восточного участка месторождения Киргизскому горнорудному комбинату. В настоящее время проводится его отработка силами Степного рудоуправления АО «НАК «Казатомпром». Одновременно с первым этапом разведки месторождения Мынкудук экспедиция № 27 в 1974-79 гг. осуществляла поисковые буровые работы в пределах остальной части Мынкудукского рудного района, которые привели к открытию крупных месторождений: 1976-78 гг. – Инкайского, а в 1979 г. – Буденновского.

С 1981 г. по 1989 г. на месторождении Мынкудук проводился второй этап детальной разведки, основные работы которого были направлены на выявление запасов категории  $C_1$  уже выявленных урановорудных залежей.

Практически все урановое оруденение на участке Центральный локализовано в мынкудукском продуктивном горизонте, где в его пределах выделяются две основные залежи: залежь 10, самая крупная на месторождении Мынкудук, протяженностью до 26,4 км, при ширине от 50 до 800 м и залежь 8, длиной 8,8 км, при ширине от 50 до 1300 м. Характеристика разведанности рудных залежей представлена - в таблице 1.

На западе участка в нижеинкудукском подгоризонте выделяется залежь 18, основная часть которой располагается на участке Осеннем. Протяженность залежи 1,1 км, при ширине от 50 до 320 м (Рисунок 2).

Первый подсчет запасов урана по месторождению Мынкудук был представлен в ГКЗ СССР в 1981 г. по результатам I этапа детальной разведки за период работ 1973-1981 гг. Подсчет, проведенный по категориям  $C_1$  и  $C_2$  с оценкой общих масштабов месторождения по состоянию на 01.01.81 г., был рассмотрен в ГКЗ и запасы урана в авторских цифрах утверждены протоколом № 8942 от 24 февраля 1982 года. Запасы урана категории  $C_1$  были признаны подготовленными для промышленного освоения [4].





Рисунок 2 - Схема расположения участков на месторождении «Мынкудук» (А.Ф.Вершков, 2010)

Таблица 1 - Характеристика разведанности рудных залежей участка Центральный по состоянию на 01.01.2019 г. [25]

№ залежи	Прод укт. горизонт	Буровая сеть (м х м)	Разведанный участок (от профиля до профиля)	Протяженность, км.	К-во проф.	Номера допол. профил.	% от общей протяженности залежи
8	м	1600х100-50	288-272	1,6	1		18,2
8	м	800х50	272-264	0,8	2		9,1
8	м	200х50	36-240	3,6	23	264, 256, 248, 9,7	40,9
8	м	200х50	240-212	2,8	26	225, 227, 231, 233, 235, 237, 224/1, 222/1, 224/2, 226/1, 226/2, 226/3	31,8
Итого по залежи 8				8,8	52		100
10	м	200х50	212-192	2,0	10		7,6
10	м	100х25	192-176	1,6	17		6,1
10	м	200х50	176-144	3,2	19	148/1, 148/2, 138/3, 146/1	12,1
10	м	200х25	738-726	1,3	7		4,9
10	м	200х50	726-112	3,2	19	132, 128	12,1
10	м	200х25	112-686	0,8	4		3,0
10	м	200х50	686/670	1,6	9	96	6,1
10	м	200х50	104-630/1	5,9	33	96/1,64	22,4
10	м	800х50	112-88	2,4	6	694, 676	9,1
10	м	200х50	648-632/2	1,7	11	64,56	6,4
10	м	200х25	634/2-624	1,3	7		4,9
10	м	200х50	48/1-616	1,4	10	48,617	5,3
Итого по залежи 10				26,4	152		100
18	м	200х50	48/1-620	1,1	5	-	100
Итого по залежи 18				1,1	5		100
Всего по участку				36,3	209		

Работы II этапа детальной разведки проводились в течение 1981-1989 гг.

Значительный прирост запасов в результате II этапа детальной разведки обусловлен расширением масштабов месторождения за счет выявления уранового оруденения в жалпакском горизонте, а также за счет повышения продуктивности и увеличения общей протяженности рудной полосы в связи с выявлением ее изгибов и усложнений.

На участке Центральной залежи 8 и 10 разведаны по детальной сети на 30,4 км или на 86,4% от общей их протяженности. При этом залежи 8 и 10 детально разведаны, соответственно, на 72,7% и 90,9%. Залежь 18 в нижнем инкудуке разведана по сети 200x50 в пределах геологического отвода практически полностью, но для перевода двух третей запасов из категории С<sub>2</sub> в категорию С<sub>1</sub> требуется дополнительное сгущение сети из-за сложной морфологии рудной залежи [4].

## 2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЫНКУДУК

Район месторождения Мынкудук и остальная территория Шу-Сарысуйской депрессии представляет собой крупную эпикаледонскую структурную впадину, характеризующуюся трехъярусным строением. В вертикальном разрезе выделяются следующие структурные этажи: нижний - складчатый каледонский фундамент, средний - промежуточный полуплатформенный или литифицированный осадочный слой и верхний - мезозойско-кайнозойский платформенный чехол [1].

### 2.1 Особенности геологического строения палеозойского фундамента

Складчатый фундамент. Данные о геологическом строении фундамента базируются на результатах структурной геофизики и редких глубоких скважин. В районе месторождения фундамент залегает на глубине 2-3 км и только в отдельных тектонических блоках, взброшенных по зонам глубинных разломов, кристаллические образования вскрываются буровыми скважинами непосредственно под отложениями чехла на глубине 300-400 м. Наиболее древние образования фундамента, предположительно раннепротерозойского (рифейского) возраста, представлены двухслюдянистыми полевошпат-кварцевыми сланцами. Помимо них, в составе складчатого фундамента распространены кембрийские и ранне-среднеордовикские терригенные образования, представленные песчаниками, гравелитами, алевролитами, прорванные раннепалеозойскими основными и ультраосновными интрузиями.

Главная роль в тектоническом строении нижнего этажа принадлежит северо-западным глубинным разломам, хотя в последнее время, по данным космоснимков, в нижнем этаже выделяются разломы меридиональной и широтной ориентировки.

Промежуточный структурный этаж (ПСЭ) представлен комплексом слабодислоцированных субплатформенных осадочных формаций. В основании его разреза выделяется фаменская терригенно-галогенная красноцветная формация, которая перекрывается отложениями раннекаменноугольной морской терригенно-карбонатной формации. В ее составе преобладают сероцветные, нередко битуминозные известняки, песчаники, алевролиты и аргиллиты. Эти образования с угловым несогласием перекрыты континентальной серией осадков общей мощности до 1500 м. Она подразделяется на две свиты: нижнюю – джезказганскую (C<sub>2-3</sub>dg) и верхнюю – жиделисайскую (P<sub>1</sub>gd). В составе обеих свит преобладают красноцветные осадочные отложения. Жиделисайская свита несогласно перекрывается сероцветными алевролитами, аргиллитами и

мергелями кенгирской свиты ( $P_{1-2kn}$ ), которые имеют локальный характер распространения.

В основном, поверхность среднего этажа под отложениями чехла на всей площади района месторождения, сложена бурыми аргиллитами и алевролитами жиделисайской свиты с редкими маломощными прослоями песчаника. В прикровлевой части породы выветрены, нередко с образованием плотных массивных глин. По трещинам, а местами и в основной массе наблюдаются зеленые окраски пород. Слоистость пологая, проявлена нечетко.

Характерной особенностью среднего этажа является обилие локальных куполовидных структур. В целом литифицированный осадочный слой характеризуется, с одной стороны, резкими перепадами в мощностях, фациальной неоднородностью и изменчивостью, с другой – пологим залеганием (не превышает  $2-5^\circ$ , в зонах разломов достигает  $10-40^\circ$ ), относительной амагматичностью [1].

## **2.2 Стратиграфия мезозойско-кайнозойских отложений**

Сведения о строении мезозойско-кайнозойского чехла основаны на материалах большого числа буровых скважин, пробуренных в последние десятилетия при поисково-разведочных работах на уран, проведенных в районе месторождения Мынкудук экспедициями №№ 5, 7, 27. Большая часть этих материалов составлена совместно с группой ВСЕГЕИ, проводившей в районе прогнозно-геологические работы и специсследования на уран. Отложения чехла сложены нелитифицированными осадками, которые подразделяются на ряд горизонтов. Расчленение их проводилось по литологическим, фациальным и геохимическим признакам на основе фациально-циклического анализа. Возраст выделенных стратиграфических подразделений установлен с использованием данных палеонтологических исследований Поисково-съёмочной экспедиции объединения «Южказгеология».

Мезозойско-кайнозойские отложения подразделены на два структурно-формационных комплекса: мел-палеогеновый - платформенный и неоген-четвертичный - платформенно-суборогенный [2].

### **2.2.1 Мел-палеогеновый комплекс**

Мел-палеогеновый комплекс представлен континентальными терригенными отложениями верхнего мела и континентальными и морскими терригенными образованиями палеоцена и эоцена [3].

Меловые отложения в районе месторождения Мынкудук относятся к позднему мелу, которые несогласно залегают на глубоко размытой поверхности палеозойских пород.

В основании разреза, в понижениях поверхности палеозойского фундамента, выделяются сохранившиеся от размыва реликты пестроцветных плотных глин с включением гравия и гальки, с прослоями разнозернистых глинистых песков. Их мощность не превышает 10-15 м. Отложения условно отнесены к сеноману.

Вышележащие поздне меловые отложения подразделены на три горизонта: мынкудукский (нижний турон –  $K_2t_1 mk$ ), инкудукский (верхний турон-коньяк-сантон –  $K_2t_2-s in$ ) и жалпакский (кампан-маастрихт –  $K_2km-m gp$ ). Мощность меловых отложений увеличивается с северо-востока на юго-запад.

Мынкудукский горизонт –  $K_2t_1 mk$  – представлен пачкой сероцветных и пестроцветных аллювиальных, реже озерно-аллювиальных отложений. Он разделяется на два подгоризонта: нижний и верхний. Нижний подгоризонт представлен преимущественно стрежнево-русловыми разнозернистыми гравийными песками с примесью гравия и гальки. В верхнем подгоризонте преобладают мелко-среднезернистые зеленоватые пески, прослои зеленых и серых глин. Мощность мынкудукского горизонта возрастает с северо-востока на юго-запад от 20-40 до 70-100 м.

Мынкудукский горизонт является основным рудовмещающим горизонтом на месторождении Мынкудук и единственным рудовмещающим горизонтом на участке Центральный. На многих участках месторождения, особенно в его западной части, где верхи горизонта эродированы в меньшей степени, его разрез заканчивается глинистыми прослоями, достигающими мощности 5 м и более.

Инкудукский горизонт –  $K_2t_2-s in$  – с отчетливой границей размыва залегает на отложениях нижнего турона, но без видимого углового несогласия. Главной особенностью инкудукского горизонта является в целом грубозернистый состав отложений с обилием гальки, частой перемежаемостью разных по литологии слоев, низкой степенью сортировки материала. В его разрезе выделяются три подгоризонта, которые начинаются гравийно-галечными или песчано-гравийными отложениями и завершаются мелко-среднезернистыми песками, прослоями и линзами глин.

В отличие от мынкудукского горизонта, здесь отмечается резкое преобладание первично красноцветных и зеленоцветных пород над сероцветными. Роль сероцветных пород в составе горизонта возрастает в юго-западном направлении. В этом же направлении увеличивается и общая мощность горизонта – от первых метров до 100-120 м.

На месторождении Мынкудук он является также рудоносным, но на участке Центральный горизонт безрудный. Выделяемые в составе инкудукского горизонта три подгоризонта на месторождении проявлены неотчетливо из-за малого распространения глинистых прослоев, которыми обычно завершаются циклы.

Жалпакский горизонт –  $K_2km-m gp$  – залегает на инкудукском с незначительным перерывом. Подразделяется на два подгоризонта: нижний,

собственно жалпакский, и верхний – бюртускенский. Граница между ними, как правило, не отчетлива.

В составе нижнего подгоризонта преобладают серые разномерные косослоистые пески с примесью гравия и гальки, которые по простиранию сменяются на среднезернистые пески, как сероцветные, так и зеленоцветные. В сероцветных песках присутствуют мелкие и крупные (до 10-15 см) углефицированные растительные остатки. Подчиненное положение занимают линзы и прослои серых и темно-серых глин. Мощность нижнего подгоризонта 15-25 м, возраст кампанский.

Верхний подгоризонт представлен первично-красноцветными, иногда горчично-бурыми разномерными и мелкозернистыми песками с прослоями пестроцветных глин и известковистых песчаников. Его мощность 20-40 м, возраст маастрихтский.

Для всего жалпакского горизонта характерно заметное преобладание в его разрезе среднезернистого песчаного материала, а также присутствие многочисленных маломощных невыдержанных прослоев плотных песчаников с карбонатным цементом.

Палеогеновые отложения представлены континентальными (палеоцен) и морскими (эоцен) образованиями. В разрезе палеогена выделены четыре горизонта: уванасский, уюкский, иканский и интымакский (тасаранско-чеганский). На месторождении Мынкудук, расположенном в области несогласного налегания интымакского горизонта на более древние отложения, нижележащие горизонты последовательно, с юго-запада на северо-восток, им срезаются.

Уванасский горизонт –  $P_1^2 uv$  – с размывом залегает на породах верхнего мела. На большей части района в составе горизонта выделяется три подгоризонта. В нижнем преобладают сероцветные разномерные пески с прослоями темно-серых гумусированных глин. Средний характеризуется преобладанием осветленных среднезернистых песков, а верхний – зеленых и пестроцветных глин. Мощность его от первых метров до 70-80 м.

На месторождении Мынкудук уванасский горизонт характеризуется ограниченным распространением. В восточной части он эродирован полностью, в западном направлении его мощность увеличивается до 15 м. Горизонт представлен своим нижним подгоризонтом, характерно преобладание мелко-среднезернистых кварцевых песков с мелким углефицированным детритом.

Уюкский горизонт –  $P_2^1 uk$  – распространен в юго-западной части района и представлен, главным образом, глинами. Здесь в его составе выделяются два подгоризонта: нижний, кызылчинский, представленный морскими светло-коричневыми глинами, и верхний, с преобладанием серых и зеленовато-серых слоистых глин. Мощность его от первых метров до 50-60 м. На месторождении горизонт распространен в западной его части и достигает мощности до 20 м.

Иканский горизонт -  $P_2^2 ik$  – распространен лишь в южной части района и по составу отложений (серовато-зеленые глины, иногда опоковидные) почти не отличается от уюкского. Мощность его достигает 40-50 м. На месторождении Мынкудук он полностью отсутствует.

Интымакский горизонт -  $P_2^{2-3} im$  – залегает на описанных выше отложениях с размывом и угловым несогласием. Он представлен глинами, зеленовато-серыми, серыми, голубовато-зелеными, слоистыми, реже массивными. На северо-востоке района, в составе горизонта появляются прибрежно-морские и подводно-дельтовые песчаные отложения. Мощность горизонта от нескольких метров до 150 м.

Интымакский горизонт является региональным верхним водоупором для эоцен-позднемелового водоносного комплекса.[4]

### 2.2.2 Неоген-четвертичный комплекс

В составе неоген-четвертичного комплекса, залегающего на отложениях позднего эоцена с размывом и угловым несогласием, выделяются платформенные отложения миоцен-среднеплиоценового и четвертичного возраста. Этот комплекс характеризуется сложным формационным составом и частыми перерывами в осадконакоплении [1].

Миоцен-среднеплиоценовые отложения представлены бетпакдалинской (миоцен) и асказансорской (плиоцен) свитами.

Бетпакдалинская свита  $-N_1^{1-2} bt$  – подразделяется на две пачки: нижнюю – красноцветную, озерную и верхнюю – пестроцветную, пролювиально-эолово-аллювиальную. Нижняя пачка представлена кирпично-красными и бурыми слабокарбонатными глинами и мелкозернистыми глинистыми буровато-розовыми песками. В составе верхней пачки преобладают разнозернистые плохо сортированные гравийные пески бурого и желтого цвета, разделенные прослоями песчаных известковистых глин бурой и пестрой окраски. Общая мощность свиты 40-70 м.

Асказансорская свита –  $N_2 as$  – представлена желтым и желто-бурными разнозернистыми песками, среди которых преобладают гравийные разности. В песках отмечаются маломощные прослои песчаников с гидротетитовым цементом. Мощность свиты варьирует от первых метров до 15 м. Она образована в условиях речной системы.

Четвертичные отложения образуют маломощный покров, выполняют долины рек, такырные и солончаковые котловины, слагают песчаные массивы. Наибольшим распространением пользуются аллювиальные пески, супеси, суглинки, гравийники, эоловые пески, алевролиты и глины.

Оценивая региональную позицию месторождения Мынкудук в стратиграфическом разрезе мезозойско-кайнозойского чехла, можно сделать следующие выводы:



1. В районе месторождения в разрезе чехла выделяются два комплекса отложений: нижний – рудовмещающий мел-палеогеновый и верхний – неоген-четвертичный, с которым связаны этапы формирования оруденения.

2. Нижняя часть мел-палеогенового комплекса представлена высокопроницаемыми существенно крупнообломочными отложениями. Они подразделяются на три мощных циклически построенных горизонта, сероцветных в нижней части, и пестроцветных – в верхней. Основанием для них служат водоупорные палеозойские породы. Выдержанные глинистые слои между меловыми горизонтами отсутствуют.

Верхняя часть комплекса представлена палеогеновыми горизонтами, которые характеризуются ограниченным развитием и перекрыты тасаранско-чеганским горизонтом морских глин, являющихся региональным верхним водоупором. Для верхней части свойственны менее проницаемые отложения и развитые промежуточные глинистые водоупоры.

3. Неоген-четвертичный комплекс залегает на нижележащих отложениях с длительным перерывом и угловым несогласием. Он представлен красноцветными пестрыми по составу песчано-глинистыми отложениями.

### **2.3 Тектоническая структура месторождения Мынкудук**

Мынкудукский рудный район расположен в центральной части Шу-Сарысуйской депрессии, сформированной на окраине Туранской плиты. В течение мела и палеогена депрессия развивалась как платформенная структура, а в неоген-четвертичное время испытала влияние орогенетических процессов, протекающих в соседней Тянь-Шанской орогенной области. Современный структурный план депрессии сформировался на границе плиоцена и четвертичного времени в результате резкого воздымания обрамляющих горстовых сооружений [2].

Позиция месторождения Мынкудук в геотектонической структуре района определяется крупными платформенными блоково-пликативными структурами – Уванасским валом на востоке района и южным погруженным окончанием Улутауского массива – на западе. Месторождение приурочено к близширотному участку фронта ЗПО, ограниченному указанными структурами и располагается в платформенной части депрессии, за пределами зоны влияния неотектонических структур, поперечных по отношению к общей ориентировке фронта ЗПО. Именно этим определяется наложенная тектоническая структура месторождения Мынкудук.

Месторождение приурочено к расположенной в центральной части Шу-Сарысуйской депрессии крупной структуре второго порядка – Сарысуйской впадине, к наименее дислоцированной части пологого северо-восточного ее крыла, не испытавшей неотектонической активизации. Общий региональный план структуры подошвы мезозойско-кайнозойского чехла на месторождении близширотный, в то время как к востоку и к западу месторождения главную роль в ориентировке структур чехла играет

близмеридиональное направление. Общий наклон подошвы мынкудукского горизонта, от восточной оконечности месторождения к западной, не превышает 12-15°.

В восточной части месторождения выделяется крупный приподнятый блок с положительными гипсометрическими отметками подошвы чехла. Он отделяется зоной Арандинского разлома, где перепад отметок подошвы чехла достигает 70-75 м. Приподнятый блок не однороден, он разделяется на две части зоной северо-западного Мынчукурского разлома. С восточной стороны от разлома обособляется пологое, неправильной формы поднятие, а с западной, в клиновидном блоке между Арандинским и Мынчукурским разломами, располагается брахиантиклинальная структура, которая унаследовано развивается с позднепалеозойского времени. Для приподнятого восточного блока характерно сокращение мощности всех меловых горизонтов.

На остальной части месторождения, расположенной к западу от Арандинского разлома, также наблюдаются осложнения в залегании мынкудукского горизонта, которые связаны с развитием платформенных структур.

В течение мезозойско-кайнозойского времени геологическое развитие происходило в платформенных условиях, поэтому разрывная тектоника в чехле не получила существенного развития. В отложениях чехла проявлены только наиболее крупные нарушения и интенсивность их проявления резко падает снизу вверх по разрезу. Все они являются платформенными, конседиментационными и, во всех случаях, дорудными.

## **2.4 Характеристика уранового оруденения**

Месторождение Мынкудук относится к геолого-промышленному типу урановых пластово-инфильтрационных месторождений, связанных с развитием в проницаемых водоносных горизонтах верхнего мела региональной окислительной рудоконтролирующей зональности [1].

Оно приурочено к близширотной части рудоносных фронтов пластового окисления, в целом, характеризуется простой морфологией рудных залежей в плане, выдержанностью их контуров по простиранию. Геологическая карта, стратиграфическая колонка Северо-западной части ШСД представлены на рисунке 3, 4.

Главным рудоконтролирующим фактором является приуроченность уранового оруденения к границам зоны пластового окисления. Эпигенетическое окисление в разрезе позднемеловых отложений развивается в виде двух мощных многослойных пластовых зон; нижней и верхней. Нижняя зона приурочена к мынкудукскому и инкудукскому горизонтам, а верхняя к жалпакскому. На месторождении Мынкудук промышленное оруденение связано лишь с нижней зоной пластового окисления. Выклинивание нижней зоны имеет в разрезе ступенчатый характер,

обусловленный различной восстановительной способностью пород и не одинаковой проницаемостью горизонтов. Такой резкий уступ нижняя зона образует в мынкудукском горизонте. При этом, в нижнем подгоризонте, вследствие его более высокой проницаемости, обособляется самостоятельный выступающий вперед язык зоны окисления, с которым и связано оруденение на участке Центральный. Далее на северо-запад она продолжает свое развитие в верхней части мынкудукского горизонта и выклинивается в инкудукском, в его средней части, на различных расстояниях от границы окисления в мынкудукском горизонте.

Протяженность месторождения Мынкудук с востока на запад составляет около 100 км, а с севера на юг – 30 км. Восточная граница месторождения проходит в районе профиля 816, где рудоносный фронт резко поворачивает на север и приобретает близмеридиональную ориентировку. На западе рудоносная полоса месторождения отделяется перерывом, установленным на южном окончании структуры Центральной, огибая которую рудоносный фронт приобретает близмеридиональную ориентировку.

В пределах месторождения близширотные участки рудоносного фронта окисления разделяются несколькими крупными изгибами близмеридионального направления, которым соответствуют либо перерывы в оруденении, либо снижение параметров последнего. Таким строением рудоносной полосы обусловлено выделение на месторождении нескольких самостоятельных участков (с востока на запад): Восточный, Лагерный, Центральный, Осенний, Западный выделяются в пределах рудоносной полосы, приуроченной к мынкудукскому горизонту, а Орталык и Песчаный – к инкудукскому. Выделенные участки состоят из одной или нескольких рудных залежей, расположенных в их пределах и характеризуются устойчивой приуроченностью к определенной части продуктивной толщи.

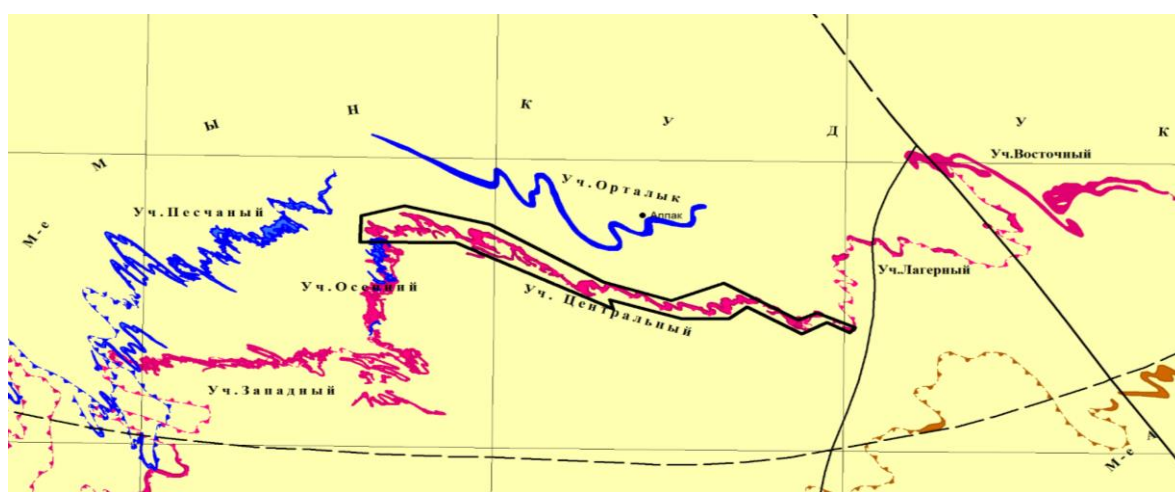


Рисунок 3 - Геологическая карта Северо-западной части Шу - Сарысуйской депрессии. Расположение рудоносных участков месторождения Мынкудук. (по Чернякову В.М., 2008)



## Условные обозначения:

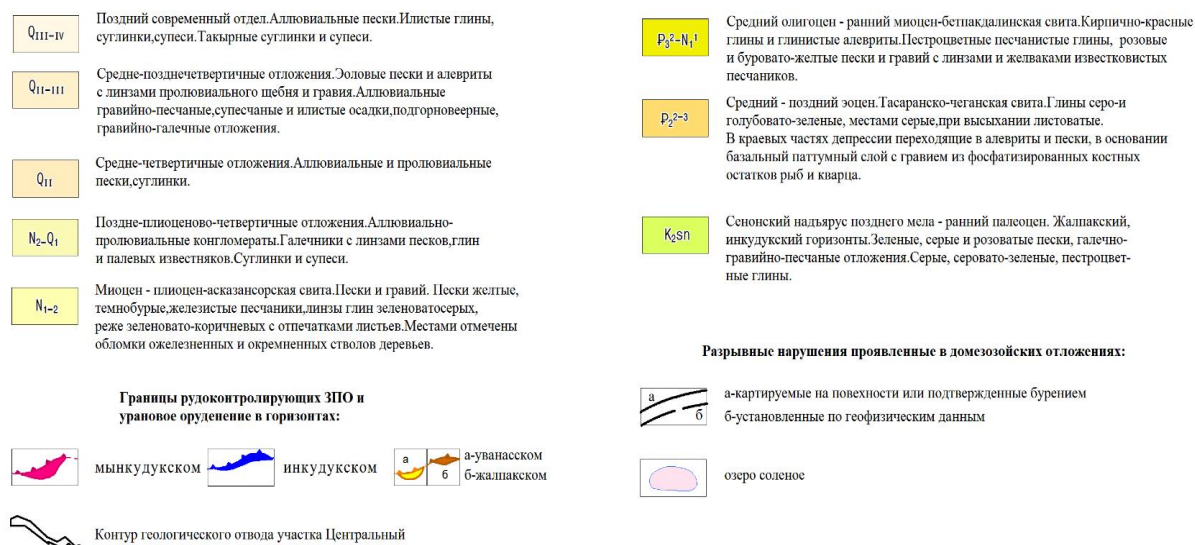


Рисунок 4.1 - Условные обозначения к геологической карте Северо-западной части ШСД.

## 2.5 Литолого-фациальная и геохимическая характеристика продуктивных горизонтов

Рудовмещающими на месторождении в целом являются два меловых горизонта: мынкудукский (нижний турон) и инкудукский (верхний турон-коньяк-сантон). На участке Центральный урановое оруденение связано с мынкудукским горизонтом [1].

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика среднего гранулометрического состава проницаемых отложений мынкудукского горизонта верхнего мела по данным I и II этапов детальной разведки месторождения. Мынкудукский горизонт в целом характеризуется преобладанием мелко-среднезернистого песчаного материала, с подчиненным содержанием галечных, крупнозернистых и алеврито-глинистых осадков.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика среднего гранулометрического состава мынкудукского горизонта (в %)

Горизонты	К-во проб	Гранулометрические классы (в мм)						
		10-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05
Мынкудукский вт.ч.	4111	6,8	3,6	4,6	37,2	26,1	6,8	14,9
I этап	1208	9,4	4,4	5,9	35,2	23,1	7,4	14,6
II этап	2903	5,7	3,2	4,0	38,0	27,5	6,6	15,0

Мынкудукский горизонт представляет собой сложный трансгрессивный аллювиальный макроцикл, состоящий из многочисленных элементарных циклов, большинство из которых не завершено или размыто в ходе осадконакопления. В нижнем подгоризонте выделяется от 3 до 6 элементарных циклов. Для них характерен пестрый литологический состав, преобладание грубозернистых разновидностей, плохая сортировка материала, светло-серые и серые окраски, косослоистая текстура. В составе пород нижнего подгоризонта нередко присутствуют непротяженные кулисообразно расположенные линзы серых глин, а на отдельных участках - пестроцветные глины. В верхнем подгоризонте число элементарных циклов меньше (2-4). Они представлены в основном мелко-среднезернистыми песками, при подчиненной роли грубозернистых отложений, серовато-зеленой окраски.

Фациальная зональность наиболее ярко проявлена в отложениях нижнего подгоризонта. Русловые грубообломочные отложения окаймляют локальные антиклинальные поднятия, к которым приурочиваются первично красноцветные образования пойменно-старичных фаций, а краевые косоворусловые образования занимают промежуточное положение в плане между ними. Эта закономерность распределения фаций существенно влияет на конфигурацию границ рудоконтролирующего пластового окисления и зоны уранового оруденения.

Основная закономерность строения вертикального разреза мынкудукского горизонта определяется развитием в его нижнем подгоризонте крупнообломочных отложений, проницаемость которых выше мелко-среднезернистых песков верхнего подгоризонта, что находит свое отражение в развитии зоны пластового окисления.

Немаловажным является и то, что участок Центральный характеризуется присутствием довольно мощных линз серых глин, которые отмечаются не только в нижней части горизонта, но и по всему его разрезу. Что обусловило значительную литолого-фациальную неоднородность мынкудукского горизонта. Таким образом, разрез горизонта соответствует установленной закономерности: нижний подгоризонт представлен руслово-стрежневыми фациями, а в верхнем преобладают косово-русловые песчаные отложения. При этом роль глинистых прослоев возрастает с востока на запад, отмечается увеличение мощности прослоев и их протяженность.

Условия локализации уранового оруденения и его качество определяется геохимическим типом пород. В мынкудукском горизонте выделено четыре геохимических типа: диагенетически восстановленные сероцветные; диагенетически и эпигенетически восстановленные зеленовато-сероцветные и зеленоцветные; невосстановленные первичные красноцветные и пестроцветные, эпигенетически пластово-окисленные отложения.

Первый геохимический тип характерен для отложений нижнего подгоризонта, которые образованы в условиях русловых фаций. В верхнем подгоризонте он представлен только линзами серых глин пойменно-

старичных фаций. Первый тип отложений наиболее благоприятен в отношении локализации уранового оруденения.

Породы второго геохимического типа отличаются от первого только по окраске, видимых отличий по минералогическому составу, содержанию железа, концентрации  $C_{орг.}$  и урана не наблюдается. Они преобладают в составе верхнего подгоризонта и для размещения уранового оруденения менее благоприятны.

Третий геохимический тип представлен глинистыми красноцветными и пестроцветными отложениями. Для них характерны относительно высокое содержание железа и низкое содержание урана. Для локализации уранового оруденения породы не благоприятны.

Четвертый геохимический тип представлен окисленными проницаемыми отложениями, происхождение которых связано с процессами пластово-эпигенетического окисления, которыми и сформирована рудоконтролирующая зональность [1].

## 2.6 Морфологические особенности рудных залежей

Участок Центральный включает в себя залежи 8 и 10, локализованные в мынкудукском горизонте. В таблице 2.4 приведены основные параметры этих залежей. Ниже приводится описание морфологических особенностей рудных залежей участка Центральный, разведанных во второй этап детальной разведки месторождения [1].

Залежь 8 расположена в восточной части рудоносной полосы Центрального участка. Работы второго этапа разведки проводились в восточной части залежи, где она сужается (50-350 м) и приобретает линейный характер. Залежь характеризуется очень сложным строением в вертикальном разрезе. Обилие многочисленных непротяженных линз глиен обуславливают сложную конфигурацию границ ЗПО и сложную морфологию оруденения с образованием раздувов, ролловых тел неправильной формы, останцовых рудных линз, мешковых тел, связанных с фильтрационными окнами в нижней части горизонта. Залежь характеризуется неравномерным содержанием пустых прослоев, занимающих в ее объеме значительное место.

Таблица 3 - Характеристика размеров рудных залежей участка Центральный месторождения Мынкудук

Номера залежи	Интервал профилей		Протяженность, км	Ширина залежи, м		Глубина залегания подошвы залежи, м	Положение по отношению к нижнему водоупору, в % к площади залежи		Доля запасов от общего по месторождению, в %
	от	до		от	до		менее 10м	более 10м	
8	288	212	8,8	50	1300	305-345	82	18	9,2
10	212	48/1	26,4	50	800	340-365	84	16	27,1
18	48/1	620	1,1	50	320	300-315	65	35	0,3
Итого по участку			36,3				77	23	36,6

Содержания урана и мощности рудных тел варьируют в широких пределах: от 0,015 до 0,177% и от 0,90 до 16,80 м соответственно.

Залежь 10 является самой крупной на месторождении. За второй этап разведки около 65% площади залежи было переведено из категории С<sub>2</sub> в С<sub>1</sub>. При этом, протяженность залежи была увеличена на 5,5 км за счет увеличения протяженности рудоносной полосы на крупных изгибах, установленных на первом этапе разведки. В этих местах залежь имеет максимальную ширину, достигающую 800 м. В плане залежь имеет облик слабо извилистой ленты северо-западного направления. В разрезе залежи преобладают роллы с развитыми мешковыми частями, приуроченными к нижнему подгоризонту и залегают непосредственно на палеозойском основании. Она характеризуется наиболее высокими содержаниями урана, распространенными на значительную мощность. Помимо главного роллового тела, в составе залежи выделяются обособленные в плане тела, связанные с осложнениями границы ЗПО в средней и верхней частях горизонта, представленные роллообразными формами с короткой мешковой частью и неразвитыми крыльями, а также тела, приуроченные к верхней границе ЗПО, представляющие собой неправильные линзы. В составе залежи выделяются непротяженные рудные линзы, являющиеся отторгнутым верхним крылом. Содержания урана в залежи варьируют от 0,014 до 0,240%, мощности 0,90-20,7 м.

Залежь 18, локализованная в нижнем подгоризонте инкудукского горизонта, на две трети расположена на участке Осенний, и в пределы геологического отвода участка Центральный заходит своей северной частью. В плане – это ряд отдельных рудных линз, очень извилистых и сложно построенных, имеющих С-3 ориентировку. Рудные тела с трудом увязываются между собой по соседним разрезам, представлены роллами, линзами и останцами крыльев. Большая часть залежи имеет выдержанный нижний водоупор – глины в кровле мынкудукского горизонта. Содержание урана низкое, не превышает 0,015-0,092% на мощность от 1,5 до 10,8 м [25].

## **2.7 Вещественный состав руд и вмещающих пород**

Минералого-петрографические исследования осуществлялись комплексными микроскопическими, физико-химическими методами с применением современной электронной аппаратуры. Вещественный состав руд и вмещающих пород изучался по разрезам минералого-геохимических профилей, а также по отдельным рудным пробам, отобраным по всей площади месторождения. В таблице 4 приведены объемы работ, выполненные при изучении вещественного и минерального состава руд и вмещающих пород [5].



Таблица 4 - Виды и объемы работ, выполненных при изучении состава руд и вмещающих пород

Виды определений и исследований	Всего по мынкудукскому горизонту		Всего по участку Центральный	
	I этап	II этап	I этап	II этап
1	2	3	4	5
Минералогический анализ проб с изучением шлифов, аншлифов и микрорадиографий:				
- рудных проб	556	183	257	90
- нерудных проб	820	121	410	-
Рентгено-фазовый анализ:				
- урановых минералов	1125	205	559	92
- глинистых минералов	437	177	200	90
Рентгено-спектральный анализ				
- на уран	690	780	332	150
- на радий	-	780	-	150
- на селен	2180	630	830	-
Спектральный анализ	690	740	332	150
Химический анализ:				
- на карбонатность;	690	430	332	-
- на определение органического вещества;	760	430	372	-
- на формы железа и серы;	670	430	322	-
- на содержание урана в воде	556	183	257	90
Полный химический (силикатный) анализ по групповым пробам	-	3	-	1
Электронно-микроскопические исследования методом угольных реплик и экстракций	150	40	80	24

В результате проведенных работ установлено, что оруденение характеризуется однотипными минералогическими особенностями на всей площади месторождения, существенных различий между рудами различных продуктивных горизонтов нет [1].

## 2.8 Минералого-петрографическая характеристика руд

На участке Центральный месторождения Мынкудук урановое оруденение приурочено преимущественно к I (диагенетически восстановленные сероцветные отложения) и, реже, ко II (диагенетически и

эпигенетически восстановленные зеленоцветные отложения) геохимическому типу пород. Рудовмещающие отложения представлены песчаными или песчано-гравийными разностями, обычно рыхлыми либо слабоуплотненными, хорошо проницаемыми. В мынкудукском горизонте преобладают разно- и среднезернистые пески. В таблице 5 приведены усредненные данные гранулометрического состава рудных песков по минералого-геохимическому профилю 96, а в таблице 6 – химический состав руд по пробам, отобраным из керна скважин того же профиля. По химическому составу руды силикатные [5].

Макроскопически рудные пески от безрудных практически не отличаются, за исключением редких случаев, когда в богатых рудах на гальках, катунах глин или в рыхлом глинисто-алевритовом заполнителе песка наблюдаются примазки, корочки и гнезда черного сажистого уранового минерала, а сами пески становятся темно-серыми.

Таблица 5 - Гранулометрический состав рудных песков

Содержание классов в весовых %%									Сумма
>5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1		0,1-0,05	<0,05	
					л.фр	т.фр			
3,97	6,17	6,53	10,6 6	30,76	17,24	0,05	7,30	17,32	100

Таблица 6 - Химический состав руд

Концентрации окислов в %%											Сумма
Mg O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca O	TiO <sub>2</sub>	Mn O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Na <sub>2</sub> O	
0,1 5	7,27	83,8 7	0,03	2,49	0,34	0,22	0,00	1,17	0,00	1,03	96,57

Обломочный материал по составу и количественным соотношениям в рудных и рудовмещающих песках практически одинаков. Представлен он кварцем, полевыми шпатами, обломками кремнистых пород, редкими чешуйками мусковита и биотита. Спорадически пески содержат мелкий обугленный растительный детрит, мелкие (0,5-1,5 см) желваки песчаников с базальным пиритовым, реже – сидеритовым и баритовым цементом.

В составе обломочного материала главенствующее место занимает кварц. Он составляет в среднем 80% (при колебаниях от 70 до 86%) от объема обломочного материала. Для крупных классов песчано-гравийных отложений характерно повышенное содержание обломков кремнистых пород. Их содержание колеблется от 12 до 16%. Полевые шпаты представлены микроклином и кислыми плагиоклазами. Их количество изменяется от 7 до 18%. Содержание органического вещества (углефицированный растительный детрит) изменяется от 0,02-0,04% по вмещающим породам до 0,05% по рудным пескам. Акцессорные минералы представлены лейкоксенном, ильменитом, турмалином, ставролитом, гранатом, андалузитом, дистеном, эпидотом, апатитом и цирконом. В единичных знаках отмечены рутил и сфен. Содержание акцессориев для участка Центральный в среднем составляет 0,04%

Поровым заполнителем или «цементом» как для рудных, так и для рудовмещающих песчаных отложений служит рыхлый глинисто-алевритовый материал, количество которого меняется от 5 до 20%.

В составе заполнителя преобладают плохо отсортированные по крупности неокатанные зерна кварца, чешуйки мусковита и биотита, мелкий обугленный растительный детрит, зерна акцессорных минералов, пирита, сидерита, лимонита. Размеры обломков не превышают 0,05 мм. Поровое пространство между алевритовыми частицами заполнено глинистыми минералами (каолинитом и монтмориллонитом) и тонкодисперсным кварцем. Тип «цемента» - поровый, пленочный, корковый.

Полный минеральный состав рудных песков участка Центральный приведен в таблице 7.

Таблица 7 - Средний минеральный состав руд участка Центральный по профилю 96 (в %)

Минералы	Мынкудукский горизонт
1	2
Нерастворимые	
Кварц	68,14
Обломки кремнистых пород	13,69
Акцессорные минералы	0,04
Итого нерастворимых	81,87

Труднорастворимые	
Полевые шпаты	9,87
Мусковит, биотит	1,42
Каолинит	2,94
Монтмориллонит	2,73
Лимонит	0,31
Углефицированная органика	0,05
Итого труднорастворимых	17,32
Растворимые	
Настуран	0,05
Коффинит	0,01
Кальцит, сидерит	0,50
Пирит, марказит	0,25
Итого растворимых	0,81
ВСЕГО	100

Независимо от литологического типа руды и содержания урана в пробе распределение его подчиняется следующим закономерностям:

1. Содержание урана увеличивается по мере уменьшения размера частиц и достигает максимальных значений в самом тонком алеврито-глинистом классе.
2. Рыхлый алевритоглинистый заполнитель рудных песков (класс < 0.05 мм) накапливает от 26 до 60% всего содержащегося в пробе урана (в среднем – около 40%), а с учетом урана, перешедшего в водную вытяжку, - 50%, при выходе этого класса в рудных песках 12-17%.
3. Песчаные классы обогащены ураном незначительно. В отдельных случаях повышенный процент его в общем балансе, при низких концентрациях, объясняется большим объемом данного гранулометрического класса.
4. Питательная вода, которой проводилось отмучивание образцов, растворяет в течение двух-трех суток от 10 до 50% (в среднем – 25%) урана, содержащегося в руде.

Таблица 8 - Распределение урана по гранулометрическим классам (по результатам исследования сборных проб)

Гранулометрические классы, мм	Выход класса, %	Содержание урана в клас.		Распределение урана по классам, %	
		в %	в гр.		
>2	10,14	0,0055	0,000558	1,20	
2-1	6,53	0,0078	0,000509	1,10	
1-0,5	10,66	0,0168	0,001791	3,86	
0,5-0,25	30,76	0,0178	0,005475	11,80	
0,25-0,1	л-фр.	17,24	0,0153	0,002638	5,69

	т.фр.	0,05	0,0240	0,000012	0,03
0,1-0,05		7,30	0,0698	0,005095	10,98
алеврито-глин.заполн. водная вытяжка (1л.)		17,32	0,0942	0,016315 0,014000	35,16 30,18
Сумма		100	0,0491	0,046393	100

Оптическими исследованиями установлено, что руды месторождения Мынкудук имеют дисперсную и тонковкрапленную текстуру. Структура богатых руд – цементная, рядовых – подобная интерстицианальной: рудный материал занимает незначительных размеров «интерстиции» - поры между песчано-алевритовыми зернами. В случае образования псевдоморфоз урановых минералов по растительной органике в локальных участках наблюдается псевдоморфнофюзеновая микроструктура.

Основная часть урана находится в дисперсной, легко извлекаемой форме, рассеянной в рыхлом проницаемом поровом заполнителе песков. Урановые минералы вместе с тонкокристаллическим пиритом образуют тончайшие присыпки на обломочных зернах и более плотные присыпки – корочки на агрегатных зернах пирита. В некоторых случаях они даже выполняют роль цемента.

Незначительная часть урана концентрируется в углефицированной растительной органике. Урановые минералы образуют в ней невидимую дисперсную вкрапленность, а в богатых рудах – полную псевдоморфозу (фитоморфозу) по обрывкам растительной ткани. Пиритизированная органика чаще обогащена урановыми минералами, но есть и случаи полного замещения фрагментов беспиритной органики урановыми минералами. Кроме того, концентраторами урана в малых количествах являются пористые обломки кремнистых пород и кислых эффузивов гравийной и галечной размерности, в которых урановые минералы в смеси с тонкокристаллическим пиритом образуют присыпки, реже – пропитку по поверхности зерна. Микроконцентрации урана в аксессуарных зернах лейкоксенов представляют чисто минералогический интерес [5].

## 2.9 Урановая и сопутствующая минерализация

По минералогическому составу руды мынкудукского горизонта месторождения Мынкудук, и участка Центральный в частности, являются коффинит-настурановыми. В общем балансе урановых минералов по участку, подсчитанном по результатам рентгенфазового анализа и электронно-микроскопических исследований, коффинит составляет 15%, а настуран – 85% (при общем количестве определений – 127). Распределение урановых минералов в различных уранонакопителях по участку Центральный приведено в таблице 9

Таблица 9 - Распределение урановых минералов в различных ураноаккумуляторах

	Настуран				Коффинит			
	всего опред.	в т.ч.			всего опред.	в том числе		
		в обугленном растительном детрите	в рыхл. алевроито гл. запол.	в тяжелой фракции		в обугленном растительном детрите	в рыхл. алевроито-глин. заполнителе	в тяжелой фракции
к-во	108	19	64	25	19	6	12	1
вес, %	100	0,4	99,2	0,4	100	0,6	99,3	0,1

Соотношение настурана и коффинита в различных элементах рудных залежей определенной закономерности не подчиняется.

Настуран ( $UO_2$ ) и коффинит ( $USiO_4$ ) в образцах зерна и под микроскопом практически неразличимы. Отчасти это объясняется тем, что оба минерала почти всегда встречаются совместно и часто образуют тесные микросрастания настурана и коффинита, что можно наблюдать только под электронным микроскопом. Макроскопически настуран и коффинит представляют собой черные, мягкие, сажистые минералы, образующие дисперсную вкрапленность в рыхлом проницаемом цементе песков, корочки на поверхности терригенных зерен, мономинеральные обособления в микротрещинах и порах этих зерен. Редко, в относительно богатых рудах, настуран и коффинит образуют в песке гнезда с базальным цементом, полностью замещают обугленную растительную органику и развиваются по зернам лейкоксенов.

К урансодержащим минералам на месторождении Мынкудук следует отнести акцессорные лейкоксены и ильмениты, пористые зерна которых пропитываются урановыми минералами [5].

К радийсодержащим минералам относятся уже упомянутые лейкоксены, гидрогетит и Ra-барит. Поскольку самостоятельных минералов радия в природе не установлено, остается предполагать, что, благодаря своей высокой адсорбируемости, он в ионной форме сорбируется гидроокислами железа и лейкоксенами. В радиобарите радий, вероятно, образует изоморфную смесь с барием.

В пределах залежи 10 на отдельных участках мынкудукского горизонта отмечаются повышенные содержания рения. Однако рениевая минерализация носит точечный характер и промышленных скоплений в пределах участка не образует. Другие сопутствующие компоненты (селен, скандий, иттрий, редкоземельные элементы) имеют содержания близкие к

кларковым и также не образуют в пределах описываемой площади значительных скоплений. Редкие повышения концентраций свинца, цинка и молибдена в отдельных пробах (по данным спектрального анализа) приурочены к участкам самых богатых по содержанию урана руд и обусловлены присутствием таких минералов, как сфалерит, галенит.

Прочая аутигенная минерализация не отличается многообразием и представлена пиритом, реже – марказитом, карбонатными минералами (кальцит, сидерит), гидроокислами железа и фосфатным веществом (тонкодисперсные вкрапления апатита) [5].

## **2.10 Характеристика рудоконтролирующей эпигенетической зональности**

Главным рудоконтролирующим фактором на месторождении Мынкудук является приуроченность уранового оруденения к границам зоны пластового окисления.

На первом этапе разведки было установлено и исследовано закономерное зональное развитие урановой минерализации в ряду рудоконтролирующей эпигенетической зональности. В «Отчете о результатах детальной разведки...» за 1981 г. были выделены и подробнейшим образом описаны следующие зоны и подзоны:

1. Зона эпигенетически неизменных пород;
2. Зона рассеяния урана;
3. Зона уранового оруденения с подзонами:
  - начального минералообразования (крайне дисперсных руд);
  - накопления урана (собирающей минерализации);
  - обогащения (гнездово-вкрапленной минерализации).
4. Зона пластового окисления с подзонами:
  - накопления железа;
  - выноса железа.

1. Зона эпигенетически неизменных пород. Уран и другие рудные элементы в этой зоне находятся в кларковых количествах. Среднее содержание урана в проницаемых отложениях  $3 \times 10^{-4}\%$ , железа – около 1%,  $C_{орг}$  – 0,02%. Песчаные отложения этой зоны характеризуются, примерно, равными количествами монтмориллонита и каолинита, при некотором преобладании второго в диагенетически восстановленных сероцветах. В серых песках этой зоны монтмориллонит дисперсен

2. Зона рассеяния урана (зона сорбционных, неминеральных форм). Граница ее с зоной эпигенетически неизменных пород проводится только по содержанию урана, превышающему кларковые концентрации: тысячные доли процента. Ширина этой зоны обычно более 0,5 км. Преобладающая форма накопления урана, предположительно, сорбционная: низкая концентрация урана препятствует возможности образования элементов кристаллической решетки урановых минералов. Среднее содержание железа

в этой зоне около 1%, других рудных элементов – на уровне кларковых содержаний,  $C_{орг} = 0,03\%$ .

Зона уранового оруденения выделяется по кондиционному (более 0,01%) содержанию урана, определенному по данным анализа проб керна или интерпретации гамма-каротажа. Она характеризуется, в целом, незначительным повышением содержания рудных элементов, главным образом – халькофильных, связанных с новообразованием сульфидов. Для этой зоны установлено и общее незначительное возрастание содержания железа, которое находит свое выражение в увеличении концентрации аутигенных минералов железа.

В пределах зоны уранового оруденения по характеру развития эпигенетической минерализации, прежде всего – урановой, выделяются три подзоны.

Подзона начального минералообразования выделяется в передовых частях роллов. Представлена светлоокрашенными однородными рудами с невысокими содержаниями урана, с дисперсной, равномерно распределенной минерализацией, практически не диагностируемой оптическими и даже рентгеноструктурными методами, вследствие крайне малых (менее 0,1 мкм) размеров отдельных минеральных индивидов и их рассеянности в поровом пространстве рыхлого, водопроницаемого цемента песков. Увеличения, полученные с помощью электронного микроскопа, дают возможность увидеть мельчайшие глобулы окислов урана с зародышами – кристаллитами, которые образуются в трещинах спайности монтмориллонита и полевых шпатов, растут на поверхности кристаллов эпигенетического пирита и зерен кварца. Рентгено-структурным анализом в этой подзоне очень редко удается диагностировать окислы урана с минимальными размерами ячейки  $a_{ср} = 5,34-5,36 \text{ \AA}$ , свидетельствующими о дефектности их кристаллической структуры. Малые размеры, дисперсное распределение и дефектность структуры урановых минералов способствует наиболее легкой выщелачиваемости руд этой подзоны: из 100-граммовой навески за трое суток при комнатной температуре объемом воды в 1,3 л выщелачивается в среднем 50% всего содержащегося в пробе металла.

Радиоактивное равновесие в этой подзоне резко смещено в сторону избытка урана. Другие элементы так же, как и в зонах 1 и 2, находятся в кларковых количествах, среднее содержание валового железа около 1%,  $C_{орг} = 0,04\%$ .

Подзона накопления урана выделяется в средних «мешковых» частях роллов и характеризуется собирательной кристаллизацией дисперсных урановых минералов, образующихся в подзоне начального минералообразования. Здесь в рудах уже встречаются мономинеральные скопления, позволяющие отобрать навеску минерала в 0,15 мг для рентгеноструктурного анализа и изучить минерал под микроскопом. Эпигенетическая минерализация представлена окислами урана с более совершенной, чем в подзоне начального минералообразования,



кристаллической структурой. Параметры элементарной ячейки окислов могут достигать величин  $a_{cp}=5,39\text{Å}$ . В этой подзоне, наряду с окислами урана, встречается дисперсный коффинит. Урановые минералы предпочтительно накапливаются в тех участках глинисто-алевритового заполнителя, где присутствуют окатыши серых глин, скопления пирита, фрагменты обугленного растительного детрита, выполняющие роль микробарьера. Урановая минерализация и сульфиды железа глубоко проникают в обломки зерен аргилитизированных обеленных терригенных пород и в растительную органику. Выщелачиваемость урана водой в 2,5 раза ниже, чем в подзоне начального минералообразования. Коэффициент радиоактивного равновесия определяется в пределах 0,8-1,0.

В рудах этой подзоны отмечаются незначительные спорадические концентрации ряда элементов: Mo, Zn, Co, Ni, Cu, Pb, Y, Mn; среднее содержание селена – 0,0004%.

Подзона обогащения – подзона контрастной гнездово-вкрапленной относительно устойчивой минерализации – объединяет участки, непосредственно примыкающие к зоне пластового окисления: тыловые части «мешков» рудных залежей, крылья и останцы. Эта подзона отделяется от предыдущей нечетко, по выявлению пятен и гнезд, маломощных (до 10 см) линз охристо-коричневых гидроокислов железа и визуально наблюдаемых скоплений урановых минералов, мелких желвачков песчаников с пиритовым или радиобаритовым базальным цементом. Мощность подзоны изменяется от нескольких десятков сантиметров до 1-3 м. К подзоне нередко приурочены относительно контрастные руды с эпигенетической минерализацией гнездово-вкрапленного характера, наиболее глубоко и полно взаимодействующей с рудовмещающей породой. Здесь чаще, чем в других подзонах, присутствует коффинит, а параметры элементарной ячейки окислов урана достигают наивысших для данного типа месторождений значений –  $a_{cp}=5,42-5,43\text{Å}$ .

Урановая минерализация в этой подзоне тесно ассоциирует с эпигенетическими сульфидами железа, гетитом и гидрогетитом, самородным селеном, сфалеритом, галенитом и радийсодержащими минералами. Для нее характерны максимальные концентрации урана в пробах (до 0,5-1,0%) и селена – до 0,07%, а также некоторое увеличение содержания халькофильных элементов – Zn, Cu, Co, Ni, Pb. Здесь же отмечается заметное увеличение содержания валового железа – до 1,23%.

Выщелачиваемость урана при отмучивании водой в подзоне обогащения также высокая, но ниже, чем в подзонах начального минералообразования и накопления. Радиоактивное равновесие в подзоне резко сдвинуто в сторону избытка радия ( $K_{pp}=4,7$ ). В зоне уранового оруденения, в целом, установлено преобладание каолинита над монтмориллонитом, присутствующем в дисперсной форме. Однако, в подзоне обогащения отмечается заметное преобладание монтмориллонита и его отчетливая кристалличность.

В составе зоны пластового окисления выделяются две подзоны:

- подзона накопления железа ( реликтовой урановой минерализации);
- подзона выноса железа.

Подзона накопления железа выделяется в передовой части зоны пластового окисления у границы с ураноносными породами. Для этой подзоны характерны наиболее высокие содержания железа: в среднем – 1,99%. В разрезе она представлена прерывистой полосой, имеющей пятнистую или сравнительно равномерную охристо-коричневую окраску. Ее мощность от 5-10 см до 2-3 м и более. Граница между лимонитизированными породами и зоной уранового оруденения резкая, нередко она фиксируется по маломощным (первые мм) скоплениям переотложенного органического вещества. Минералогически в составе подзоны преобладают коллоидные гидроокислы железа, обволакивающие терригенные зерна и накапливающиеся в цементе. В единичных знаках присутствует пирит, самородный селен, сидерит, хлорит.

С данной подзоной обычно совпадают прерывисто распространенные остаточные радиевые ореолы. Величины  $K_{pp}$  достигают 15-20 (в среднем 7,4). Низкие концентрации урана в этой подзоне (0,00n%, редко первые сотые доли процента), связаны с реликтами минерализации в заглиненных участках глинисто-алевритового цемента и в окатышах глин, с сорбционным накоплением в аксессуарных лейкоксенах и гидроокислах железа. Среднее содержание селена в этой подзоне около 0,002%.

Подзона выноса железа представлена, главным образом, светлыми белесыми проницаемыми песчаными отложениями, среди которых распространены относительно менее проницаемые прослои, гнезда с неравномерными желтыми и пятнистыми охристо-бурыми окрасками. Среднее содержание валового железа в этой зоне минимальное (0,73%),  $C_{орг}$  и  $CO_2$  – ниже фоновых значений. Обычно зона пластового окисления подразделяется на подзоны полного и неполного окисления. На месторождении Мынкудук, где продуктивные горизонты представлены литологически неоднородными образованиями, выделить эти подзоны весьма трудно, т.к. в пределах ЗПО, как правило, соседствуют участки, находящиеся на разной стадии окисления. В целом же, в пределах зоны окисления в мынкудукском горизонте, особенно в его нижнем подгоризонте, вмещающем основную долю запасов, преобладают белесые маложелезистые породы, не содержащие каких-либо ореолов рудных элементов.

Приведенный зональный ряд формируется в ходе развития ЗПО в результате одновременно и постоянно действующих процессов: привноса урана, образования урановых минералов, их растворения и переотложения, которые протекают в направлении от тыловых зон ролла к его передовым частям. Степень извлекаемости урана в раствор отчетливо возрастает в направлении к передовой части рудного ролла, к наиболее «молодым» дисперсным рудам [5].

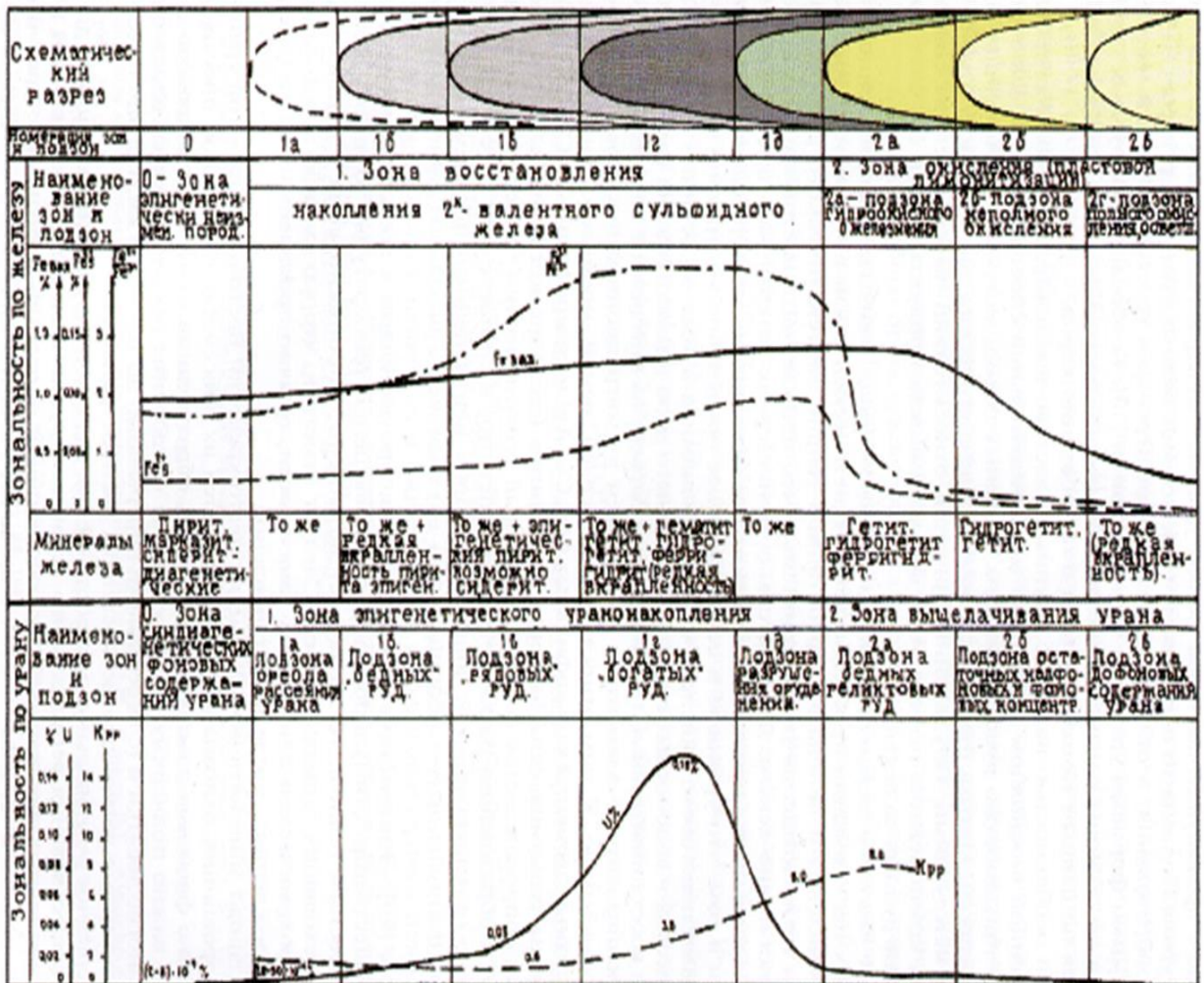


Рисунок 5 - Рудоконтролирующая эпигенетическая зональность на урановых месторождения Шу-Сарысуйской урановой провинции (по Чернякову В.М., 2008)

## 2.11 Генезис урановых руд

Месторождение Мынкудук относится к гидрогенному типу урановых месторождений, связанных с развитием в проницаемых горизонтах терригенных пород пластовой окислительной рудоконтролирующей эпигенетической зональности [1].

Пластово-инфильтрационные месторождения Шу-Сарысуйской депрессии связаны с единым региональным фронтом окисления, развивающимся в меловых и палеогеновых породах. Главный этап рудообразования имеет относительно древний позднеолигоценый возраст и приурочивается к длительному перерыву между отложением позднеэоценовых морских глин и накоплением раннемиоценовых красноцветных образований бетпакалинской свиты.

Развитие рудоконтролирующей окислительной зональности в Шу-Сарысуйской депрессии происходило в несколько этапов и носило

поступательно-прерывистый характер. Наряду с этапами активизации инфильтрационных процессов имели место периоды их замедления и остановки.

Весь зональный рудоконтролирующий ряд на месторождении формируется в ходе развития зоны пластового окисления в результате одновременно и постоянно действующих процессов: привноса урана, образования урановых минералов, их растворения и переотложения [9].

Рудные тела мынкудукского продуктивного горизонта находятся в стадии геохимического равновесия с вмещающими породами, когда привнос урана равен выносу. Рудные тела как бы «законсервированы». На этом этапе развития мынкудукские рудные залежи в плане представляют почти непрерывные полосы, а в разрезе – приближаются к классической форме роллов.

Минералогическая зональность в рудных телах проявлена отчетливо. Частичное растворение и переотложение рудного вещества совершается постоянно и одновременно во всех частях рудных тел на микронных уровнях приграничного слоя. Поступательное движение рудных тел практически равно нулю.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Месторождение Мынкудук по своей генетической природе относится к гидрогенному типу пластово-инфильтрационных месторождений, связанных с зонами пластового окисления и приуроченных к проницаемым горизонтам мезозойско-кайнозойского чехла.

2. Его рудоносная полоса представляет собой часть регионального роллового фронта, формирование которого происходило в несколько этапов.

3. Главным рудоконтролирующим этапом является позднеолигоценый.

4. Основными источниками урана являются как вмещающие породы, подвергавшиеся воздействию кислородсодержащих вод в течение долгого времени, так и коры выветривания и породы обрамляющих депрессию горных сооружений.

5. Рудоносная полоса месторождения продолжает развиваться и в настоящее время, что находит свое отражение в четкой проявленности или нарушенности минерально-геохимической зональности в различных продуктивных горизонтах.

### **3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ: ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ОТРАБАТЫВАЕМЫХ СПОСОБОМ ПСВ**

Единые для Республики Казахстан принципы подсчета и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в недрах, по степени геологической изученности, детальности технико-экономического обоснования и экономического значения устанавливаются «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 27 февраля 2006 года [24].

Инфильтрационные месторождения урана подразделяются по сложности геологического строения, по надежности технико-экономических обоснований их разработки. Запасы урана и попутного полезного компонента подразделяются на группы по их экономическому значению, по степени достоверности их изучения.

#### **3.1 Группы инфильтрационных месторождений урана по надежности технико-экономических обоснований и их разработки**

В соответствии с Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, месторождения полезных ископаемых по степени изученности подразделяются на - оцененные, разведанные и эксплуатируемые [19].

К оцененным, относятся месторождения и участки, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки.

К разведанным относятся месторождения (участки месторождения), запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-технические условия разработки изучены с полнотой, достаточной для решения вопросов о порядке и условиях вовлечения запасов в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия.

К эксплуатируемым относятся месторождения, вовлеченные в промышленное освоение.

Рациональное соотношение запасов урана и ППК на эксплуатируемых, разведанных и оцененных месторождениях определяются недропользователями, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, условий финансирования разведки, очередности строительства горнодобывающего предприятия и эксплуатации месторождения.

### 3.2 Стадийность геологоразведочных работ

В соответствии с Инструкцией о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые, полезные ископаемые), утвержденной приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 27 февраля 2006 года, стадийность геологоразведочных работ определяется степенью изученности объектов, которая оценивается категориями запасов и (или) прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых [22].

Полный цикл геологоразведочных работ включает в себя пять стадий: региональное геологическое изучение недр, поисковые работы, поисково-оценочные работы, геологическая разведка и эксплуатационная разведка месторождений. Критерием целесообразности проведения работ последующей стадии являются результаты технико-экономической оценки данных предыдущей стадии.

Специализированное изучение инфильтрационных полиэлементных месторождений урана начинается со стадии региональных геолого-съемочных и поисковых работ и продолжается на всех, включая эксплуатационную, разведках, стадиях геологоразведочного процесса.

Каждой стадии соответствует определенный уровень изученности (разведанности) рудных объектов, выраженный в установлении основных природных технологических особенностей, выделении запасов и природных ресурсов той или иной категории и рекомендуемых, в зависимости от сложности геологического строения, разведочных сетях [17].

Таблица 10 - Общая стадийность геологоразведочных работ по поискам и разведке пластово-инфильтрационных месторождений урана [25]

Задачи, содержание работ	Стадии геологоразведочных работ			
	стадия 1. Региональное геологическое изучение недр	стадия 2. Поисково-оценочная	стадия 3. Разведка	стадия 4. Эксплуатационная разведка
1	2	3	4	5
Общая задача работ	Прогнозные, поисковые работы. Выявление рудных аккумуляций в пределах выклинивания зон пластового, грунтового окисления	Определение общих ресурсов выявленного объекта, оценки их промышленного значения и технико-экономического обоснования целесообразности вовлечения в разработку	Промышленная оценка месторождения и подготовка месторождения или его части для промышленного освоения Получение исходных данных для проектирования отработки объектов способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ)	Доразведка эксплуатируемых запасов с получением более достоверной их оценки для рабочего проектирования, составления текущих и перспективных планов добычи; уточнения схем подготовки и отработки рудных залежей, тел полезного ископаемого, уточнения запасов подготовленных к отработке блоков и запасов, готовых к выемке; доразведка флангов месторождения
Категории подсчитываемых запасов и ресурсов	Прогнозные ресурсы $P_3$ , $P_2$ , частичная заверка бурением ресурсов категории $P_1$ . Изучение комплексности оруденения, геолого-экономическая оценка по укрупненным показателям или	Подсчет части запасов по категории $C_2$ , оценка прогнозных ресурсов категории $P_1$ . Необходимость более детального изучения части месторождения с подсчетом запасов категории $C_1$	Запасы полезного ископаемого подсчитываются по категориям $C_1$ и (или) $C_2$ с применением оценочных кондиций. Подготовка части месторождения,	Не применяется для подсчета запасов

1	2	3	4	5
	по «браковочным» кондициям	определяется в каждом конкретном случае; Предварительная геолого-экономическая оценка запасов с выдачей рекомендаций о целесообразности передачи перспективного объекта в разведку или добычу	разведанной по категории С <sub>1</sub> для промышленного освоения, при этом количество разведанных запасов, их соотношение по категориям устанавливаются с учетом конкретных геологических особенностей месторождения и экономической целесообразности. Разрабатываются промышленные кондиции и их государственная экспертиза. Утверждение балансовых запасов урана и ППК в ГКЗ РК	
Содержание гидрогеологических исследований	Изучение гидрогеологических структур (артезианских бассейнов), гидродинамического режима, характеристики водоносных горизонтов, водообильности, статического уровня, направления движения, хим. состава пластовых вод	Изучение литолого-фильтрационных особенностей, обводненности горизонтов рыхлого разреза, водопроницаемости руд и вмещающих пород	Уточнение литолого-фильтрационных типов пород рудовмещающих горизонтов, гидрогеологическое районирование месторождения, выбор, при необходимости, участков опытного технологического опробования Уточнение гидрогеологических параметров по площади и по каждому из выделенных геотехнологических типов разреза с	Уточнение литолого-фильтрационных типов пород рудовмещающих горизонтов, выбор, при необходимости, участков опытного технологического опробования. Уточнение гидрогеологических параметров по площади и по каждому из выделенных геотехнологических типов разреза с оценкой



1	2	3	4	5
			оценкой их влияния на отработку объекта способом ПСВ. Детальное изучение гидрогеологических условий на участках опытно-промышленное выщелачивание (ОПВ)	их влияния на отработку объекта способом ПСВ. Детальное изучение гидрогеологических условий на участках вовлеченных в промышленную отработку
Содержание геотехнологических исследований, методы исследований	Определение при инициальной возможности выщелачивания урана и ППК из руд	Оценка возможностей выщелачивания. Типизация геотехнологических признаков	Уточнение параметров выщелачивания и определения параметров передела растворов на участках ОПВ, геотехнологии	Уточнение параметров выщелачивания и определения параметров передела растворов на участках вовлеченных в промышленную отработку, геотехнологическое прогнозирование

### 3.3 Группы запасов урана и ППК в инфильтрационных месторождениях по их экономическому значению

Запасы урана инфильтрационных месторождений и содержащихся в них полезных компонентов по их экономическому значению подразделяются на две группы, подлежащие раздельному подсчету и учету - балансовые и забалансовые:

-Балансовые - это запасы, использование которых экономически целесообразно при существующей либо осваиваемой промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработки сырья с соблюдением требований по рациональному и комплексному использованию недр и охране окружающей среды. Балансовые запасы подразделяются на две группы: экономические и ограниченно экономические.

-Экономические балансовые запасы это запасы, добыча которых целесообразна в условиях конкурентного рынка, т.е. средняя ценность ежегодно добываемого сырья достаточна, чтобы обеспечить необходимую отдачу от инвестиций.

-Ограниченно экономические балансовые запасы - это запасы, которые не являются экономическими в условиях конкурентного рынка, но их освоение возможно при предоставлении правительством субсидий или других мер поддержки.

-Забалансовые (потенциально-экономические) - это запасы, использование которых согласно утвержденным кондициям в настоящее время экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно, но которые могут быть в дальнейшем переведены в балансовые. Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в технико-экономическом обосновании кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических или горнотехнических).

Требования к подсчету забалансовых запасов (потенциально экономические). При применении скважинных систем подземного выщелачивания к забалансовым относятся запасы, промышленное использование которых в настоящее время технически невозможно (по технологическим свойствам, условиям отработки) или экономически нецелесообразно. Отнесение запасов к забалансовым производится на основании перечисленных выше кондиционных показателей. Принимая во внимание возможность использования забалансовых запасов при совершенствовании техники и технологии добычи методом подземного выщелачивания, производится их учет, в соответствии с установленными кондициями для забалансовых руд.

По технологическим свойствам к забалансовым относятся запасы блоков, не удовлетворяющие условиям по проницаемости, карбонатности или в связи с их оруденением, минеральная форма которого не позволяет осуществлять извлечение полезного компонента без применения специальных средств. При подсчете забалансовых запасов по технологическим свойствам руд, но удовлетворяющих остальным требованиям кондиций, вводится ограничение по коэффициенту фильтрации, содержанию глинисто-алевритовой фракции в литологической разности, соотношению минеральных форм в рудах и содержанию карбонатов для подсчетных блоков. По условиям отработки, к забалансовым относят запасы блоков (залежей), для которых глубина залегания статического уровня вод больше предельно допустимой [23].

По экономическим соображениям к забалансовым относятся запасы блоков, в которых среднее значение линейного запаса ниже минимально промышленного. При подсчете запасов полезного компонента забалансовых не соответствующих нормам по экономическим соображениям, но удовлетворяющих остальным требованиям кондиций, вводится ограничение по величине минимального запаса по пересечению, включаемому в забалансовый блок.

По условиям отработки к забалансовым относятся запасы блоков (залежей), для которых глубина залегания статического уровня вод больше предельно допустимой, а искусственное заводнение экономически нецелесообразно. Запасы блоков, переводимых в забаланс по условиям отработки, но удовлетворяющих остальным требованиям кондиций, подсчитываются отдельно.

При учете забалансовых запасов принимается во внимание их пространственное положение относительно рудных залежей балансовых запасов. По пространственному положению выделяют забалансовые запасы в границах рудных тел и подсчетных блоков за их пределами, непосредственно примыкающие к рудным телам и подсчетным блокам. При технико-экономическом обосновании кондиций оценивается целесообразность вовлечения в отработку отдельных видов совместно залегающих и примыкающих к промышленному контуру забалансовых запасов.

При подсчете забалансовых руд вводят лимиты на минимальное содержание полезного компонента  $C_{\min}$ , коэффициент фильтрации  $K$ , содержание глинисто-алевритовой фракции, содержание карбонатов, сульфидов для включения рудных пересечений в забалансовый блок.

На месторождениях, предназначенных для добычи урана способом ПСВ, к забалансовым относятся запасы, удовлетворяющие бортовому содержанию, принятому для оконтуривания балансовых запасов в разрезе рудо вмещающего горизонта, но не ниже бортового метрапроцента для оконтуривания балансовых запасов в плане и характеризующиеся приуроченностью металла к глинистым прослоям или заглинизированным

пескам с коэффициентом фильтрации ниже 1 м/сут (т.н. «технологический забаланс»).

Запасы твердых полезных ископаемых, заключенных в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым на основании специальных технико-экономических расчетов, в которых учитываются затраты на перенос сооружений или специальные способы отработки запасов.

Прогнозные ресурсы относятся к категории, не установленной экономической целесообразности их освоения.

Подсчет запасов урана и попутных полезных компонентов производится по состоянию в недрах без учета потери и разубоживания при добыче.

Запасы сопутствующих полезных ископаемых и компонентов, в том числе и рассеянных элементов, утвержденные ГКЗ СССР, ГКЗ и ТКЗ Республики Казахстан, подлежат учету независимо от степени их извлечения в процессе добычи, обогащения и дальнейшей переработки.

Для ППК, накапливающихся при обогащении в товарных концентратах или продуктах гидрометаллургического передела, подсчитываются и учитываются как валовые, так и извлекаемые их запасы.

Учет балансовых, забалансовых геологических запасов, и сопутствующих полезных ископаемых, осуществляется в соответствии с «Положением о порядке ведения государственного баланса запасов полезных ископаемых в Республике Казахстан», утвержденным постановлением Правительства РК от 18.10.1996 г., а также «Инструкции о порядке списания запасов полезных ископаемых с учета добывающих предприятий и государственного баланса», утвержденной Председателем ГКЗ РК 14.12.1995 г.

Балансовая принадлежность запасов месторождений устанавливается путем технико-экономического обоснования кондиций для подсчета запасов руды и полезных компонентов, утверждаемых государственным органом экспертизы недр (ТКЗ, ГКЗ Республики Казахстан).

Таблица 11 - Балансовые запасы и ресурсы. Общие масштабы и разведанность участка Центральный (по состоянию на 01.01.2010 г.)

Наименование показателей	Ед. изм		Общая оценка	В том числе по категориям					
				С <sub>1</sub>		С <sub>2</sub>		Р <sub>1</sub>	
Руда	тыс. т	%	103253	86247	83,53	15619	15,13	1387	1,34
Содержание урана	%		0,046	0,047		0,038		0,025	
Продуктивность	кг/м <sup>2</sup>		4,67	5,20		2,91		1,81	
Запасы урана	т	%	46986	40661	86,54	5977	12,72	348	0,74

По степени достоверности запасы инфильтрационных месторождений урана подразделяются на категории С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>. Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности подразделяются на категории Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub>.

Запасы категории С<sub>1</sub> на гидрогенных месторождениях, разведываемых для добычи способом ПСВ, являются базой для проектирования и строительства предприятий по добыче урана способом ПВ [18].

К категории С<sub>1</sub> относятся запасы, разведанные и изученные по данным бурения скважин, отвечающих следующим требованиям:

-разведка рудоносной площади проведена с плотностью разведочной сети не менее 200×50м; (с детализацией на опорных участках);

-установлены размеры рудных залежей, их протяженность по простиранию и падению, мощность. Выявлены морфология рудных залежей, их внутреннее строение;

-определены элементы залегания рудных залежей и общие закономерности их локализации внутри рудовмещающей толщи;

-изучен вещественный состав руд, литологические типы и сорта, их количественные соотношения; установлены уран-содержащие минералы и баланс распределения урана по минералам;

-определено среднее содержание урана и сопутствующих ценных и вредных компонентов и колебания их содержания;

-определены гидрогеологические и инженерно-геологические условия рудовмещающих горизонтов, надрудной и подрудной частей разреза;

-изучены гидрогеологические условия продуктивного горизонта охарактеризована откачками из кустовых (через 3,2 - 4,0 км по рудной полосе) и одиночных (через 0,8 - 1,6 км) гидрогеологических скважин.

-изучены инженерно-геологические особенности и водно-фи-зические свойства пород и руд с соответствующим отбором и анализом достаточного объема проб на грансостав и карбонатность;

-изучены фильтрационные свойства рудной залежи и рудовмещающей толщи; определены коэффициенты фильтрации пород по данным

гидрогеологических исследований и результатам ГИС скважин по сети не реже  $400 \times 100$  м;

- геотехнологические свойства руды изучены на основании результатов многоскважинного опыта ПВ (или нескольких опытов на представительных участках) и данных лабораторных исследований технологических проб, позволяющих производить экстраполяцию результатов ОПВ на всю площадь разведанных запасов,

К категории  $C_2$  относятся запасы урана:

- в блоках с плотностью разведочной сети  $800-400 \times 100-50$  м, а также экстраполированные по геологическим особенностям за пределы площадей, разведанных по категории  $C_1$ ;

- с относительно однородными структурно-морфологическими особенностями рудных тел;

- с изученностью гидрогеологических особенностей по данным откачек: кустовых - с расположением «кустов» через 6,4 км по рудной полосе, одиночных - из гидрогеологических скважин, расположенных через 1,6-3,2 км;

- с изученностью инженерно-геологических особенностей пород и руд, обеспеченной отбором и анализом проб на грансостав и определениями коэффициентов фильтрации по данным интерпретации электрокаротажа по сети  $800 \times 100-50$  м;

- с изученностью вещественного состава руд и пород в соответствии с требованиями при предварительной и детальной разведке;

- с изученностью геотехнологических свойств руд на основе лабораторных испытаний технологических проб и определения карбонатности.

На основе изучения бурением типовых участков, в том числе детального изучения бурением участков опытных работ по ПСВ, либо подготавливаемых для промышленной разработке, более детально определяются запасы, которые удовлетворяют следующим требованиям (они сопоставляются по детальности сопоставляется с запасами категории В на месторождениях, обрабатываемых горным способом), при этом:

- детально изучаются размеры и форма рудных тел, условия их залегания и неоднородность внутреннего строения; сети буровых скважин  $200-100 \times 50(25)$ ,

- выделяются природные разновидности и промышленные (геотехнологические) типы руд, с достаточной надежностью определяются закономерности их пространственного распространения;

- выделяются сорта руд по продуктивности, устанавливается их пространственное распределение;

- устанавливается взаиморасположение концентраций уранового оруденения и попутных полезных компонентов;

-геотехнологические свойства основного и попутных компонентов охарактеризовываются на основании опытных работ по ПВ с переработкой продуктивных растворов;

-гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, позволяющей осуществить на их базе проектирование предприятия;

-контур запасов урановых руд и ППК определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам по данным опробования, геофизических и геохимических исследований без интерполяции и экстраполяции.

Характеристика запасов и особенностей их распределения, установленная на участках детализации и опытных полигонов ПСВ, являются основой для всех последующих операций по определению запасов: перевод категорий  $C_2$  в  $C_1$ , распространение данных ПСВ на остальную площадь месторождения, при доразведке и эксплуатационной разведке [18].

Запасы комплексных руд и содержащихся в них основных компонентов подсчитываются по одним и тем же категориям. Запасы попутных компонентов, имеющих промышленное значение, определяются в контурах подсчета запасов основных компонентов и оцениваются по категориям в соответствии со степенью их изученности, характером распределения, формой нахождения и геотехнологическими параметрами с учетом принципов их группировки [7].

Прогнозные ресурсы. Выполнение всего цикла исследований по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в Республике Казахстан осуществляется в соответствии с «Методическим руководством по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории Республики Казахстан». ГКЗ РК, Алматы 2002г. Подход к оценке прогнозных ресурсов дифференцированный. Обязательным является геолого-экономическая оценка прогнозных объектов.

Прогнозные ресурсы урана категории  $P_1$  учитывают возможность прироста запасов за счет дальнейшего распространения рудных тел урана на разведанных и разведываемых месторождениях. Ресурсы  $P_1$  оцениваются на флангах и неразведанных частях изучаемых и разведываемых месторождений, локальных участков, где вероятно выделение новых рудных залежей или месторождений. Оценка ресурсов основывается на результатах одиночных скважин и геологической экстраполяции геолого-структурных, литологических, стратиграфических, минералого-геохимических и других особенностей, установленных на более изученной части месторождения. К прогнозным ресурсам  $P_1$  отнесены руды, выявленные и оцененные по сети 3200 - 1600×100-50. Все прогнозные ресурсы оцениваются количественно с выделением самостоятельных подсчетных блоков.

Прогнозные ресурсы  $P_2$  предполагают возможность обнаружения в артезианском бассейне, районе, рудном узле, рудном поле новых полиэлементных месторождений, на основе оценки выявленных

рудопроявлений, геофизических, геохимических аномалий, рудоперспективность которых установлена единичными выработками.

Для категорий  $P_1$  и  $P_2$  оценка производится по «браковочным кондициям» расчетами по укрупненным показателям, осуществляется геолого-экономическая экспресс-оценка на основании сравнения с эталонным объектом.

При локальном прогнозе пластово-инфильтрационных месторождений прогнозные ресурсы категории  $P_1$  и  $P_2$  оцениваются методом аналогии с известными рудными объектами по линейной продуктивности полосы выклинивания ЗПО (в тн/п.км) или по площадной продуктивности (в кг/кв.м) этой полосы. При отсутствии четких рудных аналогов рекомендуется также рудогенетический способ («Временное руководство по оценке прогнозных ресурсов урана» Мингео СССР, Москва, 1983).

Прогнозные ресурсы категории  $P_2$  учитывают лишь потенциальную возможность формирования и промышленной локализации полиэлементных месторождений урана на основании благоприятных стратиграфических, литолого-геохимических, структурных, вещественных и др. признаков по аналогии с более изученными площадями. Для категории  $P_2$  и  $P_3$  - ресурсы обосновываются сравнением с промышленно значимыми месторождениями - аналогами. Могут быть применены также разработанные методы приближенного расчета масштабов накопления урана на замыкании ЗПО в пределах восстановительных геохимических барьеров - количественный прогноз оруденения с использованием гидрогеологических показателей [19].

### **3.4 Кондиции, принятые для подсчета запасов урана на участке «Центральный» месторождения Мынкудук**

Согласно протокола ГКЗ Республики Казахстан за № 873-09-К от 17 июля 2009 г. утверждены следующие промышленные кондиции к подсчету запасов урана на участке Центральный месторождения Мынкудук для условий подземного скважинного выщелачивания со следующими параметрами:

для балансовых руд

- бортовое содержание урана при выделении рудных интервалов по мощности – 0,01%;

- минимальный суммарный метропроцент по скважине, включаемой в контур рудного тела или блока – 0,04;

- минимальный средний метропроцент по подсчетному блоку – 0,08;

- максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в рудный интервал – 1,0 м;

- максимальная мощность отдельных прослоев пустых пород или некондиционных руд, которые могут включаться в контур рудного тела для запасов категории  $C_1$  – не более 6 м; для запасов категории  $C_2$  – без ограничения;



- минимальная величина площадного коэффициента рудоносности по блоку (отношение числа скважин с балансовым оруденением к общему числу скважин) – 0,75;
- минимальный размер изолированного подсчетного блока категории  $C_1$  – 40 тыс.м<sup>2</sup>;
- максимальный размер подсчетного блока категории  $C_1$  – 300 тыс.м<sup>2</sup>;
- максимальное содержание  $CO_2$  в подсчетном блоке – 2%;
- минимальная величина проницаемости рудовмещающего блока (коэффициент фильтрации) – 1,0 м/сут;
- максимальное содержание в рудных интервалах алевроито-глинистых частиц размером менее 0,05 мм – 30%;
- оконтуривание рудных тел производить в пределах единых водоносных горизонтов с учетом локальных водоупоров;
- к забалансовым отнести:
  - запасы урана в проницаемых отложениях, оконтуренные по скважине по минимальному метропроценту 0,02, без ограничения среднего метропроцента по блоку и мощности пустых пород между рудными интервалами в 6 м, прилегающие в плане к контурам блоков балансовых запасов категории  $C_1$ ;
  - запасы урана в отдельных рудных телах, отвечающие условиям балансовых руд и располагающиеся вне контуров блоков с запасами категории  $C_1$ , но проектирующиеся на их площадь, при бортовом метропроценте 0,02 (учесть статистически);
  - запасы урана в глинах и глинистых прослоях при бортовом содержании 0,03% и бортовом метропроценте 0,035 в контурах блоков категории  $C_1$  (учесть статистически);
  - запасы попутных полезных компонентов в пределах контура балансовых запасов: рения, скандия, иттрия и суммы редкоземельных элементов [22].

### **3.5 Методика подсчета запасов геологических блоков**

Подсчет запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$  выполнен способом геологических блоков.

Метод геологических блоков, впервые описанный В.И.Смирновым в 1950 г., является самым простым и наименее трудоемким [6]. Выбор способа подсчета обусловлен особенностями методики разведки, проведенной вертикальными буровыми скважинами по прямоугольной сети, субгоризонтальным залеганием и пластово-линзообразной морфологией рудных залежей, линейные размеры которых в плане многократно превышают рудные мощности. В сочетании с изменчивостью морфологии оруденения в пределах продуктивного горизонта, все это делает нецелесообразным применение других способов подсчета. Применение способа геологических блоков позволило для вывода средних параметров по

подсчетным блокам использовать данные не только по сетевым скважинам, но и по скважинам, пробуренным на дополнительных профилях, гидрогеологическим и другим скважинам различного назначения.

Подсчет запасов проведен по формуле:

$$P=S \cdot K_p \cdot \rho \quad (1)$$

где:  $P$  – запасы металла в т;  
 $S$  – площадь блоков в плане в тыс.м<sup>2</sup>;  
 $K_p$  – площадной коэффициент рудоносности;  
 $\rho$  – удельная продуктивность по блоку в кг/м<sup>2</sup>, определяемая как произведение среднего метропроцента по блоку на объемный вес руды:  $\rho = m \cdot c \cdot d \cdot 10$ , (2)

где:

$m$  – средняя мощность руды в блоке, м

$c$  – среднее содержание руды в блоке, %

$d$  – объемный вес руды, т/м<sup>3</sup>

Кроме запасов металла, при подсчете оцениваются:

$M_o$  – общая мощность проницаемых отложений блока в м;

$m$  – средняя рудная мощность блока, м;

$C$  – среднее содержание урана в рудной массе, выделенное по борту 0,01%;

$V_p$  – объем рудной массы, включенной в блок в тыс.м<sup>3</sup>;

$Q_p$  – рудная масса блока в тыс.т;

Подсчет запасов выполнен в соответствии с установленными условиями и с учетом требований «Инструкции по применению классификации запасов к гидрогенным месторождениям урана», 2008 г. [25]

В соответствии с условиями, подсчет проведен по рудным телам. За подсчетное рудное тело принимался пластообразный объем проницаемых руд и пород, в котором урановое оруденение заключено или в виде монолитного рудного пласта, или в виде серии рудных пластов, разделенных пустыми породами, мощность которых, в основном, не превышает 6 м.

Подсчет запасов с выделением в качестве подсчетного рудного тела рудонасыщенной пачки в наибольшей степени соответствует проектируемому способу извлечения, который предполагает отработку выделяемого рудного тела единой системой скважин.

В соответствии с требованиями «Инструкции» и условий на участке Центральный подсчитаны в качестве балансовых запасы руды только в проницаемых отложениях, характеризующихся содержанием алеврито-глинистых частиц менее 30% и значениями коэффициентов фильтрации (Кф) более 1 м/сут. Содержание алеврито-глинистых частиц (глинистость)

определялось по данным гранулометрического анализа, а значения коэффициентов фильтрации (проницаемость) – по результатам количественной интерпретации данных электрокаротажа на основе опытных гидрогеологических работ [18].

Подсчетные блоки запасов категории  $C_1$  и  $C_2$  изображены на планах масштаба 1:2000. Взаиморасположение контуров планов и обзорный план блокировки запасов участка Центральный месторождения Мынкудук показаны на сводном плане подсчета запасов в масштабе 1 : 10 000. В связи с большой протяженностью участка (~30 км) схема расположения листов приводится отдельно в масштабе 1:50 000. На схеме также приведено расположение разведочных профилей и контур горного отвода.

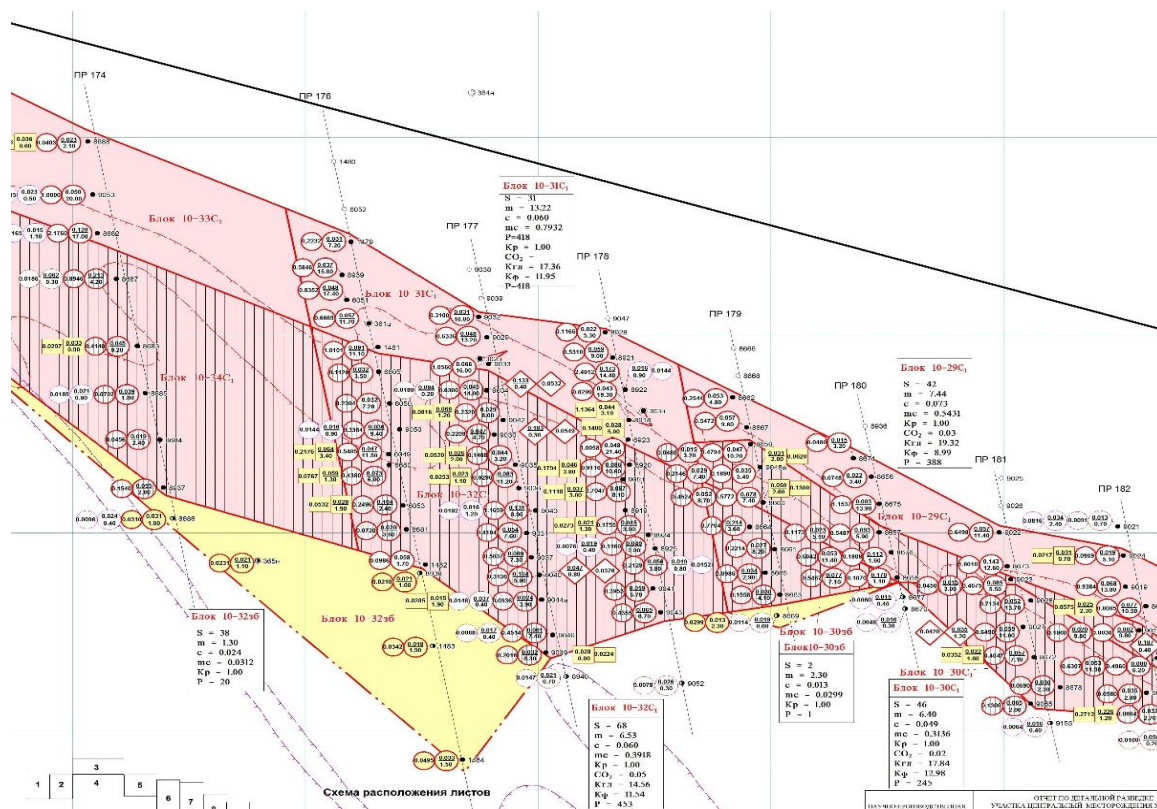


Рисунок 6 - План подсчета запасов геологических блоков (по Наталову А.Г., 2010 )

На подсчетных планах кроме кондиционного параметра – метропроцента, по каждому пересечению показаны мощность рудного тела и содержание урана, что позволяет реально судить о рудном объеме в каждой скважине.

К планам прилагаются поперечные разрезы продуктивных горизонтов по разведочным профилям по сети 200-100 × 50-25 м. Приведенный комплект разрезов, по существу, является графическим отображением объемной модели строения участка Центральный и позволяет оценить правомерность

того или иного способа увязки и интерполяции рудных залежей между разведочными профилями.

Подсчетные разрезы приведены в детальном масштабе (горизонтальный - 1:1 000, вертикальный – 1:200), что позволило нанести на них необходимые геолого-технологические, геохимические и прочие элементы информации с требуемой точностью и детальностью.

Проницаемые отложения рудовмещающих горизонтов характеризуются высокими значениями коэффициентов фильтрации (от умеренно проницаемых –  $K_f=2-3$  м/сутки до высокопроницаемых -  $K_f>10$  м/сутки), превышающими предельную величину (1 м/сут), установленную условиями. Таким образом, все рудные тела, локализованные в проницаемых отложениях, являются весьма благоприятными объектами для подземного выщелачивания.

На разрезы продуктивного горизонта вынесены контуры и параметры рудных залежей с выделением интервалов проницаемых и непроницаемых руд, изображенных соответствующими условными знаками.

### **3.5.1 Построение контуров подсчетных блоков в разрезе и в плане**

Разведанные балансовые запасы категорий  $C_1$  и  $C_2$  участка Центральный локализованы главным образом в пределах мынкудукского горизонта, который характеризуется на всей площади общностью структурно-тектонических, фациально-литологических, гидрогеологических и геотехнологических особенностей. Лишь в западной части участка промышленное оруденение локализуется также в нижней части нижнеинкудукского подгоризонта и представляет собой северный фланг залежи 18, расположенной преимущественно к югу на участке Осенний [22].

Исходя из этого, в основу построения подсчетных блоков положены следующие принципы:

- однотипность структурно-морфологических особенностей оруденения в пределах блока;
- единообразие приуроченности оруденения к определенным частям разреза горизонтов по вертикали и к элементам выклинивания в разрезе зоны пластового окисления;
- близость средних значений литолого-фильтрационных свойств рудных пород, включаемых в блок;
- равномерность разведочной сети в пределах каждого блока.

При построении подсчетных блоков в качестве главного был принят принцип их однородности по структурно-морфологическим признакам. В рудных залежах выделены мешковые, крыльевые и останцовые части, в пределах которых оконтуривались подсчетные блоки с достаточно определенной пространственной корреляцией по параллельным сечениям. Как правило, корреляция рудных тел по этим признакам при формировании блоков была достаточно надежной. Однако, на некоторых участках

корреляция оказалась возможной при условии превышения обусловленной кондициями шестиметровой мощности безрудных пород между рудными интервалами, включаемыми в подсчетный блок [11].

Разделение залежей мынкудукского горизонта на морфологические элементы проводилось с оценкой их положения по отношению к региональному нижнему водоупору (кровля литифицированных палеозойских пород). Основная масса оруденения – мешковые части залежей и нижние крылья – залегает, как правило, непосредственно на региональном нижнем водоупоре или отстоит от него не более, чем на 10 м.

Особое внимание уделялось однородности литолого-фильтрационных свойств рудных пород, включаемых в блок. Сложное распределение литолого-фильтрационных типов в аллювиальном разрезе не позволяет провести их геометризацию и выделить блоки нацело сложенные одним типом. Поэтому фильтрационная однородность блока достигалась включением в блок пород с близкими средними значениями проницаемости.

Кроме вышперечисленных основных принципов, при построении блоков, с целью обеспечения максимально возможной простоты их конфигурации, авторы старались избегать включения в единый блок рудных тел с большими колебаниями мощности и ширины или участков с резкими перегибами рудных залежей в разрезе или плане. В случае включения в единый блок рудных тел с резкими изменениями вышперечисленных параметров, между скважинами и профилями проводилась более жесткая экстраполяция с учетом литолого-структурных особенностей локализации оруденения и морфоструктурных элементов рудных тел.

Оконтуривание рудных залежей и выделение подсчетных блоков проведено на планах масштаба 1:2 000 и на разрезах продуктивных горизонтов с горизонтальным масштабом 1:1 000 и вертикальным 1:200, т.е. на горизонтальной и вертикальной проекциях рудных тел.

В случае отсутствия естественных ограничений оруденения, на разрезах нижняя и верхняя граница блоков проводилась по подошве и кровле рудных залежей (установленным кондициями бортовому содержанию урана 0,01%).

При существенных усложнениях контуров кондиционного оруденения за счет единичных скважин с резко уменьшенной рудной мощностью, верхние и нижние границы блоков проводились по соседним скважинам с включением безрудных, некондиционных или забалансовых интервалов по скважине с аномально низкой для данного блока рудной мощностью. В подобных случаях общая мощность блока по скважине с малой рудной мощностью определялась графически на разрезе.

При определении рудных интервалов при пересечении с превышением шестиметровой мощности пустых пород рудное пересечение считалось кондиционным только тогда, когда оба интервала (или, как крайний случай, один из них) являлись сами по себе кондиционными. В противном случае данное пересечение считалось забалансовым, несмотря на то, что суммарный

метрпроцент по нему мог превышать граничные кондиционные значения [13].

По ширине рудных залежей блоки ограничивались вертикальными линиями.

В плане оконтуривание блоков проводилось также прямыми линиями, соединяющими граничные точки, полученные при интерполяции между кондиционной и некондиционной или безрудной скважинами по профилю. Положение скважин на плане определяется как проекция точки пересечения ствола скважины с подошвой рудной залежи. Граничные точки (как и ствол скважины) проектировались на вертикальную плоскость (по линии профиля) и определяли положение вертикальных границ подсчетного блока на разрезе.

Определение граничных точек или интерполяция между рудными и безрудными или забалансовыми скважинами по профилю проводилась на плане с учетом морфологических особенностей рудных залежей.

Мешковые части рудных залежей в большинстве случаев выклиниваются резко, на коротких расстояниях, поэтому интерполяция проводилась единым способом – на  $\frac{1}{4}$  принятого (или фактического, если оно меньше принятого) расстояния.

Со стороны крыльевых частей залежей интерполяция проводилась на  $\frac{1}{4}$  принятого (или фактического, если оно меньше принятого) расстояния между рудной и безрудной скважинами, и на  $\frac{1}{2}$  - между рудной и забалансовой скважинами. Если же мощность оруденения рудной скважины значительно превышает мощность оруденения в забалансовой скважине, то, во избежание возможного завышения площади блоков, интерполяция проводилась на  $\frac{1}{4}$  принятого (или фактического, если оно меньше принятого) расстояния.

Интерполяция между профилями проводилась на  $\frac{1}{2}$  расстояния принятой сети, если на соседнем профиле имеются скважины с забалансовым оруденением, отвечающим по положению в плане и разрезе оруденению рудного профиля, и на  $\frac{1}{4}$  - если такие скважины отсутствуют.

Если на крайнем профиле в блоке устанавливается только одна скважина с балансовым оруденением, то экстраполяция не проводилась и блок ограничивался данным профилем, а интерполяция между скважинами по профилю проводилась так же, как указано выше.

При резком изменении ширины залежи между соседними профилями и при отсутствии на профиле с меньшей шириной залежи забалансовых скважин, соответствующих по положению в плане и разрезе балансовым на профиле с большей шириной залежи, оконтуривание рудной залежи проводилось с интерполяцией большей ширины залежи на  $\frac{1}{4}$ , а меньшей – на  $\frac{3}{4}$  расстояния между профилями с сохранением ширины на всем протяжении интерполяции. Такой прием, в основном, применялся со стороны крыльевых частей залежей, морфология которых более прихотлива.

### 3.5.2 Определение мощностей рудных интервалов и содержаний урана по пересечениям и блокам

Определение мощностей рудных интервалов и содержаний урана по ним на месторождении проведено по результатам интерпретации гамма-каротажа. Возможность применения и достоверность данных интерпретации гамма-каротажа для подсчета запасов на месторождении Мынкудук обоснованы большим объемом сопоставления результатов опробования и гамма-каротажа. Расхождения по мощности, метропроценту и содержанию не превышает допустимых [20].

Количественная интерпретация диаграмм гамма-каротажа выполнялась на ЭВМ «Проминь» и «Нева-501».

Определение содержаний урана и радия в пробах проводилось в Центральной аналитической лаборатории Волковского объединения. Внутренний и внешний контроль выполнен равномерно по времени и по классам содержания урана. Результаты контроля свидетельствуют об отсутствии случайных и систематических расхождений, превышающих допустимые.

Мощности рудных интервалов определялись по заданному бортовому содержанию с включением в рудный интервал проницаемых прослоев безрудных пород или пород с некондиционным содержанием мощностью до 1 м. При этом содержание урана в причленяемом интервале, вместе с прослоем с некондиционным содержанием, было не меньше 0,01%. Формирование рудных интервалов проводилось с учетом приуроченности каждого причлененного интервала к одному и тому же элементу рудной залежи.

Прослой непроницаемых пород мощностью более 0,1 м исключались из общей мощности рудного интервала. Величина 0,1 м определена, исходя из способности урана выщелачиваться из маломощных (10-15 см) прослоев глин и возможностей машинной обработки данных каротажа.

Поправка в величину мощности на угол встречи скважины с рудными телами не вводилась, поскольку при близгоризонтальном (0-1°) залегании рудных тел и отклонении ствола скважины от вертикали, не превышающем, в среднем, 3-5°, величина названной поправки находится в пределах точности графических построений.

Рудная мощность по пересечению, включаемому в подсчетный блок, определялась суммированием мощностей отдельных рудных интервалов в контурах блока.

Средняя рудная мощность блока (m) определялась как среднеарифметическое рудных мощностей всех пересечений, входящих в подсчетный блок.

Среднее содержание урана по блоку (с) определялось как средневзвешенное содержаний по пересечениям на их мощность.

Для вычисления объема горной массы блока определялась общая мощность проницаемых отложений блока с включением прослоев безрудных пород или некондиционных руд. При этом общая мощность по пересечению определялась как сумма мощностей всех проницаемых пород от верхней до нижней границы блока, а средняя проницаемая мощность блока – как среднеарифметическое общих мощностей всех пересечений, входящих в блок.

Выявление и ограничение выдающихся содержаний урана производились с применением максимально допустимого содержания (по методу И.Л.Когана). К выдающимся относились такие пересечения, при исключении которых среднее содержание урана в блоке уменьшалось более чем на 10%.

Все блоки категорий  $C_1$  и  $C_2$  проверялись на предмет выявления и ограничения выдающихся содержаний. При малом количестве рудных пересечений в блоке (менее 30) для повышения достоверности анализа на ураганность производилось объединение данных соседних блоков при условии их однородности и принадлежности к единому рудному телу. При проверке каждого последующего пересечения все выявленные предыдущие выдающиеся пересечения учитывались с их истинными значениями.

В изолированных блоках категории  $C_2$  при малом количестве рудных пересечений в блоке (менее 10) анализ на ураганность не проводился, при условии, что содержания урана по рудным пересечениям близки средним содержаниям урана по данной залежи [25].

### **3.5.3 Определение коэффициента рудоносности**

При выделении и оконтуривании подсчетных блоков, кроме рудных скважин, в контуры блока включались расположенные внутри блока безрудные или забалансовые скважины. Оконтуривать их, не искажая морфологии рудных залежей, не всегда возможно. Поэтому в величину площади блоков вводился коэффициент рудоносности по площади, позволяющий статистическим путем учесть влияние безрудных и забалансовых скважин, включаемых в контур блока. Коэффициент рудоносности определялся индивидуально для каждого блока как отношение числа рудных скважин к общему числу скважин.

Блоки категории  $C_1$  характеризуются высокими значениями коэффициента рудоносности от 0,80 до 1,00, при среднем значении – 0,98 [25].

### **3.5.4 Измерение площадей подсчетных блоков**

Измерение площадей подсчетных блоков проводилось с помощью программы Mapinfo (версия 7,8) на персональном компьютере по заданным точкам. Во избежание возможных ошибок и в качестве контроля площади



измерялись графически, непосредственно на оригиналах планов в масштабе 1:2 000 с расчленением сложных площадей на элементарные фигуры [25].

### **3.5.5 Определение объемного веса руд**

Объемный вес и влажность руд определялись по монолитам, отобраным из керна скважин.

Объемный вес определялся методом режущих колец и гидростатического взвешивания парафинированных образцов, а влажность – весовым способом по существующей методике. Подсчет запасов проведен на абсолютно сухую руду [15].

Монолиты отбирались из рудных и безрудных пород непосредственно после подъема керна и его радиометрического прослушивания. Распределение точек отбора монолитов по площади относительно равномерно. Отбор монолитов проводился с таким расчетом, чтобы охарактеризовать все разновидности пород. В целом на месторождении Мынкудук по II этапу разведки из руд было отобрано 420 монолитов по мынкудукскому горизонту.

Для подсчета запасов урана значение объемного веса руд мынкудукского горизонта принято равным  $1,70 \text{ г/см}^3$ .

#### **4 ПЕРЕСЧЕТ ВСКРЫТЫХ ЗАПАСОВ УРАНА НА УЧАСТКЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЫНКУДУК**

В процессе подготовки рудных залежей к отработке, подсчёт запасов осуществляется по результатам эксплуатационной разведки и вскрытия технологическими скважинами. Подсчёт производится на основании утверждённых кондиций, которые были использованы при детальной разведке месторождения.

По результатам эксплуатационной разведки параметры рудной залежи, включая запасы, должны быть откорректированы вплоть до полного пересчёта запасов. При этом особое внимание должно быть уделено уточнению контура рудной залежи.

При вскрытии рудной залежи технологическими скважинами подсчёт запасов производится по эксплуатационным блокам, а пересчёт только по той части рудной залежи, которая принимается к отработке системой технологических скважин, образующих данный эксплуатационный блок [15].

В категорию «вскрытые запасы» переводятся запасы «принятые к отработке», количество которых определяется на стадии составления проекта отработки месторождения. Перевод в категорию «вскрытые запасы» обуславливается возможностью рентабельной отработки части балансовых геологических запасов, утверждённых ГКЗ РК.

Необходимость подобного выделения продиктовано тем, что на стадии геологоразведочных работ, в соответствии с «ЕПОН при разработке месторождений полезных ископаемых в РК», учитывают запасы полезных ископаемых по наличию их в недрах и соответствию утверждённым кондициям, независимо от неизбежного разубоживания и потерь при добыче.

При определении количества запасов «принятых к отработке», из балансовых запасов исключаются небольшие, маломощные изолированные рудные тела с низкой площадной продуктивностью, удовлетворяющие требованиям кондиции, но добыча металла из которых, при существующей на сегодняшний день технологии ПСВ, не обеспечивает получения в продуктивных растворах минимального промышленного содержания урана по причине разубоживания.

При подсчёте вскрытых запасов порядок операций тот же, что и при подсчёте разведанных запасов. Оконтуривание рудной залежи по мощности производится на геологических разрезах, составленных по рядам технологических скважин. Методика оконтуривания идентична применяемой при подсчёте разведанных геологических запасов, но в подсчёт включается только та часть рудного тела, которая будет обрабатываться этими технологическими скважинами (в пределах контура циркуляции продуктивных растворов), включая интервалы забалансовые по метропроценту.

Оконтуривание рудной залежи в плане выполняется по установленному бортовому метропроценту с учётом всех скважин,

попадающих в площадь вскрываемого эксплуатационного блока, независимо от того, в какое время они пробурены. В процессе разбуривания технологическими скважинами контур промышленных запасов рудной залежи должен оперативно уточняться и одновременно должна корректироваться система его отработки. Контур вскрытых запасов технологического блока проводится на плане по внешним технологическим скважинам блока, вынесенным с учётом инклинометрии по подошве нижнего рудного пересечения, включённого в контур подсчёта запасов в плане.

Все скважины, попавшие в контур технологического блока, участвуют в подсчёте запасов и расчете средних параметров по блоку со своими значениями, включая забалансовые по метропроценту в проницаемых отложениях и «безрудные». Подсчёт вскрытых запасов производится при коэффициенте рудоносности равном 1.

Расчёт средних параметров рудного тела по скважинам и эксплуатационным блокам осуществляется с соблюдением методики определения этих величин, описанной при рассмотрении подсчёта балансовых геологических запасов.

При выполнении вычислительных операций запасы руды в подсчётных блоках, рудных телах и залежах подсчитываются с точностью: содержание урана - до 0,001%, метропроцент - до 0,0001, мощность рудных интервалов - до 0,01 м. Все операции подсчёта разведанных и вскрытых запасов отражаются в счётных формах, соответствующих избранному способу подсчёта запасов и включают:

- таблицу вывода средних мощностей и средних содержаний по подсчётным блокам;

- таблицу подсчёта запасов металла по блокам;

Графическими приложениями к подсчёту запасов служат:

- обзорный план расположения рудных залежей, м-б 1:25 000 -10 000;

- планы подсчёта запасов по эксплуатационным блокам, м-б 1: 1000 - 2000;

- геологические разрезы по разведочным линиям (рядом технологических скважин), м-б горизонтальный 1:2000-1000, вертикальный 1:500-200.

#### **4.1 Оконтуривание и формирование геотехнологических блоков**

В зоне площади работ, по скважинам собранной базы данных, вычислены условные план-схема координаты для будущего подсчётного плана, которые вычислены по следующему правилу: по координатам устья скважин плюс данным инклинометрии вычислены координаты подошвы рудных интервалов урана скважин, а если нет руды, то координаты подошвы фильтра скважины, а если нет фильтра, то координаты забоя скважин.

На будущий подсчётный план вместе со скважинами вынесены контуры геотехнологических блоков и способом ближайшего района

построены полигоны Вороного для оценки влияния скважин на данные блоки. Иногда этот способ подсчета запасов называют способом многоугольников (Рисунок 7). Впервые применение его было обосновано А.К.Болдыревым в 1914 г. [5, 14].

Сущность подсчета заключается в том, что вокруг каждой точки пересечения рудного тела разведочной выработкой выделяются участки, все точки которого ближе расположены к этой выработке, чем к любой другой (полигоны Вороного). Мощность и содержание по данной выработке распространяются на такой участок. Следовательно, основной задачей при подсчете запасов этим способом является разбивка оконтуренного рудного тела на ряд отдельных участков, число которых должно соответствовать числу разведочных выработок.

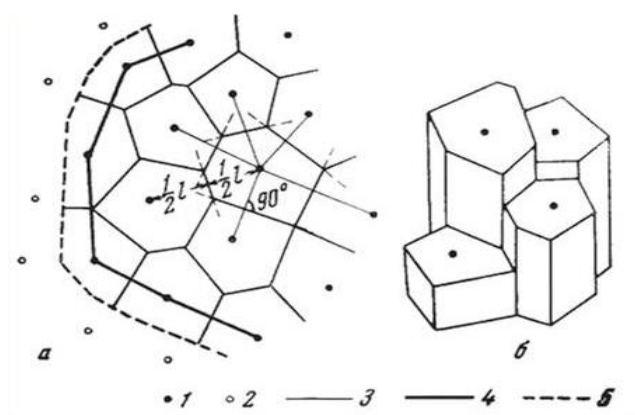


Рисунок 7 - Схема разбивки рудного тела на блоки [5]

- а) фрагмент подсчетного плана с указанием способа построения многоугольников:  
 1- кондиционные выработки; 2- некондиционные выработки; 3 – контуры подсчетных блоков; 4 – внутренний контур; 5 – внешний контур.  
 б) разбивка рудного тела на сомкнутые призмы.

Участки, на которые разбивается рудное тело, представляют собой прямые многогранные призмы, основанием которых служат многоугольники, построенные вокруг разведочной выработки, а высотой — мощность рудного тела, устанавливаемая по разведочной выработке. Каждую разведочную выработку соединяют с ближайшей из них. Затем из середины линий, соединяющих между собой ближайшие точки, восстанавливают перпендикуляры, которые, пересекаясь между собой, образуют многоугольник (рис.7) [14].

Таким образом, весь подсчетный план расчленяется на многоугольники, а рудное тело — на серию сопряженных многогранных призм. Сначала подсчитывают запасы руды и полезного компонента по каждой призме, затем, суммируя эти запасы, получают запасы в целом по месторождению. Площадь многоугольника определяется геометрическим путем. Каждый многоугольник разбивают на элементарные геометрические фигуры, по которым определяют площади многоугольника.

Объем многогранной призмы

$$v = S \cdot h \quad (3)$$

где  $S$  — площадь многоугольника;

$h$  — высота призмы, соответствующая мощности рудного тела, вскрытого разведочной выработкой.

Имея полученный таким образом объем каждой призмы, можно определить запасы руды и металла по каждой призме в отдельности. Суммирование этих запасов даст общие запасы по месторождению.

Основным достоинством этого способа подсчета является максимальная точность при неравномерном пространственном расположении скважин в сети, простота и быстрота вычислительных операций.

После этого все скважины, оказывающие какое-либо пространственное влияние на геотехнологические блоки, отнесены к этим блокам в таблицах. При этом из блоков исключены те скважины, которые были пробурены значительно позже начала отработки блока в зоне циркуляции выщелачивающих растворов, так как в процессе отработки блока в зонах движения продуктивных растворов интенсивно изменяется конфигурация вскрываемого рудного тела и включение таковых данных в подсчет привело бы к искажению значения вскрытых запасов урана от фактического.

## **4.2 Построение геотехнологических и геологических разрезов**

По всем скважинам оказывающим влияние на геотехнологические блоки сформированы каркасы профилей и построены геотехнологические и геологические подсчетные разрезы. Разрезы оформлены в соответствии с СТ НАК 16-2014. (Рисунок 8)

На разрезах отображены пространственные расположения устьев, стволов и подошв скважин с учётом проведенных в них инклинометрии, абсолютные отметки и глубины, фильтры скважин, рассчитанные по гамма-каротажу рудные интервалы урана в соответствии с «Инструкция МВИ [21] (Методика выполнения измерений) по гамма-каротажу на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа», эпюры опробования на гран состав и карбонатность, горизонты, литолого-фациальные слои, зоны пластового окисления, зоны уранового оруденения, вычисленные эффективные мощности (зоны циркуляции выщелачивающих растворов) в соответствии с требованиями СТ НАК 15.5-2015 (глубина верхней границы продуктивного пересечения вычисляется по формуле: «из глубины верхней границы фильтра отнимается 2 метра, если выше фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то отнимается расстояние до водоупора»; глубина нижней границы продуктивного пересечения закисляемой части продуктивного горизонта вычисляется по формуле: «к глубине нижней границы фильтра добавляется 6 метров, если ниже фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то добавляется расстояние до водоупора»), геотехнологические блоки, на геологических разрезах, геологические блоки из отчёта [8].

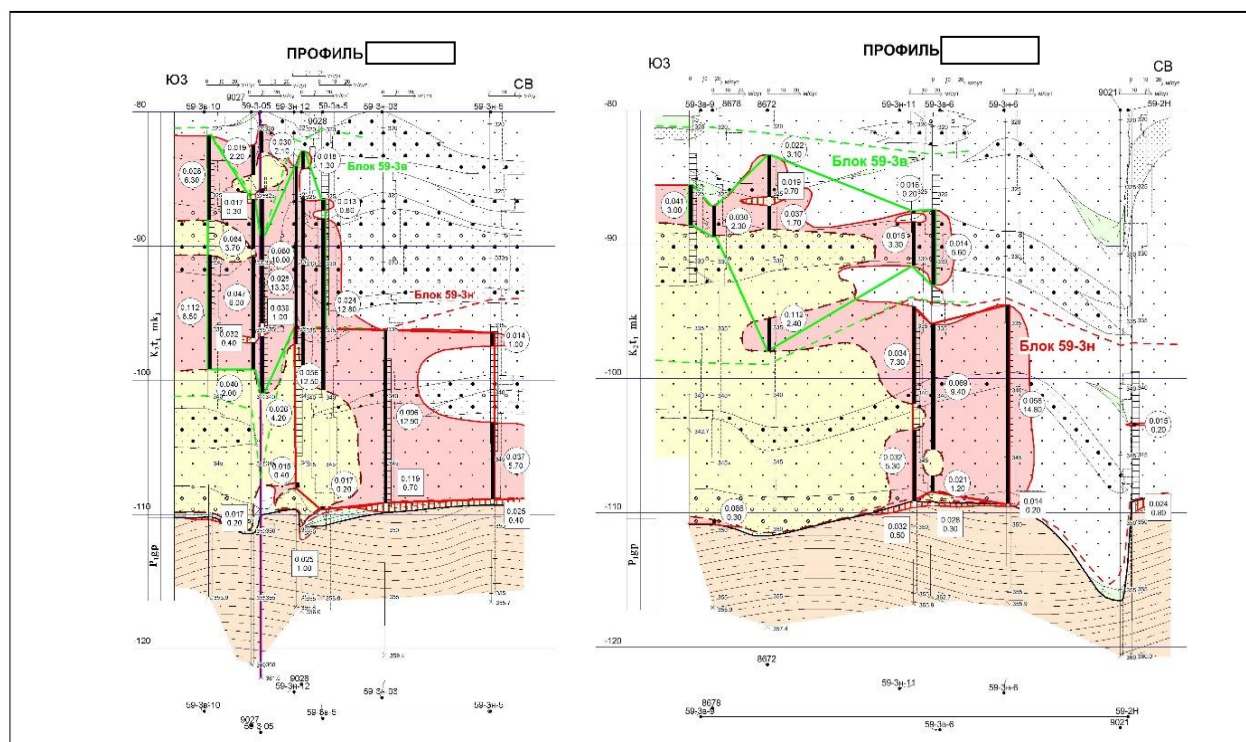


Рисунок 8 - Геотехнологические разрезы участка Центральный месторождения Мынкудук. (по А.А.Мендыгалиеву, 2018)

### 4.3 Построение карты рудоносности

После построения рудных разрезов оконтуренные рудные зоны и зоны пластового окисления (ЗПО) выносятся на карту рудоносности. На данной карте отображаются все имеющиеся в зоне площади работ скважины, по данным разрезов и скважин, оконтуриваются все балансовые по метропроценту руды и отображаются границы зон пластового окисления. При необходимости, можно также оконтурить на карте забалансовые руды и границы зон неполного (частичного) окисления [16].

В связи с переменчивостью структуры продуктивных горизонтов и рудных тел, а также с желанием отобразить как можно больше полезной информации, в том числе перспективы, было решено сделать карты рудоносности в двух вариантах:

1) по площади зоны работ в масштабе 1:5 000 в двух уровнях разделив руды и зоны пластового окисления на подгоризонты (снизу вверх) мынкудук 1 ( $mk_1$ ) и мынкудук 2 ( $mk_2$ );

2) по площади блоков технического задания, в четырёх уровнях разделив руды и зоны пластового окисления на подуровни (снизу вверх) мынкудук 1\_1 ( $mk1_1$ ), мынкудук 1\_2 ( $mk1_2$ ), мынкудук 2\_1 ( $mk2_1$ ) и мынкудук 2\_2 ( $mk2_2$ ). В связи с высокой плотностью технологической сети (среднее расстояние между скважинами около 40 м) в масштабе 1:2 000.

Наиболее продуктивным по площади и запасам является нижний мынкудукский горизонт и его нижний подгоризонт [24].

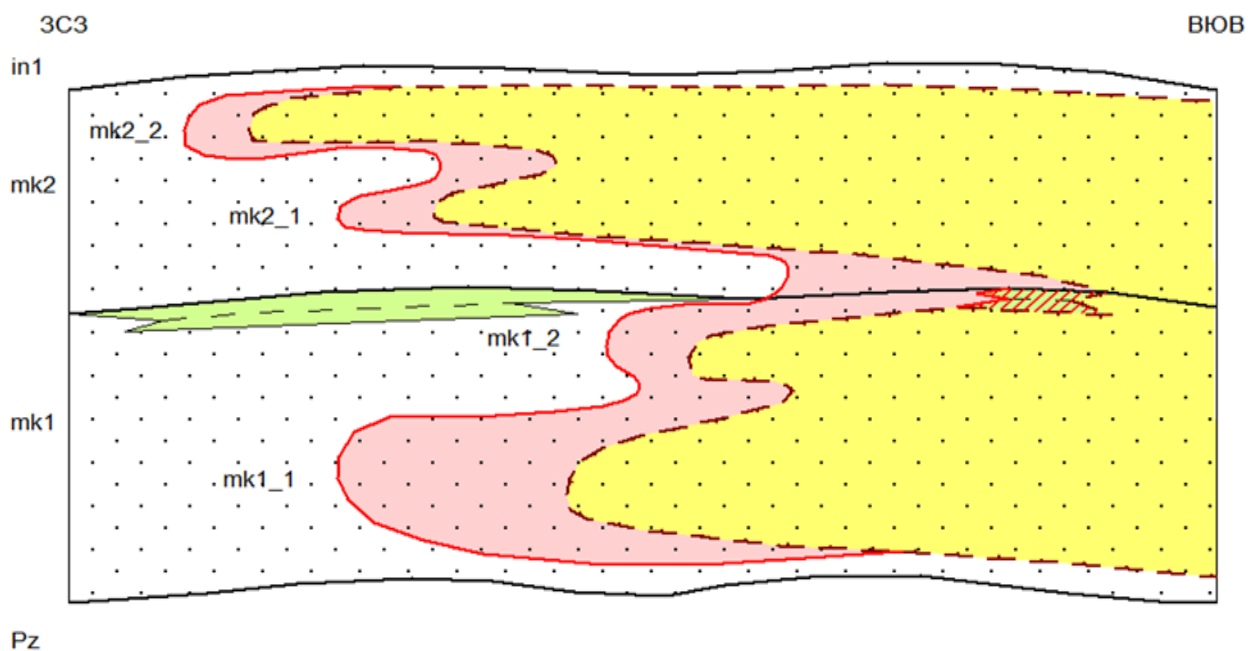


Рисунок 9 - Схематический разрез четырёх подуровней в двух подгоризонтах (по Чернякову В.М.,2008)

#### 4.4 Анализ и учёт геологических, добытых и погашенных запасов, подсчёта вскрытых запасов

По состоянию на 01.01.2010 г. в блоках технического задания утверждены и поставлены на баланс следующие геологические запасы:

Таблица 12 - Балансовые геологические запасы

№ п/п	№ геологического блока	Рудная площадь блока	Удельная продуктивность блока	Запасы урана, тонн	№ п/п	№ технологического блока
1	10-21C <sub>1</sub>	147	2,76	406	1	23-24-2
2	10-26C <sub>2</sub>	189	3,04	575		
3	10-23C <sub>1</sub>	39	4,05	158		
4	10-24C <sub>1</sub>	25	7,57	189	2	22-24-1
5	10-25C <sub>1</sub>	20	3,9	78	3	26-25-1
6	10-26C <sub>1</sub>	12	8,28	99		
7	10-22C <sub>1</sub>	170	7,35	1250	4 / 5	27-2 / 27-28-1
8	10-27C <sub>1</sub>	41	9,21	378		
9	10-28C <sub>1</sub>	32	3,1	99	5	27-28-1
10	10-29C <sub>1</sub>	42	9,25	389	5 / 6 / 7	27-28-1 / 59-3 / 59-2
11	10-30C <sub>1</sub>	46	5,33	245		
12	10-31C <sub>1</sub>	31	13,48	418	7 / 8	59-2 / 59-1

№ п/п	№ геологического блока	Рудная площадь блока	Удельная продуктивность блока	Запасы урана, тонн	№ п/п	№ технологического блока
13	10-33C <sub>1</sub>	172	7,63	1312	9	61,1-2
14	10-34C <sub>1</sub>	152	7,76	1180		
15	10-37C <sub>1</sub>	180	4,92	886	10 / 11 / 12	68-1 / 68-2 / ОПВ
16	10-38C <sub>1</sub>	181	8,59	1555	12 / 13 / 14	ОПВ / 69-2 / 69-1
17	10-48C <sub>2</sub>	15	5,9	88	15	71-1
18	10-39C <sub>1</sub>	119	11,32	1347	15 / 16 / 17 / 18	71-1 / 70-2 / 70-3 / 70В-2-71
19	10-40C <sub>1</sub>	55	6,72	370	15 / 16 / 17	71-1 / 70-2 / 70-3
20	10-47C <sub>2</sub>	14	5,9	88	19	70В-2-71/1

Всего, по 20 вскрываемым геологическим блокам в сумме утверждено на балансе 11110 тонн урана. Вскрытие блоков произведено 19 технологическими блоками указанными в таблице.

По приведенным в таблице технологическим блокам в работе были использованы результаты о принятых геологами рудника вскрытых геологических запасах, проведенного ими ранее их пересчёта и данных об их извлечении, которые внесены в следующую сводную таблицу:

Таблица 13 - Принятые, пересчитанные и извлечённые запасы урана

№ п/п	Технологический блок	Принятые запасы урана	Пересчитанные рудником запасы урана	Извлечённые запасы урана	
		тонн	тонн	тонн	%
1	23-24-2	204,000	204,000	186,613	91,48
2	22-24-1	292,000	292,000	339,624	116,31
3	26-25-1	189,000	189,000	187,197	99,05
4	27-2	234,000	198,200	290,505	124,15
5	27-28-1	269,600	210,400	295,705	109,68
6	59-3	310,000	269,000	250,145	80,69
7	59-2	290,000	253,000	252,330	87,00
8	59-1	451,000	372,700	372,850	82,67
9	61,1-2	702,520	636,700	611,679	87,07
10	68-1	288,000	249,400	235,607	81,81
11	68-2	426,000	377,500	280,342	65,81



12	ОПВ	424,400	412,900	383,530	90,37
13	69-2	500,000	496,000	442,973	88,59
14	69-1	560,000	517,500	326,477	58,30
15	71-1	390,000	390,000	450,993	115,64
16	70-2	590,000	590,000	355,683	60,29
17	70-3	514,000	514,000	483,778	94,12
18	70В-2-71	121,000	121,000	44,596	36,86
19	70В-2-71/1	19,000	19,000	27,322	143,80

Итого по 19 технологическим блокам после вскрытия было принято к отработке 6774,52 тонн урана. Отработка велась 212 технологическими откачными скважинами способом ПСВ и на момент заключения договора с группой, было извлечено 5817,949 тонн урана, что составляет 85,9% относительно принятых. Сотрудниками заказчика также был ранее выполнен самостоятельный пересчёт способом геологических блоков с делением некоторых блоков на уровни и пересчитанная сумма запасов урана составила 6312,3 тонны урана, а уровень извлечения относительно пересчитанных 92,2%.

#### **4.5 Выбор способа подсчёта вскрытых запасов урана и их сопоставление**

При выборе метода подсчёта вскрытых запасов урана в первую очередь проверяется соответствие и возможность использования данного метода согласно всем инструктивным требованиям, затем рассматривается насколько подходит данный метод подсчёта относительно метода и технологии вскрытия руд и подготовки запасов в последующие категории, а также используются проверенные временем литературные рекомендации.

В нашем случае должны соблюдаться следующие инструктивные требования и методические рекомендации:

- 1) запасы подсчитываются по рудным интервалам урана рассчитанным по гамма-каротажу в соответствии с инструкцией МВИ по гамма-каротажу на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа [21];
- 2) подсчёт производится на основании утверждённых кондиций, которые были использованы при детальной разведке месторождения;
- 3) оконтуривание рудной залежи по мощности производится на геологических разрезах, составленных по рядам технологических скважин. Методика оконтуривания идентична применяемой при подсчёте разведанных геологических запасов, но в подсчёт включается только та часть рудного тела, которая будет отрабатываться этими технологическими скважинами (в пределах контура циркуляции продуктивных растворов), включая интервалы забалансовые по метропроценту. В нашем случае, согласно СТ НАК 15.5-2015, глубина

верхней границы продуктивного пересечения вычисляется по формуле: «из глубины верхней границы фильтра отнимается 2 метра, если выше фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то отнимается расстояние до водоупора»; глубина нижней границы продуктивного пересечения закисляемой части продуктивного горизонта вычисляется по формуле: «к глубине нижней границы фильтра добавляется 6 метров, если ниже фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то добавляется расстояние до водоупора»;

- 4) оконтуривание рудной залежи в плане выполняется по установленному бортовому метропроценту с учётом всех скважин, попадающих в площадь вскрываемого эксплуатационного блока, независимо от того, в какое время они пробурены, за исключением скважин пробуренных значительно позже начала отработки блока в зоне циркуляции выщелачивающих растворов (после изменения конфигурации рудного тела в пределах обрабатываемой его части);
- 5) контур вскрытых запасов технологического блока проводится на плане по внешним технологическим скважинам блока, вынесенным с учётом инклинометрии по подошве нижнего рудного пересечения (или нижней части фильтра в случае отсутствия рудного пересечения скважины), включённого в контур подсчёта запасов в плане;
- 6) все скважины, попавшие в контур технологического блока, участвуют в подсчёте запасов и расчете средних параметров по блоку со своими значениями, включая забалансовые по метропроценту в проницаемых отложениях и «безрудные» (т.е. без использования объединения скважин, поправочных коэффициентов и усечений ураганных проб);
- 7) подсчёт вскрытых запасов производится при коэффициенте рудоносности равном 1;
- 8) при выполнении вычислительных операций запасы руды в подсчётных блоках, рудных телах и залежах подсчитываются с точностью: содержание урана - до 0,001%, метропроцент - до 0,0001, мощность рудных интервалов - до 0,01 м.

Основными распространёнными проверенными способами подсчёта запасов урана на месторождениях пластово-инфильтрационного типа служат методы геологических блоков, ячеек и способом многоугольников (с использованием полигонов Вороного, также называется способом Болдырева).

Что касается способа геологических блоков, то он используется для подсчёта и утверждения в ГКЗ разведанных геологических запасов урана. Так как данный метод построен на вычислении среднеблочных параметров при общей площади блока в целом, то в данном методе для уменьшения влияния погрешности подсчёта вызванной неравномерностью сети используется объединение соседних скважин, а безрудные скважины учитываются уменьшением соответствующего коэффициента рудоносности, что для подсчёта вскрытых запасов не соответствует методическим

рекомендациям инструкции по подземному скважинному выщелачиванию урана (Алматы 2006 г.) и является недостаточно точным, простым и быстрым методом для подсчёта вскрытых запасов урана, в котором принимают участие намного большее количество скважин, чем после разведки.

Аналогичные проблемы, связанные с неравномерностью сети, при использовании в подсчёте всех имеющихся скважин возникают и при использовании метода ячеек. При неизбежном, для данной стадии подсчёта запасов, наличии большей частоты скважин в области более богатых либо более бедных по метропроценту руд, происходит соответствующее завышение или занижение вскрытых запасов от их истинных значений.

Более того, так как контуром технологических блоков служат закачные скважины, то равноценное участие их параметров в среднеблочных параметрах блоков также приводит к искажению количества запасов от фактических, поскольку площадь их области влияния фактически ниже центральных по площади скважин. Особенно сильно подобные искажения сказываются на узких блоках.

Ещё одним важным минусом этих двух методов является их не предназначенность для подсчёта не вскрытых запасов урана, так как не вскрытые запасы имеются не в каждой скважине блока, то полностью нарушается используемая в подсчёте сеть, в связи с чем использование данных методов для данной цели становится не уместным.

Все перечисленные выше проблемы решаются при использовании метода Болдырева с использованием способа ближайшего района (многоугольников, полигонов Воронова) позволяющим посчитать запасы по каждой скважине по площади области её влияния на блок независимо от равномерности сети скважин и контуров блока. На плане подсчета запасов каждую выработку соединяют с соседними вспомогательными прямыми линиями. Из середин этих линий восстанавливают перпендикуляры. Перпендикуляры, встречаясь друг с другом, замыкают вокруг каждой выработки многоугольник, все точки которого ближе к расположенной в центре его выработке, чем к любой другой выработке. Таким образом, весь подсчетный план расчленяется на многоугольники, а тело полезного ископаемого как бы преобразуется в группу сомкнутых многогранных призм, основанием которых являются указанные выше многоугольники, а высотой — мощность тела по выработке, находящейся в центре многоугольника. Общие запасы определяются простым суммированием запасов отдельных призм.

Для наглядного примера, если на одну центральную откачную скважину с метропроцентом 0.5000, придётся 6 контурных закачных скважин с метропроцентом 0.0500, то среднеблочный метропроцент ячейки-блока составит 0,1143 и, при площади ячейки 3 000 м<sup>2</sup> и объёмном весе 1,7 т/м<sup>3</sup> среднеблочным способом на общую площадь будет насчитано 5,8293 тонн урана, тогда как центральная скважина ячейки на самом деле будет иметь площадь влияния около 930 м<sup>2</sup> (31% блока-ячейки) и, отказавшись от способа

среднеблочных расчётов при общей площади, при пересчёте используя способ многоугольников (Вороного), запасы блока-ячейки составят 9,6645 тонн урана, так как крайние закачные скважины входят в блок лишь той частью своей площадного влияния, которая направлена в направлении к откачной скважине (находится в контуре блока), а откачная скважина всей своей площадью влияния входит в блок. Поэтому для технологических блоков при подсчёте запасов урана наиболее предпочтительным является отказаться от среднеблочных вычислений при общей площади блока и перейти на способ многоугольников.

Благодаря развитию компьютерных технологий позволяющих выстраивать полигоны вороного за считанные секунды (например, в базовом функционале программы Mapinfo) данный метод стал не только самым точным, простым и удобным при подсчёте вскрытых запасов урана на месторождениях пластово-инфильтрационного типа, но также и самым быстрым и удобным в использовании, в связи с чем было решено использовать именно данный способ.

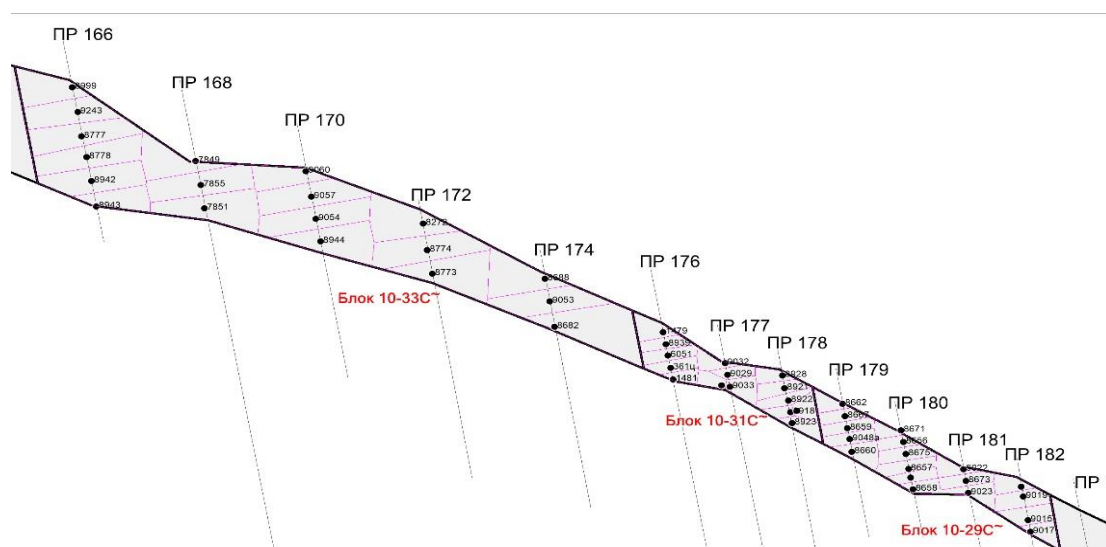
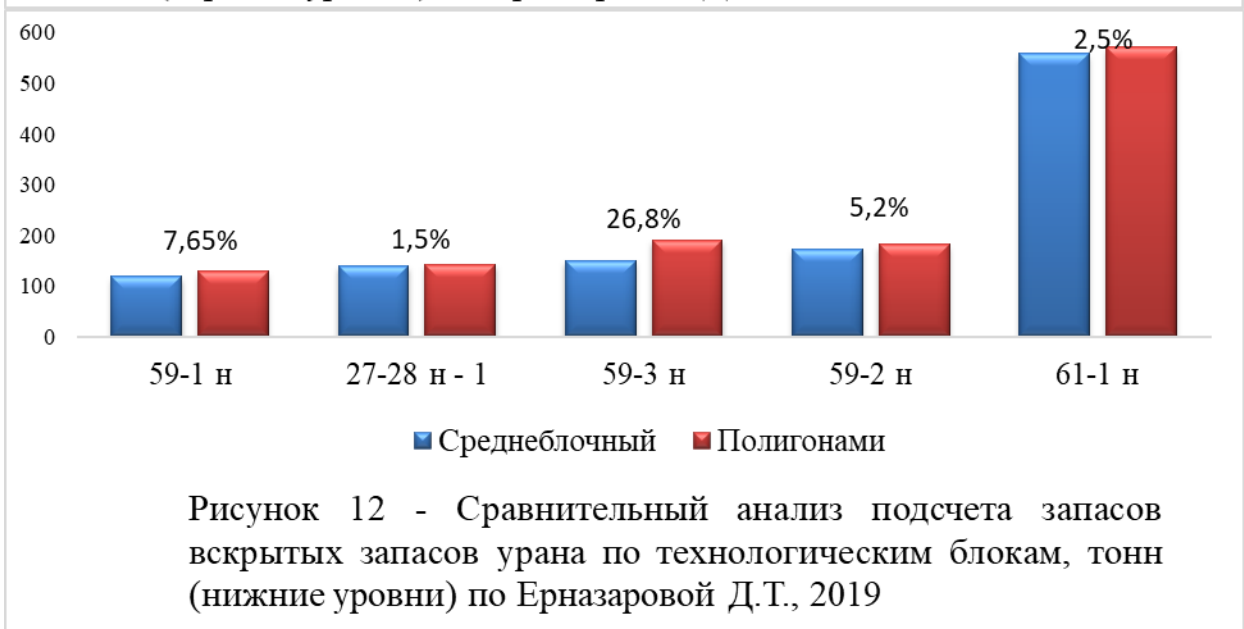
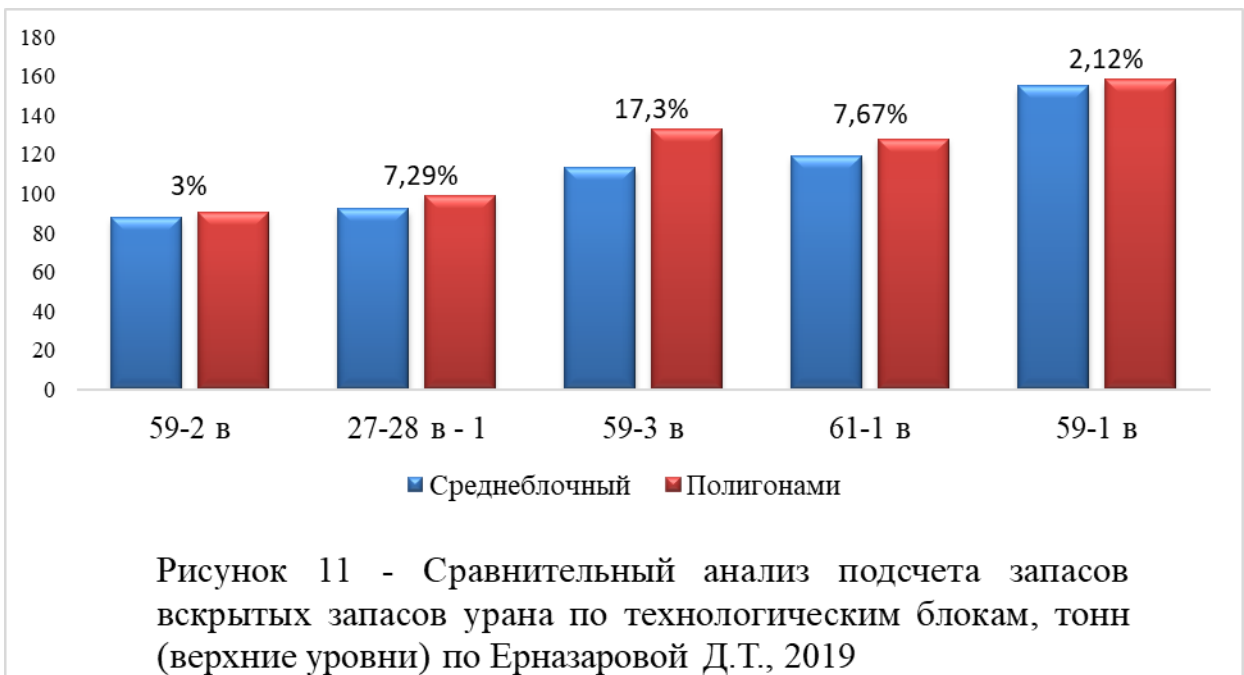


Рисунок 10 - Построение полигонов Вороного в геологических блоках (Ерназарова Д.Т., 2019)

Для сравнения двух методов, в данной диссертационной работе был проведен сравнительный анализ, путем пересчета вскрытых запасов трех геологических блоков: 10-29-С1, 10-31-С1, 10-33-С1, методом ближайшего района используя функцию программы Mapinfo «полигоны Вороного», а также, пересчет вскрытых запасов урана пяти технологических блоков методом геологических блоков: 59-1, 59-2, 59-3, 61-1,61-2, 27-28 -1 с верхними и нижними уровнями, ранее уже посчитанных методом Болдырева.

По итогам пересчета и сравнения результатов, установлено расхождение между двумя методами в среднем от 2 до 25 %.



#### 4.6 Построение плана подсчёта запасов

По всем скважинам с карты фактического материала, вскрывшим геотехнологические блоки в разрезах в зоне площади своего влияния, на плане строится карта с планом подсчёта запасов урана. В связи с высокой плотностью сети был выбран масштаб 1:1000. На карту вынесены все скважины участвующие в подсчёте запасов урана и прилегающие скважины, вскрывшие продуктивные горизонты в зоне площади работ. Координаты точек скважин вычислены по данным инклинометрии по координатам нижней границы рудных интервалов, а где руды нет, то по координатам нижней границы фильтра, а когда фильтров тоже нет, то по координатам забоя скважин [16].

По каждой скважине отображены суммарные метропроценты урана и суммарная мощность урановых рудных интервалов скважин.

На карте оконтурены все геотехнологические блоки по их подуровням. Красным цветом оконтурены нижние подуровни геотехнологических блоков и нижние ( $mk_1$ ) одноуровневые блоки, а зелёным цветом оконтурены верхние подуровни геотехнологических блоков и верхние ( $mk_2$ ) одноуровневые блоки. С карты рудоносности отображены границы зон пластового окисления в соответствии со цветом уровней руд.

По каждому блоку, в том числе по каждому подуровню, способом ближайшего района, построены полигоны Вороного описанные выше и позволяющие измерить площадь влияния каждой скважины для вычисления площадной удельной продуктивности и дальнейшего подсчёта запасов урана по каждой скважине и блокам в целом.

Полигоны Вороного построены по всем скважинам, как в пределах контура блока, так и за его пределами, отдельно для каждого блока и уровня. Затем с блоков (и уровней) удалены все площади за пределами контура блоков, после чего скважины оказавшиеся за контурами блока, но имеющие площадь своего влияния на блок, сохранили свою площадь исключительно в пределах контура блока (уровня), но продолжили своё участие в подсчёте вскрытых и не вскрытых запасов урана в пределах контуров блоков.

После подсчёта запасов на карте также отображены краткие характеристики блоков (уровней).

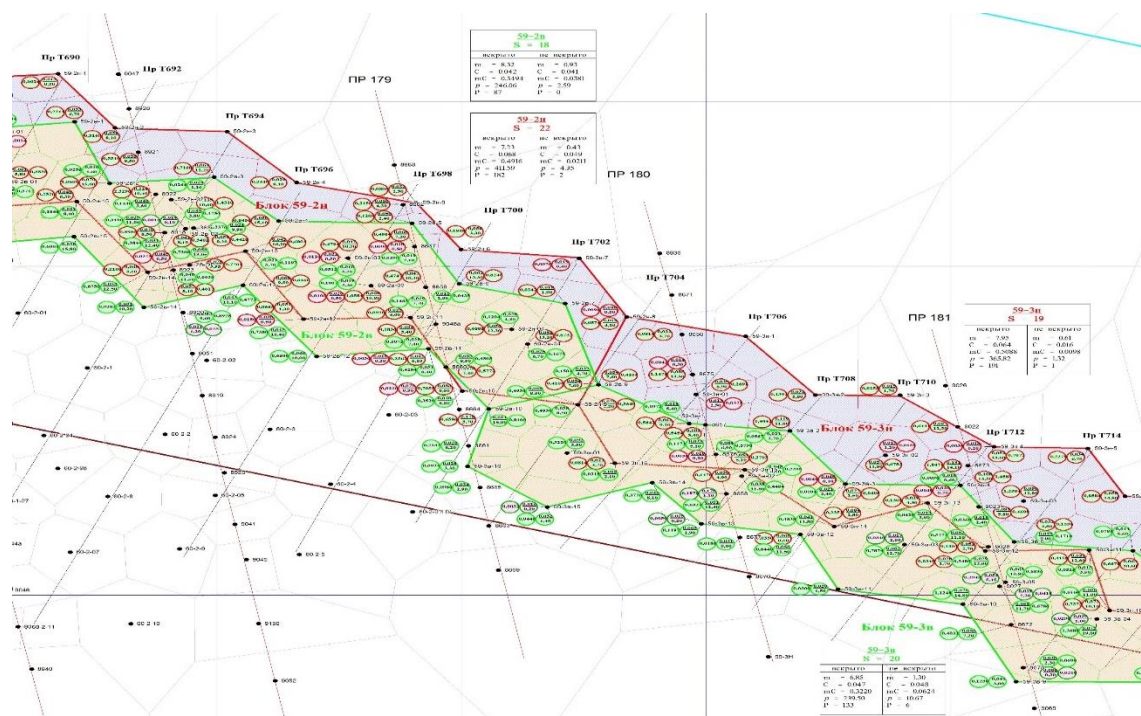


Рисунок 13 - План подсчета запасов технологических блоков (по Мендыгалиеву А.А., 2018)

## 4.7 Подсчёт вскрытых запасов урана

После сбора и подготовки всей необходимой для подсчёта вскрытых запасов документации и выбрав наиболее подходящий способ их подсчёта завершили разработку методики пересчёта вскрытых запасов урана и выполнили по ней подсчёт следующим пошаговым образом:

1. Создана рабочая таблица со следующими основными и вспомогательными столбцами: № п/п; Технологический блок; Уровень Блока; Профиль; Скважина; дата гамма-каротажа; Используемые координаты (X; Y; Z); Площадь влияния скважины, тыс. м; Интервал фильтра, м (от; до); Вскрываемый уровень, м (от; до); Эффективная мощность, м (от; до); Рудный интервал, м (от; до); мощность рудного интервала, м; метропроцент Радия по ЭВМ, м%; метропроцент урана по радио, м%; содержание урана, %; метропроцент урана расчётный, м%; удельная продуктивность, кг/м<sup>2</sup>; запасы урана, тонн.
2. По данным с предварительного подготовленного варианта плана подсчётов вскрытых запасов урана заполнены столбцы: Технологический блок; Уровень Блока; Профиль; Скважина; «Площадь влияния скважины, тыс. м», которая принималась за площадь многоугольника (Вороного) по данной скважине в пределах контура блока. А также по данным предыдущих работ заполнены «Используемые координаты (X; Y; Z)», которые были вычислены по данным инклинометрии по нижней границе рудных интервалов, а если их нет, то нижней границы фильтров, а если их нет, то координаты забоя скважины.
3. По данным первичной и сводной геологической документации в подготовленной базе данных «Атомгео» заполнены столбцы: дата гамма-каротажа; Интервал фильтра, м (от; до); Рудный интервал, м (от; до); мощность рудного интервала **m**, м; метропроцент Радия по ЭВМ **mCRa**, м%. Скважины, вскрывшие уже отрабатываемый выщелачивающими растворами продуктивный горизонт, пробуренные значительно позже начала его отработки (есть признаки изменения структуры рудного тела из-за его отработки), исключены из таблицы для предотвращения искажения истинного значения вскрытых запасов на момент их подготовки к освоению.
4. По построенным разрезам визуально определены и заполнены, в столбце «Вскрываемый уровень, м (от; до)», границы уровней вскрываемого продуктивного горизонта, для того, чтобы в их пределах определять эффективную мощность и делить запасы на вскрытые и не вскрытые. Если в рассматриваемой области был лишь один уровень отработки, то вскрываемым уровнем рассматривался весь мынкудукский горизонт в пределах которого по эффективной мощности определялись вскрытые и не вскрытые запасы урана, а если в рассматриваемой области планировалась отработка двумя или более уровнями, то вскрываемый мынкудукский горизонт делился на ориентировочной границе этих уровней и в каждом

уровне по эффективной мощности определялись вскрытые и не вскрытые запасы.

5. По данным скважин подготовленной базы данных «Атомгео» и построенным по ним разрезам определены и заполнены в таблице границы эффективных мощностей в скважинах, расчет глубин границ которых выполнен в соответствии с СТ НАК 15.5-2015, используя 2 следующих правила: 1) глубина верхней границы продуктивного пересечения (закисляемой части продуктивного горизонта) вычисляется по формуле: «из глубины верхней границы фильтра отнимается 2 метра, если выше фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то отнимается расстояние до водоупора»; 2) глубина нижней границы продуктивного пересечения закисляемой части продуктивного горизонта вычисляется по формуле: «к глубине нижней границы фильтра добавляется 6 метров, если ниже фильтра нет водоупора, если водоупор есть, то добавляется расстояние до водоупора» [12].
6. По данным скважин подготовленной базы данных «Атомгео» в пределах вскрываемых уровней по скважинам заполнены столбцы Рудный интервал, м (от; до); мощность рудного интервала, м; метропроцент Радия по ЭВМ, м% (mCRa). После чего, в соответствии с эффективной мощностью в скважине, рудные интервалы поделены на вскрытые и не вскрытые и пересчитаны тем же способом (согласно МВИ), но с изменением мощности по степени вскрытости. Для упрощения данной процедуры, используя функционал базы данных «Атомгео», интервалы были пересуммированы в пределах делимой мощности по уже рассчитанным согласно МВИ приведенных по 10 см метропроцентов Ra данных интервалов.
7. По каждой скважине, в которой есть более одного вскрытого или более одного не вскрытого рудного интервала, подведено итоговое значение по этим не единичным интервалам с указанием их верхней и нижней границ, суммарной мощности и суммарного метропроцента Радия по ЭВМ, м% (mCRa). Единичные и итоговые значения выделены жирным цветом и являются используемыми в расчётах запасов урана скважины, блоков и уровней, а не единичные оставлены в таблице без выделения жирным цветом, как используемые в расчётах.
8. В соответствии с принятыми кондициями в «Технико-экономическое обоснование постоянных кондиций по участку «Центральный» уранового месторождения Мынкудук по лицензии ГЛА № 0001529 от 28 июня 2007г. и контракту № 1796 от 8 июля 2005г.»», по значениям метропроцента радия mCRa (по ЭВМ) и установленному кондициями коэффициенту радиоактивного равновесия  $K_{pp}$  относительно морфологии рудных тел определены и заполнены все значения (в том числе и итоговые) столбца «метропроцент урана по радию  $mCU_{(Ra)}$ , м%» с принятым округлением до 0,0001. Так как согласно принятым кондициям на участке Центральный месторождения Мынкудук применён один общий коэффициент



радиоактивного равновесия  $K_{pp}$  равный 0,8, то, соответственно, метропроцент урана по радио ( $mCU_{(Ra)}$ ) вычислен по формуле:

$$mCU_{(Ra)} = mCRa \div 0,8 \quad (4)$$

9. По полученному метропроценту урана  $mCU_{(Ra)}$  вычислены и заполнены в таблице, с принятым округлением до 0,001%, все содержания урана  $CU$  (в том числе и средневзвешенные итоговые) по следующей формуле:

$$CU = mCU_{(Ra)} \div m, \quad (5)$$

где:

$m$  — мощность рудного интервала

10. Для получения расчётного метропроцента урана  $mCU$  в скважине, в соответствие с принятым округлением до 0,0001, как вскрытые, так и не вскрытые единичные и итоговые значения содержания урана  $CU$  умножены на их мощность  $m$  и внесены в таблицу в столбец «метропроцент урана расчётный, м%».

11. Вычислены и внесены в таблицу по вскрытым и не вскрытым скважинным значениям каждой скважины удельная продуктивность  $p$ , кг/м<sup>2</sup>, по формуле:

$$p = d \cdot mCU, \quad (6)$$

где:

$d$  — объёмный вес пород, принятый в нашем случае за 1,7 т/м<sup>3</sup>

в связи с тем, что м% умноженный на т/м<sup>3</sup> = 10 кг/м<sup>2</sup>, то удельная продуктивность равна числовому значению метропроцента умноженного на числовое значение объёмного веса (1,7) и умноженного на 10 кг/м<sup>2</sup>.

12. Посчитаны по каждой скважине и внесены в таблицу запасы урана  $P$ , тонн, по формуле:

$$P = p \cdot S_{скв}, \quad (7)$$

где:

$S_{скв}$  — площадь влияния скважины тыс. м<sup>2</sup>, вычисленная по площади многоугольника (полигона Вороного) в пределах контура технологического блока (уровня). Так как кг/м<sup>2</sup> умноженный на тыс. м<sup>2</sup> = 1 тонне, то для получения количества запасов в тоннах достаточно перемножить численные значения приведенных в формуле единиц без дополнительных математических операций.

13. Посчитаны суммарные и средние значения площадей влияния скважин, мощностей рудных интервалов, метропроцентов, удельных продуктивностей и запасов как вскрытых, так и не вскрытых руд по уровням и блокам в сумме, а так же средние содержания урана. Также подведены итоги по участку работ в целом.

Таблица 14 - Суммарные и средние значения по уровням и блокам [24]

Блок	Уровень	Суммарные подсчётные значения по уровням и блокам:					
		Площадь S, тыс. м <sup>2</sup>	Вскрытие зоной циркуляции выщелачивающих растворов	Мощность руд, м	Метропроцент урана mC, м%	Удельная продуктивность p, кг/м <sup>2</sup>	Запасы урана P, тонн
1	2	3	4	5	6	7	8
27-28-1	27-28н-1	22,033200	вскрыт	425,70	20,2664	344,5288	142,425914
			нет	2,70	0,0873	1,4841	0,447660
	27-28в-1	22,546256	вскрыт	363,80	13,7189	233,2213	99,444833
			нет	10,60	0,5922	10,0674	2,008192
	Всего		вскрыт	789,50	33,9853	577,7501	241,870747
			нет	13,30	0,6795	11,5515	2,455852
59-3	59-3н	19,482467	вскрыт	333,90	21,5188	365,8196	191,358794
			нет	4,90	0,0776	1,3192	0,836701
	59-3в	19,584441	вскрыт	301,55	14,0881	239,4977	133,067455
			нет	12,95	0,6277	10,6709	5,833494
	Всего		вскрыт	635,45	35,6069	605,3173	324,426249
			нет	17,85	0,7053	11,9901	6,670195
59-2	59-2н	21,916206	вскрыт	354,35	24,2114	411,5938	182,103892
			нет	3,70	0,1101	1,8717	0,698738
	59-2в	18,330706	вскрыт	342,65	14,6202	248,5434	87,846045
			нет	3,70	0,1523	2,5891	0,099280
	Всего		вскрыт	697,00	38,8316	660,1372	269,949937
			нет	7,40	0,2624	4,4608	0,798018
59-1	59-1н	18,728433	вскрыт	311,20	16,1884	275,2028	128,116481
			нет	2,10	0,0640	1,0880	0,509812
	59-1в	21,151682	вскрыт	370,70	20,6305	350,7185	154,885577
			нет	3,90	0,4091	6,9547	3,237047
	Всего		вскрыт	681,90	36,8189	625,9213	283,002058
			нет	6,00	0,4731	8,0427	3,746859
61-2, 61-1	61-2н, 61-1н	65,133300	вскрыт	536,90	33,4465	568,5905	559,400231
			нет	38,10	1,7687	30,0679	21,787883
	61-1в	9,419978	вскрыт	208,70	16,9976	288,9592	127,555320
			нет	1,60	0,0288	0,4896	0,068937
	Всего		вскрыт	745,60	50,4441	857,5497	686,955551
			нет	143,60	12,5239	212,9063	75,683681

Таким образом, разработав и применив данную методику, удалось более точно, соответствуя инструктивным требованиям и рекомендациям, а также более оперативно и быстро в сравнении с методами геологических блоков и ячеек, пересчитать вскрытые запасы урана, и также провести качественный и количественный учёт и анализ не вскрытых запасы урана.

#### 4.8 Анализ качества вскрытия запасов, учёт качества и количества не вскрытых геологических запасов, погашенных и остаточных запасов

К вскрытым запасам относится тот объём запасов рудного тела геологических блоков, который входит в подготовленную зону циркуляции выщелачивающих растворов от фактически пробуренных закачных скважин

к фактически пробуренным откачным скважинам. При этом вскрытые запасы считаются по всем (в том числе разведочным) скважинам в пределах контуров технологических блоков, в пределах циркуляции выщелачивающих растворов. К не вскрытым геологическим запасам относятся все балансовые запасы геологических блоков не вскрытые зоной циркуляции выщелачивающих растворов (не вскрытые технологическими блоками / ячейками / скважинами, и также те объёмы запасов урана, рудные интервалы которых расположены за пределами эффективных мощностей технологических скважин (в не зоны циркуляции выщелачивающих растворов) [10].

Анализ качества вскрытия геологических запасов урана (блоков) составлен из двух разделов: 1) анализ качества вскрытия геологических запасов в плане, на котором площади геологических запасов подразделяются на вскрытые и не вскрытые технологическими скважинами (блоками); и 2) анализ качества вскрытия рудных интервалов в технологических скважинах и блоках, при котором производится поинтервальный анализ качества вскрытия геологических запасов технологическими скважинами с учётом их эффективных мощностей циркуляции выщелачивающих растворов.

Для анализа качества вскрытия геологических запасов в плане (первый раздел) составлена карта в масштабе 1:2000, на которую в план-схеме вынесены контуры геологического и горного отводов, все присутствующие в зоне площади работ скважины, контуры и площади вскрываемых геологических блоков, контуры и площади технологических блоков, линии и названия профилей. Затем на карте площади геологических блоков поделены на 3 части: 1) площади геологических блоков вскрытые технологическими блоками (технологическими ячейками / скважинами); 2) площади геологических блоков не вскрытые технологическими блоками (технологическими ячейками / скважинами); и 3) площади геологических блоков о степени вскрытия которых нет сведений (площади, в которых нет технологических блоков настоящего технического задания, но в которых есть какие-либо технологические скважины, в связи с чем вероятнее всего есть какие-то технологические блоки, о которых у нас нет или не достаточно сведений и которые не относятся к заданию настоящего договора).

Для подсчёта количества запасов урана в не вскрытых площадях геологических блоков среднеблочные параметры данных блоков (средняя удельная продуктивность) умножена на не вскрытую площадь блока и коэффициент рудоносности блока. В связи с тем, что в основном остаются не вскрыты лишь крайние части геологических блоков, которые очень часто имеют более бедную продуктивность нежели центральные скважины блоков, то получившиеся цифры запасов урана в не вскрытых площадях геологических блоков могут быть завышены относительно фактических значений, что можно уточнить либо при бурении технологическим скважин при поинтервальном подсчёте вскрытых и не вскрытых запасов урана, либо

пересчитав запасы разработанными нами по настоящему техническому заданию способом пересчёта вскрытых запасов урана.

Итого по 20 геологическим блокам общей площадью 1710 тыс.м<sup>2</sup> содержащих на балансе 11089 тонн урана посредством 19 технологических блоков проведено вскрытие зоны геологических блоков площадью 793 тыс.м<sup>2</sup> и вскрыто 6459,971 тонн урана. Зона геологических блоков площадью 465,423 тыс.м<sup>2</sup> осталось не вскрытой и исходя из их среднеблочных параметров (средней удельной продуктивности и коэффициента рудоносности блоков) содержит около 2501,591 тонн урана. Более точный расчёт можно получить при их пересчёте посредством разработанной методики, особенно после их вскрытия технологическими скважинами.

Таблица 15 - Принятые, пересчитанные и извлечённые запасы урана [24]

№ п/п	Технологический блок	Принятые запасы урана	Пересчитанные заказчиком запасы урана	Извлечённые запасы урана	Пересчитанные АО "Волковгеология" Вскрытые и не вскрытые
		тонн	тонн	тонн	тонн
1	2	3	4	5	6
1	23-24-2	204,000	204,000	186,613	<b>265,425547</b> <b>13,576327</b>
2	22-24-1	292,000	292,000	339,624	<b>357,391725</b> <b>3,811916</b>
3	26-25-1	189,000	189,000	187,197	<b>164,839815</b> <b>1,743974</b>
4	27-28-2	234,000	198,200	290,505	<b>231,642298</b> <b>7,938072</b>
5	27-28-1	269,600	210,400	295,705	<b>241,870747</b> <b>2,455852</b>
6	59-3	310,000	269,000	250,145	<b>324,426249</b> <b>6,670195</b>
7	59-2	290,000	253,000	252,330	<b>269,949937</b> <b>0,798018</b>
8	59-1	451,000	372,700	372,850	<b>283,002058</b> <b>3,746859</b>
9	61,1-2	702,520	636,700	611,679	<b>686,955551</b> <b>21,856820</b>
10	68-1	288,000	249,400	235,607	<b>281,595939</b> <b>4,221848</b>
11	68-2	426,000	377,500	280,342	<b>404,462857</b> <b>6,285779</b>
12	ОПВ	424,400	412,900	383,530	<b>423,706029</b> <b>1,353624</b>
13	69-2	500,000	496,000	442,973	<b>417,057272</b> <b>9,925882</b>
14	69-1	560,000	517,500	326,477	<b>448,035833</b> <b>37,104028</b>

1	2	3	4	5	6
15	71-1	390,000	390,000	450,993	<b>422,001670</b>
					<b>44,745578</b>
16	70-2	590,000	590,000	355,683	<b>582,035436</b>
					<b>38,798449</b>
17	70-3	514,000	514,000	483,778	<b>530,239619</b>
					<b>75,683681</b>
18	70В-2-71	121,000	121,000	44,596	<b>103,584572</b>
					<b>29,187162</b>
19	70В-2-71/1	19,000	19,000	27,322	<b>21,688918</b>
					<b>2,727110</b>
<b>Всего</b>		<b>6774,520</b>	<b>6312,300</b>	<b>5817,949</b>	<b>6459,971449</b>
					<b>312,611785</b>

Всего по 19 технологическим блокам по пересчёту вскрытых запасов урана по разработанной методике вскрыто 6459,971 тонн урана, и остались не вскрыты 312,612 тонн.

За период отработки по 19 технологическим блокам извлечено 5817,949 тонн урана. Среднее соотношение количества извлеченных запасов в блоках к принятым составило 90,2%, а в сумме 85,9%; среднее соотношение количества извлеченных запасов к пересчитанным заказчиком в блоках составило 97,2%, а в сумме 92,2%; среднее соотношение количества извлеченных запасов к пересчитанным вскрытым запасам сотрудниками АО «Волковгеология» в блоках составило 93,1%, а в сумме 90,1%. При этом в отличие от предыдущих расчётов по разработанной методике рудные интервалы были разделены на вскрытые и не вскрытые и, соответственно, часть посчитанный предыдущими методами запасов, перешли в не вскрытые, и, соответственно, являются не извлечёнными. Если суммировать вскрытые и не вскрытые запасы, то из суммы 6772,583 тонн урана в данных технологических блоках извлечено 85,9% [24].

#### **4.9 Экономическая эффективность предлагаемой методики**

Исходя из вышеизложенных работ экономической эффективностью предлагаемой методики является:

1. Расхождение в сопоставлении двух методов подсчета вскрытых запасов составляет в среднем от 2 до 25%;
2. Уменьшение время- и трудозатрат более чем на 60%.

После проведения полного комплекса по подготовке блока к подсчету запасов, на формирование таблиц и выполнение подсчета 1 технологического блока методом геологических блоков у ведущего геолога уходит в среднем 6 час., на подсчет запасов способом ближайшего района (методом Болдырева) - 2 часа в день.

Таблица 16 - Сметно - финансовый расчет трудозатрат 1 специалиста в день для подсчета запасов методом геологических блоков

№	Наименование расходов	Дневной заработок, тг. (8 час.)	Трудозатраты, чел./день	Сумма затрат, тг.
	Основная заработная плата в офисных условиях			
	ИТР			
1	Ведущий геолог	12 000	0,75	9 000
	Итого основная заработная плата		0,75	9 000
2	Социальный налог	9,5%		855
	ОСМС	1,5%		135
	Итого заработная плата с отчислениями			9 990
3	Канц.товары – 5% от зарплаты с отчислениями			499,5
4	Амортизация (НА в год 25%)			900
	<b>Итого основных расходов</b>			<b>11 389,5</b>

Таблица 17 - Сметно - финансовый расчет трудозатрат 1 специалиста в день для подсчета запасов способом ближайшего района (полигонами Вороного)

№	Наименование расходов	Дневной заработок, тг. (8 час.)	Трудозатраты, чел./день	Сумма затрат, тг.
	Основная заработная плата в офисных условиях			
	ИТР			
1	Ведущий геолог	12 000	0,25	3 000
	Итого основная заработная плата		0,25	3 000
2	Социальный налог	9,5%		855
	ОСМС	1,5%		135
	Итого заработная плата с отчислениями			3 990
3	Канц.товары – 5% от			499,5

	зарплаты с отчислениями			
4	Амортизация (НА в год 25%)			900
	<b>Итого основных расходов</b>			<b>5 389,5</b>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная методика обладает целым рядом преимуществ перед используемыми ранее методами, среди которых: 1) более высокая точность подсчёта; 2) простота подсчёта; 3) возможность подсчёта узких по площади блоков без площадного искажения; 4) отсутствие необходимости в среднеблочных вычислениях, объединении скважин и использовании коэффициента рудоносности без искажения количества запасов; 5) более быстрый расчёт при использовании современных компьютерных программных решений; 6) возможность вывода всех значений по каждой скважине, ячейке и любой выбранной конфигурации; 7) возможность подсчёта не только вскрытых, но также и не вскрытых запасов по не вскрытым рудным интервалам; 8) возможность использования в подсчёте всех скважин, в том числе находящихся за пределами контуров блока, но оказывающих на него площадное влияние, в значении своего влияния;

9) Экономическая эффективность: уточнение количества запасов, расхождение от 2-25%, качественный подсчет запасов, уменьшение трудозатрат, за счет быстроты подсчета - 60% экономии времени.



## Перечень принятых сокращений, терминов

ШСД	- Шу-Сарысуйская депрессия
ВР	- выщелачивающие растворы
ГРМ	- горно-рудная масса
ГИС	- геофизические исследования скважин
ГК	- гамма-каротаж
ИН	- инклинометрия
КМ	- кавернометрия
КС	- электрокаротаж методом кажущегося сопротивления
К <sub>рр</sub>	- коэффициент радиоактивного равновесия
К <sub>ф</sub>	- коэффициент фильтрации
ЛФТ	- литолого-фильтрационный тип
МР	- маточные растворы
мС	- метропроцент
мС <sub>Ра</sub>	- метропроцент Радия
мС <sub>U</sub>	- метропроцент Урана
М,м	- мощность рудных интервалов, рудных тел
ПВ	- подземное выщелачивание
ППК	- полезные попутные компоненты
ПР	- продуктивные растворы
ПС	- электрокаротаж методом естественной поляризации скважин
С	- содержание элемента
С <sub>U</sub>	- содержание урана
С(б)Ра, gRa	- бортовое содержание радия
ТМ	- термометрия
ШСД -	- Шу-Сарысуйская депрессия
ρ	- удельная продуктивность
Р	- запасы
S	- площадь
V	- объём

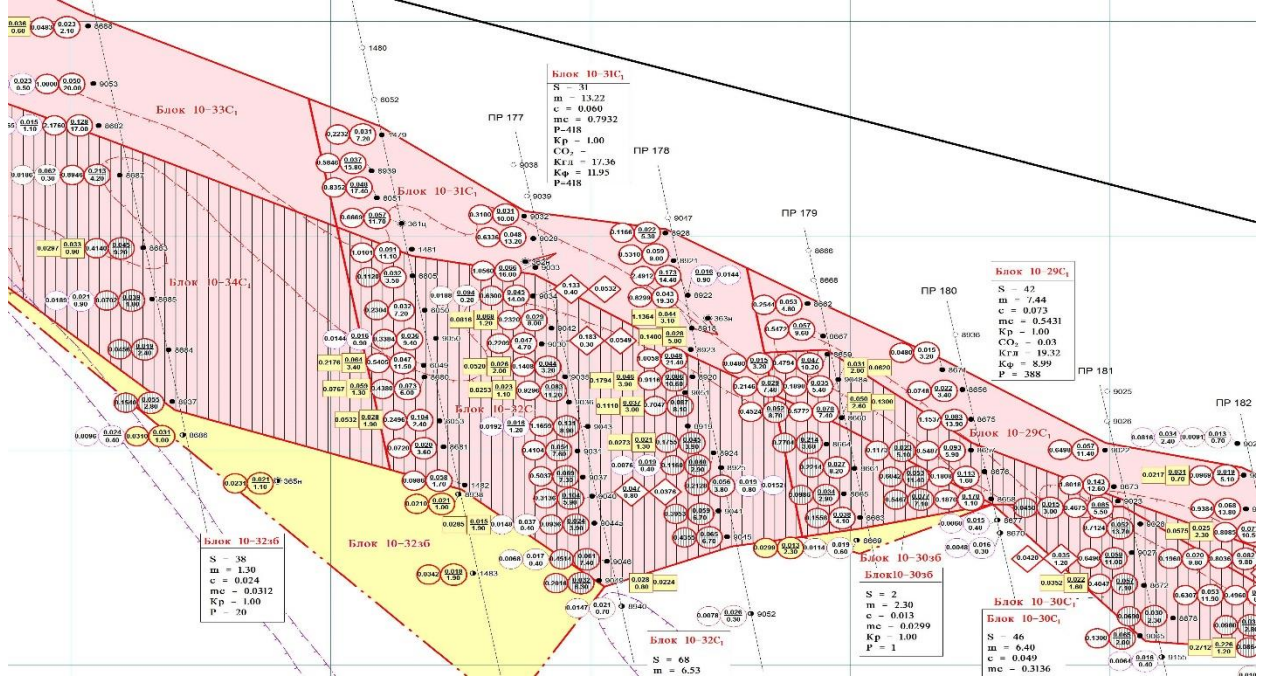
## Список использованной литературы

1. Н.Н.Петров, Б.Р.Берикболов, Х.Б.Аубакиров, А.Ф.Вершков, В.Ф.Лухтин, В.Н.Плеханов, В.М.Черняков, В.Г.Язиков «Урановые месторождения Казахстана», Алматы, 2008
2. Г.Р.Бекжанов, В.Я.Кошкин, И.И.Никитченко, Л.И.Скринник, Т.М.Азизов, А.В.Тимуш «Геологическое строение Казахстана», Алматы, 2000
3. Э.С.Воцалевский, Н.М.Жуков, А.Л.киселев, В.В.Кулинич, Л.А.Мирошниченко, Н.Тетюхина, Б.С.Ужкенов «Минерагения мезозой – кайназой Казахстана», Алматы, 2012, стр.123-138
4. Б.Р. Берикболов, Н.Н. Петров, В.Г. Карелин, «Месторождения Урана Казахстана», Справочник, изд.2, Алматы, 2015
5. О.А.Дойникова «Минералогия Урана восстановительной зоны гипергенеза», «Физматлит», Москва, 2013
6. В.И.Смирнов, А.П.Прокофьев, В.М.Борзунов, А.И.Дюков «Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых», Москва, 1960
7. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Ғылым, Алматы, 1997
8. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. «Недра», Москва, 1995
9. Максимова М.Ф., Шмариович Е.М. Пластово-инфильтрационное рудообразование. «Недра», Москва. 1993
- 10.Петров В.А. О путях сокращения затрат на разведку урановых месторождений для подземного выщелачивания. Выпуск 69, ВИМС, Москва, 1981
- 11.Руководство по методике разведки и подсчета запасов урановых месторождений в водоносных горизонтах осадочных пород, предназначенных для разработки методом подземного выщелачивания. ВИМС, Москва. 1988
- 12.Справочник по геотехнологии урана. Энергоатомиздат, Москва. 1997
- 13.Шумилин М.В., Муромцев Н.Н., Бровин К.Г. и др. Разведка месторождений урана методом подземного выщелачивания. «Недра», Москва. 1985
- 14.Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчет запасов урановых месторождений. «Недра». Москва, 1982
- 15.Язиков В.Г., Забашов В.А., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2000
- 16.Язиков В.Г. Особенности геологического изучения инфильтрационных (гидрогенных) месторождений урана при их доразведке и освоении. Томск. 2012 г.

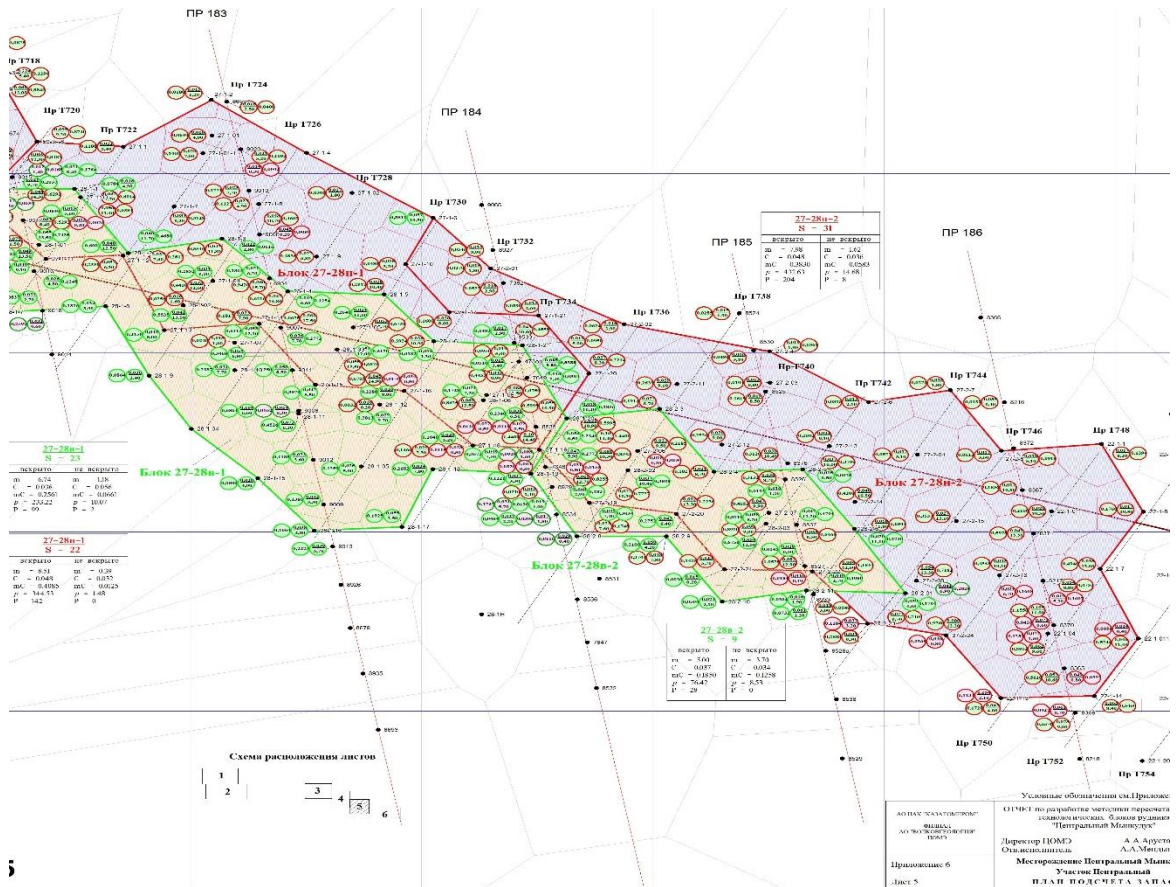
17. Домаренко В.А. «Геология месторождения руд редких и радиоактивных элементов: Прогнозирование, поиски и оценка», «Юрайт», Москва, 2017
18. Инструкция (методические рекомендации) по подземному скважинному выщелачиванию урана, НАК «Казатомпром», Алматы 2006 г.
19. Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных металлов, Москва 2007 г.
20. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана, Алматы 2003 г.
21. Инструкция МВИ (Методика выполнения измерений) по гамма-каротажу на месторождения урана пластово-инфильтрационного типа, Алматы 2016 г.
22. Стандарт АО «НАК «Казатомпром»» СТ НАК 15.5-2015 «Расчет среднеблочных параметров оруденения к подсчету запасов методом геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость для гидрогенных месторождений», Астана 2015
23. Технико-экономическое обоснование постоянных кондиций по участку «Центральный» уранового месторождения Мынкудук, ТОО «ВерШИна», Алматы 2008
24. А.Ф.Вершков, А.А.Мендыгалиев «Отчет по разработке методики пересчета запасов технологических блоков рудника «Центральный Мынкудук», АО "Волковгеология", г.Алматы 2018
25. А.Ф.Вершков, А.Г.Наталов «Отчет о результатах детальной разведки участка Центральный уранового месторождения Мынкудук с подсчетом запасов урана по состоянию на 01.01.2010г.», г.Алматы 2010

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Рисунок А.1 - Обзорный план подсчета запасов участка «Центральный»



## Рисунок А.1.1 - Обзорный геотехнологический план подсчета запасов участка «Центральный»



# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Рисунок Б.1 - Геотехнологические разрезы участка «Центральный»

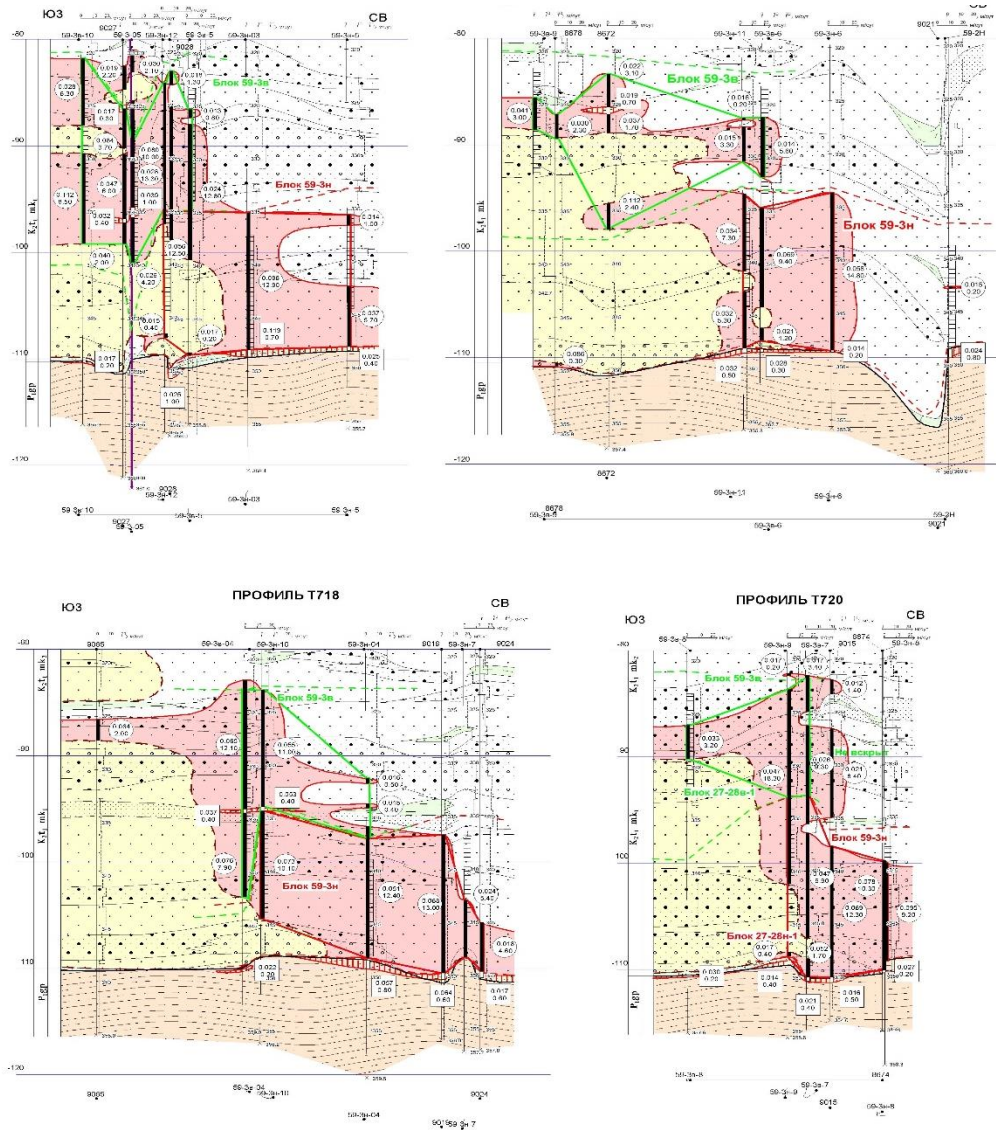
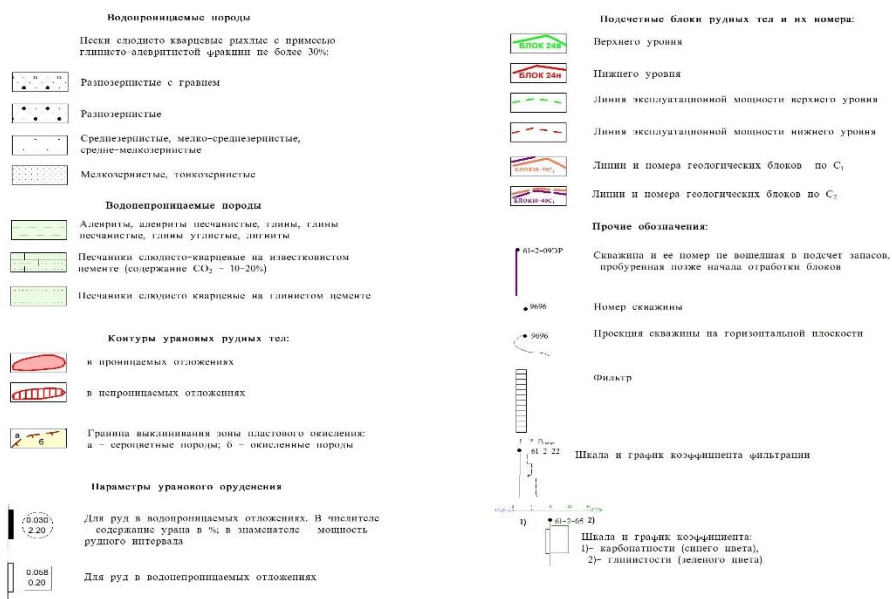


Рисунок Б.1.1 - Условные обозначения к геотехнологическим разрезам



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Рисунок В.1 – Геологическая карта Северо-Западной части ШСД

