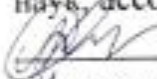




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»  
Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
Лукашова Ангелина Андреевна

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


На соискание академической степени магистра  
Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы месторождения Баян.  
7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых

Научный руководитель  
Кандидат геолого-минералогических  
наук, ассоциированный профессор  
 С.К.Асубаева  
«1» июня 2024 г.

Рецензент  
доктор PhD,  
ассоциированный профессор,  
зав. лаб. геологии редких и  
редкоземельных металлов ТОО  
«Институт геологических наук  
им.К.И.Сатпаева»  
 К.С. Тогизов  
«11» июня 2024 г.

Нормоконтролер  
Заведующий кафедрой  
Кандидат геолого-минералогических  
наук, ассоциированный профессор  
 С.К.Асубаева  
«11» 06 2024 г.


**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Директор института геологии и  
нефтегазового дела имени К. Турысова  
 А.Х. Сыздыков  
« » 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»  
Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых

УТВЕРЖДАЮ

Директор института геологии и  
нефтегазового дела имени К. Турысова  
 А.Х. Сыздыков  
« » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Лукашовой Ангелине Андреевне

Тема: Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы месторождения Баян.

Утверждена приказом Ректора Университета №408-П/О от «23» 11.2022 г.

Срок сдачи законченной работы « » июнь 2024 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) рудоконтролирующие факторы рудного поля Баян;

б) стратегия оконтуривания;

в) прогнозная оценка рудного поля Баян.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

а) геологическая карта района Баянского месторождения, М 1:50000;

Рекомендуемая основная литература:

1. Адамьян Н.Х., Фатхутдинов Д.Х. О стратиформном шеелитовом оруденении в Северном Казахстане. Геология рудных месторождений. – Москва, 1982.



2. Гуляев А.П.: Рудовмещающие скарноиды Баянского месторождения. Петрология рудоносных метасамотитов. - Фрунзе: Илим, 1980.

3. Гуляев А.П.: Шеелит-сульфидно-скарноидный тип вольфрамового оруденения в Казахстане. Четвертая конференция по минералогии. - Фрунзе: Илим, 1981.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультатам	Примечание
Сведения о районе работ	12.01.2024	
Сведения по геологическому строению и металлогении района	15.02.2024	
Структура геологии на месторождении	28.02.2024	
Вещественный состав гипогенных руд	11.03.2024	
Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы рудного поля Баян	29.03.2024	
Заключение	10.04.2024	

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

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Сведения о районе работ	Кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор С.К.Асубаева	12.01.2024	
Сведения по геологическому строению и металлогении района, структура месторождения	Кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор С.К.Асубаева	15.02.2024	
Вещественный состав гипогенных руд	Кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор С.К.Асубаева	11.03.2024	
Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы рудного поля Баян	Кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор С.К.Асубаева	29.03.2024	
Нормоконтролер	Кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор С.К.Асубаева	11.05.2024	

Научный руководитель



Асубаева С.К.

Задание принял к исполнению Магистра



Лукашова А.А.

Дата

«11» мая

## АНДАТПА

Диссертациялық жұмыс «Баян кенорнының сирек металдарына перспективаларды болжамды бағалау» сирек металдардың болашағын зерделеуге және елімізді қамтамасыз ету үшін сирек металды Вольфрамның өзіндік геологиялық шикізат базасын құруға бағытталған.

Ғылыми тапсырманың өзектілігі күмән тудырмайды, өйткені вольфрамның әлемдік нарығының динамикасы тұрақты өсіп келеді. Вольфрам - металл өңдеу, қозғалтқыш жасау сияқты көптеген заманауи технологияларда қолданылатын отқа төзімді және ең қатты металдардың бірі, тіпті болашақта бұл компонентті вольфрам қорытпалары негізіндегі термоядролық реактор үшін пайдалану жоспарлануда.

Баянское кен орнын игеру және ашу, сондай-ақ оны барлау Солтүстік Қазақстандағы вольфрамның металлогениясы бойынша өнеркәсіптік нысандардың жаңа перспективалары туралы түсінік алуға мүмкіндік берді. Ал менің зерттеу жұмысымның мақсаты – вольфрам минералдануын және оның кембрийге дейінгі түзілістердің даму бағыттарындағы болашағын анықтау.

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация на тему «Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы месторождения Баян», направлена на изучение перспектив редких металлов и создания собственной геологической сырьевой базы редкого металла Вольфрама для обеспечения страны.

Нет никаких сомнений в актуальности поставленной научной задачи, так как динамика мирового рынка вольфрама стабильно увеличивается. Вольфрам относится к тугоплавким и одним из наиболее твердых металлов, которое используют во многих современных технологиях, таких как например: металлообработка, двигателестроение и даже в перспективе планируется на основе сплавов вольфрама использовать данный компонент для термоядерного реактора.

Разработка и открытие Баянского месторождения, а также его разведка позволило нам получить представление на новые перспективы промышленных объектов о металлогении вольфрама Северного Казахстана. И целью моего исследования является выявление вольфрамового оруденения и его перспектив в районах развития докембрийских образований.

## ANNOTATION

Master's thesis on the topic “Forecast assessment of prospects for rare metals of the Bayan deposit” is aimed at studying the prospects of rare metals and creating its own geological raw material base of the rare metal Tungsten to supply the country.

There is no doubt about the relevance of the scientific task, since the dynamics of the global tungsten market is steadily increasing. Tungsten is a refractory and one of the hardest metals, which is used in many modern technologies, such as metalworking, engine building, and even in the future it is planned to use this component for a thermonuclear reactor based on tungsten alloys.

The development and discovery of the Bayanskoye deposit, as well as its exploration, allowed us to gain insight into new prospects for industrial facilities on the metallogeny of tungsten in Northern Kazakhstan. And the purpose of my research is to identify tungsten mineralization and its prospects in areas of development of Precambrian formations.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	9
<b>1. 10</b>	
<b>1.1 Административное и географическое расположение месторождения, а также его границы и площадь.</b>	10
<b>1.2 Краткий обзор климата, гидрологии и рельефа района, а также условий мерзлоты</b>	11
<b>1.3 Уровень экономической развитости территории с месторасположением месторождения</b>	13
<b>1.4 Эволюция геологических исследований месторождения Баян: От Первых Открытий до Современных Технологий</b>	13
<b>2. 15</b>	
<b>2.1 Краткая геологическая характеристика месторождения.</b>	15
<b>2.2 16</b>	
<b>2.3 Тектоника</b>	19
<b>3 Структура геологии на месторождении</b>	20
<b>3.1 Общие сведения</b>	20
<b>3.2 Магматизм</b>	21
<b>3.3. Разрывные нарушения</b>	22
<b>3.4 Генезис месторождения и типы руд</b>	23
<b>3.5 Морфология зон вольфрамовой минерализации</b>	23
<b>3.6 Группа сложности месторождения</b>	26
<b>3.7 Группировка и морфолого-вещественные характеристики рудных тел месторождения</b>	27
<b>3.8 Геофизическая характеристика месторождения</b>	27
<b>4 Вещественный состав гипогенных руд</b>	29
<b>4.1 Природные разновидности руд и их распределение</b>	29
<b>4.2 Текстурно-структурные особенности руд</b>	29
<b>4.3 Минеральный состав природных разновидностей руд, его изменчивость, парагенетические ассоциации и их пространственное распределение</b>	30
<b>4.4 Характеристика минералов гипогенного оруденения</b>	31
<b>4.5 Химический состав руд и пород</b>	33
<b>4.6 Основные попутные компоненты и вредные примеси</b>	33
<b>4.7 Закономерности распределения полезных компонентов и примесей в пределах месторождения</b>	35
<b>5. Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы рудного поля Баян</b>	36
<b>5.1. Рудоконтролирующие факторы</b>	36
<b>5.2. База данных ГИС Micromine</b>	37
<b>5.3. Исследование 3D модели месторождения Баян: Перспективы промышленной добычи вольфрама в Северном Казахстане</b>	40
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	42
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	43



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Актуальность исследования прогнозной оценки перспектив на редкие металлы, особенно вольфрам, на месторождении Баян в Северном Казахстане, неоспорима в современном контексте. Вольфрам является ключевым элементом в различных отраслях промышленности, включая металлообработку, производство авиационных и ракетных двигателей, а также электронику. Повышенный интерес к этому металлу обусловлен его уникальными свойствами, в том числе высокой температурной стойкостью и прочностью, что делает его необходимым материалом для различных технических и инновационных проектов. Месторождение Баян в Северном Казахстане представляет собой потенциально значимый источник вольфрама. Оценка его перспектив играет важную роль в обеспечении страны собственным ресурсом и развитии горнодобывающей промышленности. Учитывая динамику мирового рынка вольфрама и необходимость диверсификации источников поставок, исследование и прогнозная оценка месторождения Баян имеют большое значение для национальной экономики Казахстана. Кроме того, развитие этого месторождения может способствовать улучшению социально-экономического положения региона.

**Цель работы.** Целью данной работы является проведение прогнозной оценки перспектив на редкие металлы, в частности вольфрам, на месторождении Баян в Северном Казахстане.

**Предмет исследования.** Предметом изучения является выявление перспектив вольфрама на месторождении Баян с использованием современных данных.

**Фактический материал.** На основе анализа геологических данных и исследовательских материалов о месторождении Баян была выполнена диссертационная работа. При ее подготовке использовались научные публикации и геологический материал, представленный как внутри страны, так и за ее пределами.

**Методология исследований** заключается в научном анализе фактических полевых геологических данных, выполненных лабораторных исследований с применением современного высокоточного оборудования и использовании 3D моделировании с помощью программы Micromine.

**Публикация.** По данной теме диссертационной работы опубликованы статьи: «Парагенетические ассоциации и минералогические особенности месторождения Баян» в научном журнале "Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности" КарГТУ, «Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы месторождения Баян. Вольфрам» в Международном научном журнале «Science».

**Составная часть и объем магистерской диссертации.** Диссертация написана на 43 страницах компьютерного текстового набора и состоит из аннотации, содержания диссертации, введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. Диссертация включает в себя всего 14 рисунков и 5 таблиц.

## 1. Общие сведения

### 1.1 Административное и географическое расположение месторождения, а также его границы и площадь.

Географическое и административное положение месторождения вольфрамовых руд Баян локализуется в Айыртауском районе Северо-Казахстанской области, на расстоянии 225 км к юго-западу от областного центра Петропавловска и 105 км к юго-западу от города Кокшетау. От районного центра, села Саумалколь, оно удалено примерно на 40 км на юг. Вблизи месторождения находятся два поселка: село Карловка на западе и село Наследникова на востоке (рисунок 1.1). Данный район представлен сетью рудников, которые добывают разнообразные полезные ископаемые.

Площадь месторождения поделена на две части: западную, которая отведена под геологический отвод, и восточную, занимающую территорию Государственного Национального природного парка "Кокшетау". Геологический отвод, также известный как контрактная территория, имеет общую площадь 25,656 км<sup>2</sup>. Восточная и южная границы геологического отвода соприкасаются с границей Государственного Национального природного парка (рисунок 1.2).



Рисунок 1.1- Обзорная карта



Рисунок 1.2- Карта схемы месторождения Баян

## 1.2 Краткий обзор климата, гидрологии и рельефа района, а также условий мерзлоты

Климат района изысканий характеризуется резко-континентальными условиями, что выражается в больших контрастах между зимними и летними температурами, резких суточных колебаниях температур и продолжительной холодной зиме. В основном преобладает ясная и часто засушливая погода. Заметен значительный контраст между зимними и летними температурами, а также большая амплитуда суточных колебаний. Абсолютные минимальные и максимальные температуры воздуха составляют:  $-44,7$  и  $+40,7$  градусов Цельсия соответственно.

Исходя из характеристик местности, область изысканий находится в климатическом подрайоне 1В, который характеризуется резко-континентальным климатом. Здесь наблюдается значительная сухость и выраженная континентальность. Зимы продолжительны, холодные и снежные. В январе средняя температура составляет примерно  $-15$  до  $-17$  градусов Цельсия, с частыми низкими температурами, достигающими  $-37$  до  $-38$  градусов. Короткие оттепели, вызванные проникновением теплых воздушных масс из внутренних районов Казахстана, могут привести к ветреной и облачной погоде. Снег держится около 145-150 дней. Весной часто происходит сход снега, что может привести к наводнениям. Зима характеризуется холодом, небольшим количеством снега и облачной погодой, с некоторыми ясными днями.

Температуры воздуха варьируются от  $-17$  до  $-23$  градусов Цельсия днем и до  $-44$  градусов ночью. Весной температуры постепенно повышаются, а снег сходит в конце апреля. Лето теплое, с ясной погодой. Температуры днем до  $+23$  градусов Цельсия и ночью до  $+13$  градусов. Осень прохладная с морозящими

дождями. Воздушные потоки зимой в основном с юго-запада и востока, а летом - с северо-запада и севера. Средняя скорость ветра составляет 4-5 м/с. Рельеф включает в себя равнины с останцами и холмами, а также речные долины и сопки. Подробнее продемонстрированы данные о климате в районе месторождения в (таблице 1.1).

Таблица 1.1- Данные о климате в районе месторождения

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение
1	Абсолютная минимальная температура воздуха	градус Цельсия	-44,7
2	Абсолютная максимальная температура воздуха	градус Цельсия	+40,7
3	Средняя максимальная температура воздуха (июль)	градус Цельсия	26,3
4	Средняя минимальная температура воздуха (июль)	градус Цельсия	22
5	Среднее количество осадков (ноябрь-март)	мм	105
6	Среднее количество осадков (апрель-октябрь)	мм	266
7	Продолжительность залегания снежного покрова	дня	153
8	Суточный максимум осадков (средний из максимальных)	мм	32
9	Суточный максимум осадков (наибольший из максимальных)	мм	101
10	Продолжительность осадков в виде дождя	часов	136
11	Среднегодовое значение влажности	%	72
12	Преобладающее направление ветра (декабрь-февраль)	м/с	Юго-западное (4 м/с)
13	Преобладающее направление ветра (июнь-август)	м/с	Западное (2 м/с)
14	Среднегодовая скорость ветра	м/с	2,4
15	Максимальная из средних скоростей ветра (январь)	м/с	8,1
16	Повторяемость штилей за год	%	9

### 1.3 Уровень экономической развитости территории с месторасположением месторождения

В районе месторождения Баян широко развиты такие отрасли как:



животноводство, производство зерновой культуры, а также горнодобывающая промышленность, исходя из этого, можно сделать вывод что район экономически развит. Рядом с месторождением есть два поселка - село Карловка и село Наследникова, которые связаны между собой сетью грейдерных и грунтовых дорог. Село Карловка имеет асфальтированную дорогу, соединяющую его с районным центром - селом Саумалколь (рисунок 1.3). Также вблизи в 20 километрах находится асфальтированная автодорога Кокшетау-Костанай и в 40 километрах железнодорожная линия Астана-Челябинск, ближайшая станция которой находится в поселке Янко.

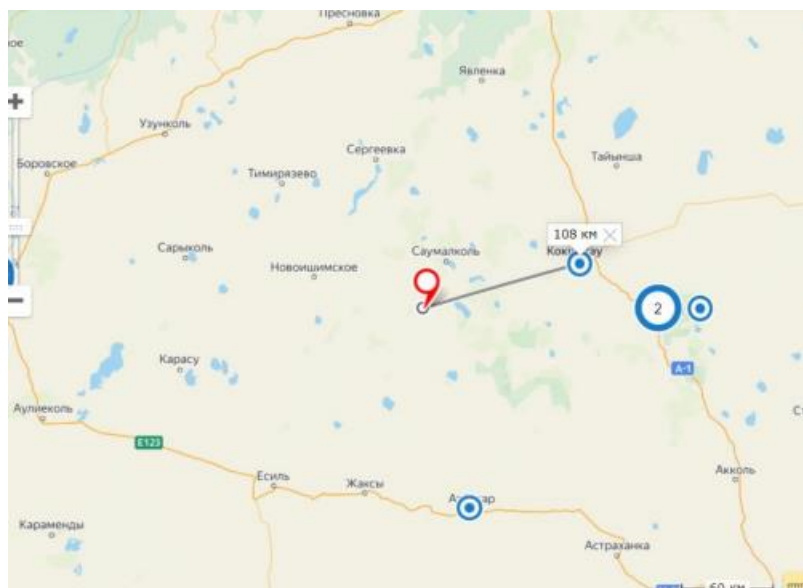


Рисунок 1.3- Выборка с сайта РГП «Казгидромет» о расположении месторождения Баян (более чем в 108 км от города Кокшетау).

#### **1.4 Эволюция геологических исследований месторождения Баян: От Первых Открытий до Современных Технологий**

Изучение района месторождения Баян проводилось систематически в различные годы, начиная с 1925 года. В период 1925-1926 гг. исследования вел П.П. Преображенский, а затем в 1928 году Е.Д. Шлыгин начал свои исследования, которые положили основы для современного понимания геологического строения этого района. В 1936 году Е.Д. Шлыгиным было впервые обнаружено месторождение шеелита в районе Баянских сопок, а в 1947 году под его руководством была составлена геологическая карта масштаба 1:1 000 000 для листа N-42.

С 1961 по 1981 год различными исследователями в пределах района месторождения проводились разнообразные работы, включая поисково-ревизионные, тематические и поисково-разведочные работы, а также геологическую съемку масштаба 1:50 000. Эти работы позволили выявить проявления различных полезных ископаемых, таких как полиметаллы, цветные металлы, редкие и рассеянные элементы, и определить участки для дальнейшего исследования.

Первые работы на месторождении Баян, проведенные в 1951 году, включали в

себя опробование коренных пород и рыхлых отложений. По результатам этих работ было предложено провести поисково-разведочные работы для выявления потенциальных месторождений шеелита. В результате поисково-разведочных работ, проведенных в 1955 году, были обнаружены линзы эпидот-амфиболовых пород, которые являются благоприятными для обнаружения шеелитовых залежей.

С 1967 по 1992 год на месторождении Баян был проведен полный комплекс геологоразведочных работ, включая геологическую съемку, поисково-съёмочные работы, детальные поиски, предварительную и детальную разведку, а также поисково-оценочные работы на фланге. В 1957-1958 годах была также проведена гидрогеологическая съемка масштаба 1:50000, что позволило провести гидрогеологическое районирование и выделить перспективные водоносные горизонты для водоснабжения сельскохозяйственных угодий.

С 1962 по 1981 год были проведены геофизические съемки различными экспедициями, включая гравиразведку масштаба 1:50 000 и аэромагниторазведку. Эти работы позволили провести картирование фундаментальных пород, изучить тектоническое строение участков и выявить дизъюнктивные нарушения. В 1971 году были проведены электроразведочные работы методом ВЭЗ с целью поиска повышенной трещиноватости и обводненных песков, а в 1973-1975 годах были проведены гравимагнитные работы для детального геологического картирования и поиска редких металлов.

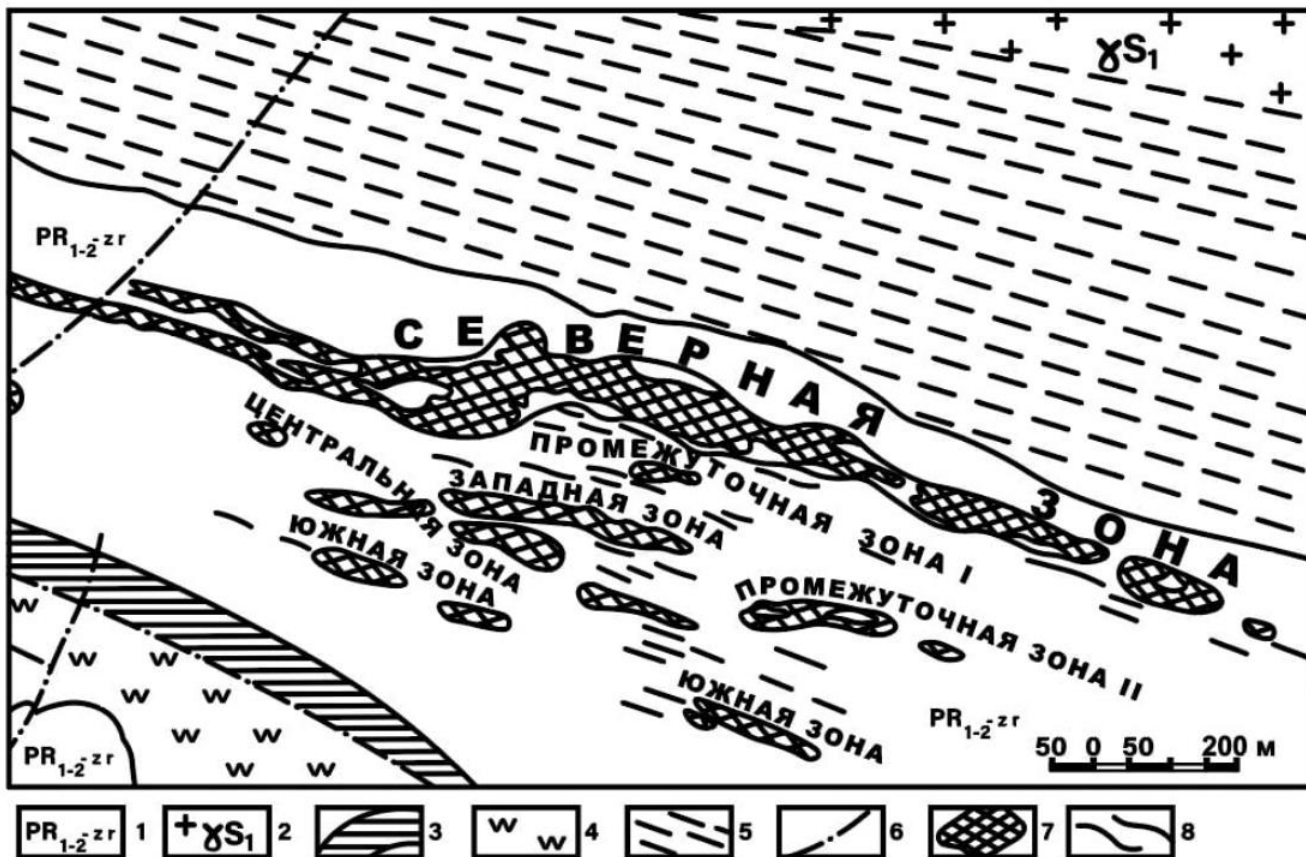
В 1976 году КГГЭ провела детальные поисковые работы на месторождении Баян с использованием комплекса геолого-геофизических методов. В 1982-1986 годах были начаты общие поисковые работы на вольфрам на восточном фланге месторождения Баян с использованием высокоточной магниторазведки, гравиразведки и электроразведки.

## 2. Сведения по геологическому строению и металлогении района

### 2.1 Краткая геологическая характеристика месторождения.

Месторасположение Баянского месторождения охватывает северо-западную часть Арыкбалыкского поднятия, представленную блоком докембрийских метаморфических пород амфиболитовой и гранулитовой фации. Здесь находится Баянская антиклиналь, протяженная в северо-западном направлении на примерно 20 километров при ширине около 15-18 километров. Сердцевина антиклинали состоит из гнейсов, пироксен-плагиоклазных пород, а также биотитовых и амфиболитовых кристаллических сланцев архея, в то время как окраины состоят из кварцитов кокчетауской свиты. В области нарушений в породах сердцевины антиклинали преобладают штоки и дайки гранитов, гранит-аплитов, гранит-аплит-пегматитов (Бабырбурлукский массив), сопровождающиеся рудоносными метасоматитами. Гипогенная вольфрамовая минерализация Баянского месторождения преимущественно наблюдается в измененных гранитах, скарнах и кварц-слюдяных жилах. [7]

История геологического формирования и характеристика рудных зон Месторождение Баян обладает сложной и многоступенчатой геологической историей, формируясь в рамках метаморфических образований докембрия. Основу месторождения составляют метаморфические породы, но также присутствуют участки осадочных образований (глины и суглинки) и зоны выветрелых пород. Рудное поле месторождения Баян подразделяется на несколько перспективных зон, в пределах которых развиты рудные тела. Основные зоны: Северная зона: мощность рудных тел варьирует от 2 до 98 метров, длина - от 50 до 1500 метров. Эти тела сложены актинолит-эпидот-шеелитовыми метасоматитами в скарнах и штокверковыми зонами кварц-полевошпат-шеелитовых образований. Промежуточная зона: мощность рудных тел - от 1 до 35 метров, длина - от 50 до 1500 метров. Рудные тела представлены шеелит-силикатными метасоматитами. Центральная зона: мощность рудных тел - от 1 до 50 метров, длина - от 50 до 1500 метров. Тела состоят из амфибол-шеелитовых метасоматитов и штокверковых зон кварца. Западная зона: мощность рудных тел - от 1,5 до 25 метров, длина - от 50 до 1500 метров (рис 2.1) Рудные тела обладают сложным строением, в их состав входит эпидот, кварц, сульфиды и шеелит. При формировании месторождения происходили процессы метасоматоза, связанные с проникновением в толщу горных пород магматических растворов, богатых различными химическими элементами. На границах различных пород происходило образование скарновых образований, которые представляют собой метасоматиты, сформированные при воздействии гранитных интрузий на карбонатные породы. Ветвление скарновых зон в итоге привело к образованию многочисленных рудных тел с богатым содержанием шеелита. Помимо скарновых зон, на месторождении Баян развиты многочисленные штокверковые зоны кварца, сульфидов и шеелита. Эти зоны представляют собой сеть мелких трещин и разломов, заполненных указанными минералами. Штокверковые зоны часто сопровождают скарновые образования, формируя комплексные рудные тела [13-15].



1 – Зерендинская серия: гнейсы, гранито-гнейсы, амфиболиты; 2 – граниты зерендинского комплекса; 3 – гранатовые и пироксеновые скарны; 4 – кварциты; 5 – зоны интенсивной трещиноватости, брекчирования и милонитизации пород; 6 – тектонические нарушения; 7 – рудоносные зоны; 8 – рудные тела.

Рисунок 2.1 – Месторождение Баян по Х. Адамьяну

## 2.2 Стратиграфия

### Протерозойская акротема (PR). Нижнепротерозойская зонотема (PR1).

#### Зерендинская серия (PR1zr).

С запада на восток наблюдается широкая полоса образований, протянувшаяся через весь регион на расстоянии от 2 км до 100 км. Наряду с этим, в пределах вулканических пород существуют отдельные участки в виде ксенолитов, которые порой могут быть весьма обширными по площади. Совокупность пород, составляющих серию весьма различный и образуют сложный и разнообразный комплекс. Горные породы испытали изменения от зеленосланцевой фации до анатектической, что соответствовало различным стадиям метаморфизма. Зерендинская серия показана рядом кристаллических сланцев, амфиболитов, гнейсов и гранито-гнейсов.

Между этими породами нет четких границ, поскольку каждая из них имеет тесное генетическое родство. Несмотря на смешанные литологические различия, Зерендинская серия представлена в две пачки горных пород: гнейсосланцевая и



гранитогнейсовая. Гнейсосланцевая толща встречается тонкой полосой шириной 1–2 км на всей охарактеризованной территории от села, проходящей с запада на восток шириной 1–2 км. Карловка в с. Наследникова и в сторону озера на востоке Имантау. Пачка состоит в основном из расплавленных руд и их переходных разновидностей, таких как гнейсы, биотитовые и амфиболитовые кристаллические сланцы. Данная пачка значитесь рудовмещающей. В пределах пород пачки концентрируются утолщающиеся вольфрамосодержащие скарноиды мощностью от одного дециметра до десятков метров, образующие локализованные тела внутри образца породы. Тела скарноидов равномерно выровнены с вмещающими породами и проявляются в ответ на общую субширотную ориентацию окружающих структур. Гранит-гнейсовая пачка имеет выраженный территориальный характер и более широкое распространение. Баянская и Каменнобродская антиклинали сложены породами пачки. Наиболее распространены гнейсы и гранитогнейсы, менее распространенное значение имеют магматиты, биотитовые и амфиболитовые сланцы. В Зерендинской серии, проходящей узкой полосой вдоль тектонических нарушений, наряду с гранитогнейсовой и гнейсосланцевой компонентами присутствуют кварциты, которые считаются вторичными. В определенных местах кварциты сохраняют реликтовые текстуры замещаемых ими пород, прорезая слои кристаллических сланцев и гнейсов. Стратиграфическая схема нижнепротерозойской (зерендинской) серии, принятая на Алма-Атинском стратиграфическом совещании в 1971 г., основана на общепринятом возрасте зерендинской серии. Мощность отложений Зерендинской серии по данным Сальманова Г.С. (1975 г) оценивается в 1500 м.

### **Верхнепротерозойская зонотема (PR2). Рифейская зонотема (RF). Верхнерифейская эратема (RF3).**

Отложения в районе месторождения имеют незначительное распространение по сравнению с отложениями в окрестностях месторождения. В северном районе описываемой земли они выявлены и составляют южное крыло Кирилловской синклинали. Кайнозойские отложения покрывают чехлом всю территорию.

В районе месторождения обнаружены породы шарыкской свиты, среди которых преобладают: Сланцы филлитовидной структуры, Микросланцы различного состава, Метаморфизованные алевролиты, Мраморизованные известняки.

Менее распространены: Кварцитовидные песчаники, Микрокварциты, Линзы и гнезда сидеритов, Бурые железняки, Известняки, Тальк-карбонатные породы.

Породы шарыкской свиты глубоко трещиноваты, складчаты с углами падения 45°-70° и претерпели изменения за счет ороговения и метасоматических преобразований в зонах контакта с гранитоидами Баянского массива. Исследования Чередова Н.Т. мощности шарыкской свиты, основанные на мощности структуры пор-трубок, позволяют предположить, что шарыкская свита не была четко выраженным геофизическим объектом, тогда как мощность по Чередова Н.Т. (1974) Определяется 1000-1300 м.

### **Мезозойская эратема (MZ). Мезозойские коры выветривания.**

Коры выветривания на площади месторождения преобладают и возникают во всех породах фундамента. Их классифицируют как линейные или площадные в зависимости от морфологии коры выветривания. Разломы часто пересекают

линейные коры.

Климатозависимые коры выветривания, в том числе площадные, имеют наибольшее распространение и лучше всего представлены нижними горизонтами профиля выветривания: зонами разрушения и промежуточного разложения. Полностью полные профили выветривания обнаружены лишь в нескольких скважинах.

Большая часть выявленной площади сложена гранитоидо-подобными породами и метаморфическими участками, напоминающими гранитоидные интрузии; в результате продукты выветривания, особенно участки окончательного разложения, демонстрируют сопоставимую минералогическую структуру. Гидрослюды и каолинит являются основными продуктами выветривания, используемыми в глине, причем каолинит наиболее распространен в верхних горизонтах. Мощность коры выветривания колеблется от 2 до 72 м, а при тектонических разломах и выветриваниях - 120-149 м. Большинство исследований в этом районе относят возраст коры выветривания к мезозойско-кайнозойскому.

#### **Кайнозойская эратема (KZ). Неогеновая система (N).**

Свита турме (N1trm). Размыв с отложениями свиты основаны на корях выветривания и породах фундамента и характеризуются разнообразной цветовой гаммой зеленовато-светло-серых цветов, жирными, восковидными глинами, содержащими конкреции эллипсоидальной или сферической формы и пятнами гидроксидов марганца. Мощность пласта составляет 20 м.

Красно-бурые, красновато-коричневые карбонатные глины с редкими мергелями входят в состав павлодарской свиты (N1-2pv), которая сложена красно-коричневыми, красновато-коричневыми карбонатными глинами и с постепенным переходом перекрывает Турме свиту.

Жуншиликская свита (N23-Q1n) имеет мощность более 15 м. Отложения состоят из темно-коричневых, иногда красновато-бурых суглинков и глин, плотных, карбонатных, иногда с обломками мелких тонкостенных ракушек в подошве слоя, характеризующихся темно-коричневыми, иногда красновато-коричневыми суглинками и глинами.

Отложения павлодарской свиты обычно обнажены в резком контакте с отложениями, что указывает на значительную точку формационного контакта. На глубине 15 м мощность пласта находится внутри.

#### **Четвертичная система (Q).**

Отложения этого возраста обильны и занимают более 60% территории, многие примеры варьируются от известковых глин до супесей и песков. В период среднего-верхнего плейстоцена в котловине Баянского озера сформировались отложения озерных отложений, а именно среднего-верхнего плейстоцена и образуют вторую озерную террасу Баяна и образуют вторую озерную террасу (сублатину). Их представительство служат песчаники и алевроитово-карбонатные глины, перемешанные с линзами и прослоями кварцевых песков и алевроитов. Верхнеплейстоценовые покрывающие суглинки.

Суглинки, сложенные песком, гравием и галькой и имевшие гравийно-галечные горизонты, представляют собой первые речные и озерные террасы от верхнего плейстоцена до голоцена. Первая озерная терраса сложена глинистыми песками, а также илистыми и песчанистыми глинами, встречающимися в первой озерной террасе. Современные отложения, такие как аллювиально-русловые осадки,

отложения низких и высоких пойм, озерные отложения, песчано-карбонатные глины и алевроиты. Глубина отложений четвертичной системы обычно варьируется от нескольких метров до 30 м. [17]

### **2.3 Тектоника**

Месторождение расположено рядом с метаморфическими породами, которые развиты на южной окраине гранитогнейсового купола. Как и в случае с аналогичными структурами, для Баянского гранитогнейсового купола характерно наличие метаморфических пород в его центральной части. Распределение пород соответствует ориентации контакта с гранитоидным массивом, находящимся в центральной части купола.

Согласно геофизическим данным, контакт погружается под месторождение. Это месторождение ограничено широтными зонами тектонических нарушений с юга и севера. Нарушения северо-восточного направления прослеживаются к западу и востоку от него. Тектонические нарушения определяются интенсивным окварцеванием, брекчированием, катаклазмом, увеличением мощности коры выветривания и трещиноватостью.

Существенных смещений в зонах тектонических нарушений нет. Амплитуда движения, определяемая перемещением контактов пород, особенно чаще всего в рудных жилах, не превышает 10 см и определяется перемещением контактов пород при этом. Эпидот-цоизитовый материал, выполнявший роль цемента, распространен также в пострудных тектонических брекчиях. Рудный штокверк образуется за счет крупных тектонических разломов, которые ограничивают месторождение и играют большую роль в его формировании.

Преобладающая система рудных трещин северо-западного направления может быть результатом бокового давления от разломов северо-восточного направления, что может образовывать северо-восточную краевую систему рудных трещин. Отрицательные формы рельефа присутствуют на поверхности в местах, где трещиноватость более интенсивна, чем на других поверхностях. Имеются сухие трещины. Моноклиналиное залегание наблюдается в рудоносных толщах. Рудовмещающие породы имеют моноклиналиное залегание. Азимут падения пород варьируется от 5 до 40°, с преобладанием угла падения в 50°. Направления падения рудоносных зон совпадают с направлениями падения рудовмещающей толщи. Наиболее часто встречаемые системы трещин имеют направления северо-западное (345-350°), северо-восточное (40-45°) и субмеридиональное [17]

## **3 Структура геологии на месторождении**

### **3.1 Общие сведения**

Месторождение Баян находится на западном склоне Кокчетавского мегантиклинория. Геологическая структура района включает глубоко метаморфизованные образования докембрия из Зерендинской серии и шарыкской свиты. Песчано-глинистые отложения кайнозоя лежат на породах складчатого

фундамента, а также значительную часть площади занимают интрузивные образования. Геологическая карта скального фундамента (рисунок 3.1)

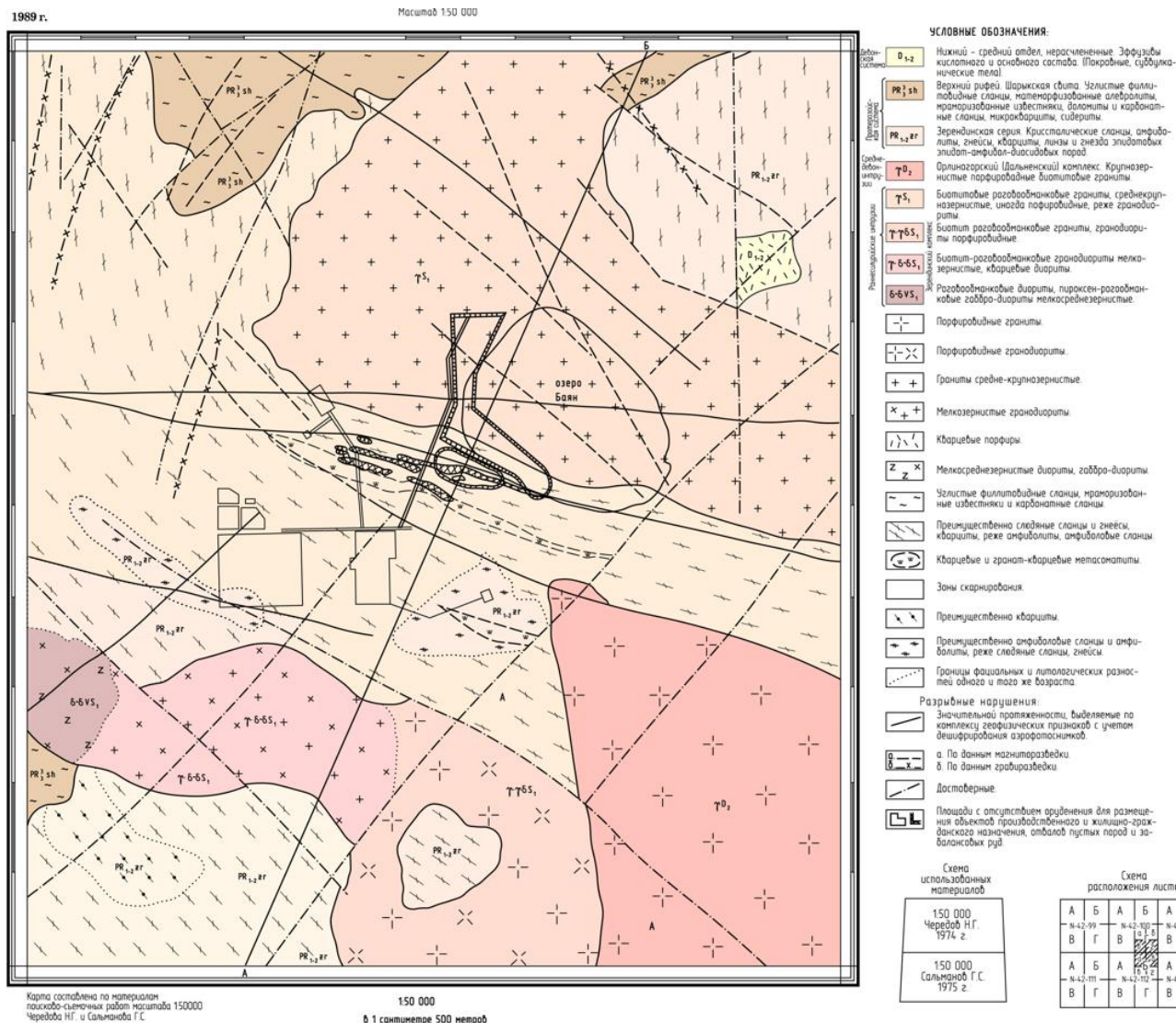


Рисунок 3.1 - Геологическая карта скального фундамента Баянского месторождения

### 3.2 Магматизм

В окрестностях месторождения выделяются гранитоиды зерендинского (нижний силур) и орлиногорского (средний девон) комплексов, представляющие собой магматические породы. Они занимают значительную территорию, охватывая большую часть территории. Эти образования представлены тремя комплексами:

- Среднекембрийский комплекс основных и ультраосновных интрузий (v-ud€2).
- Верхнеордовикский гранитоидный интрузивный комплекс Зерендинского массива (γδO3).
- Верхнеордовикско-нижнесилурийский комплекс гранитных интрузий Крыккудукского массива (γδO3-S1).

Среднекембрийский комплекс основных и ультраосновных интрузий (v-υδЄ2) представлен западной частью Златогорского интрузивного массива, который расположен в 15 км к северо-востоку от месторождения. Этот массив включает в себя различные породы основных и ультраосновных горных пород, переходящие друг в друга. Основные породы главной фазы интрузий включают габбронориты, нориты, оливиновые нориты, анортозиты, троктольты, пироксениты, перидотиты и дуниты. Кроме того, эти породы прерываются небольшими телами полосчатых габбро-диоритов, микрогаббро-норитов дополнительной интрузии и пересекаются дайками горнблендитов, спессартитов и диабазов, а также жилами разнообразных по составу пегматитов. Вместе с породами массива ассоциируются месторождения меди, никеля, кобальта и платины. В описываемом районе Зерендинский интрузивный комплекс (γδO3) обладает широким распространением и представлен двумя массивами: Баянским и Константиновским.

Баянский массив, расположенный в северной части района, состоит из розовато-серых и серых гранитов, гранодиоритов, часто с примесями гнейсов и разнообразными полосчатыми структурами. На границах контакта с метаморфическими породами Зерендинской серии обычно происходит хлоритизация, окварцование, эпидотизация и образование сульфидных минералов.

Константиновский массив, представляет собой глубоко проникающую в метаморфические образования Зерендинской серии часть Зерендинского плутона. Гранитоиды этого массива, занимающие около трети площади, располагаются в южной части территории.

Зерендинский массив представлен разнообразными гранитами, гранодиоритами и диоритами различной крупности зерна, а также дайками и жилами кварцевых и пегматитовых пород. На контакте с метаморфическими породами происходит изменение, окварцование, эпидотизация и формирование сульфидной минерализации. Гранитоиды также включают в себя останцы гнейсов и кристаллических сланцев Зерендинской серии, часто с нечеткими контактами. Орловский массив, частью Крыккудукского интрузивного комплекса (γδO3-S1), простирается на юго-западном фланге исследуемой территории. Этот массив состоит из сложнодифференцированных гранитов, плагиогранитов, гранодиоритов, реже диоритов. Гранитные породы массива обладают высоким содержанием кварца и часто подвергаются катаклазированию. Дайковые образования представлены широким разнообразием, в основном из кислых пород, таких как гранит-порфиров и кварцевые порфиры, а также микродиориты, диоритовые порфириты, пегматиты и лампрофиры диоритового ряда. Орловский массив ассоциируется с рядом месторождений золота и вольфрама, где наблюдаются повышенные концентрации данных металлов.

### **3.3. Разрывные нарушения**

Описываемая область находится на юго-западном краю Кокчетавского мегантиклинория, части Казахстанской складчатой области, формирование которой произошло в каледонский период. С течением времени эта территория превратилась в платформенную область, наклоненную к северу в сторону Западной Сибири, где постепенно увеличивается толщина мезозойских и

кайнозойских отложений.

Строение района включает в себя два сильно отличающихся комплекса пород: глубоко метаморфизованные и смещенные породы протерозоя, составляющие нижний структурный ярус, и несмещенные рыхлые отложения кайнозоя, образующие верхний структурный ярус.

В нижнем слое структурного яруса данной области можно выделить две второго порядка структуры: Константиновский антиклинорий и Володарский синклинорий. Эти структуры характеризуются северо-южным распределением и значительно различаются по типу осадков, которые их формировали. Константиновский антиклинорий состоит из глубоко метаморфизованных и деформированных пород зерендинской серии нижнего протерозоя (нижний структурный ярус), в то время как Володарский синклинорий формировался отложениями шарыкской свиты (верхний структурный ярус). В рамках Константиновского антиклинория можно выделить более крупные структуры: Баянская и Каменнобродская антиклинали, а также Карловская синклинальная зона, которая представляет собой северо-восточное продолжение Баянской антиклинали. Ширина этой зоны изменяется от 1 до 2 км, а ее протяженность составляет десятки километров от поселка Карловка на западе до озера Имантай на востоке. Карловская синклинальная зона состоит из гнейсо-сланцевых отложений с преобладанием амфиболитовых и биотитовых сланцев, с содержанием вольфрамоносных скарноидов.

Породы, образующие эту зону, моноклинально залегают, при падении на север под углом от 30° до 60°. Основная ось структуры плавно наклонена на запад под углом от 5° до 8°.

Антиклинали состоят из пород глубокой метаморфизации зерендинской серии, таких как гнейсы и гранито-гнейсы. В центральных частях антиклиналей наблюдаются выходы гранитоидов зерендинского комплекса, таких как Баянский массив и куполообразные поднятия Константиновского массива. Володарский синклинорий простирается на характеризуемой территории только своим южным краем. Единственной структурой на этой территории является южное крыло Кирилловской синклинали. В этом месте отложения шарыкской свиты сложно дислоцированы и осложнены тектоническими процессами. Верхний слой структуры состоит из платформенных рыхлых отложений кайнозоя, которые почти горизонтально залегают на эродированной поверхности складчатого фундамента.

### **3.4 Генезис месторождения и типы руд**

Месторождение классифицируется как стратиформное, принадлежащее к формации шеелит-сульфидно-скарноидного типа. Основные критерии этой классификации вольфрамового оруденения включают:

- Отсутствие связи с гранитоидами.
- Присутствие геохимически специализированных слоев, обогащенных в вольфрам, в стратифицированных отложениях.
- Пластообразный характер оруденения.
- Распределение вольфрамового оруденения (для докембрийских разрезом) в гнейсо-амфиболитовых слоях на периферии гранито-гнейсовых

куполов, где происходят интенсивные процессы гранитизации (кремниевощелочной метасоматоз) [8-9].

Основная фаза формирования рудных залежей приходится на завершающие этапы гранитизации, чьи наиболее вероятные возрастные рамки - палеозойские. Этот период сопровождается образованием апоскарновых метасоматитов и перераспределением рудных материалов. В это время также формируется система рудных жил, образующих штокверки.

Согласно существующей классификации, месторождение Баян относится к геолого-промышленному типу вольфрамовых скарново-грейзеновых метаморфических комплексов (тип Баян), с генетическим характером скарново-грейзеновым. Рудный тип определяется как шеелитовый.

### **3.5 Морфология зон вольфрамовой минерализации**

В отличие от рудных тел рудоносная зона была обозначена не только по наличию полезных ископаемых (на границе залежи), но и в пределах конкретных геологических областей (зон скандирования). В общей сложности в 1989 году было выделено 14 таких рудоносных зон.

Всего было изучено 249 "зон минерализации" с содержанием трехоксида вольфрама на борту в размере 0,08%.

Основопологающим аспектом, определяющим характер выделенных зон минерализации, является их расположение вдоль вытянутых пластообразных тел скарноидов, которые расположены в согласно с метаморфическими породами. Большинство зон минерализации имеют азимут простирания в диапазоне от 290° до 295°, с углами наклона от 30° до 60°.

Малые зоны минерализации включают штокверки, жилы и линзы. Крупные и средние пластообразные зоны минерализации имеют сложную структуру, невыдержанную мощность и разнообразное содержание. Это объясняется наличием фациальных переходов, которые преобразовали породы, подвергшиеся процессам скарнирования, в другие типы, непригодные для образования рудных отложений, а также интенсивным процессам гранитизации, полностью уничтожившим скарноиды.

Обнаруженные секущие контакты между скарноидами и метаморфическими породами не отображают структурные особенности залегания скарноидов, а скорее являются результатом процессов гранитизации. В процессе регионального метаморфизма контакт между скарноидами и претерпевшими гранитизацию породами может быть различен.

Одной из неотъемлемых характеристик зон минерализации является формирование прожилков кварца, сульфидов и шеелита, которые формируют штокверки. Минеральный состав этих прожилков может варьироваться. Они имеют небольшую длину. Среднее количество жил на площадной метр составляет 1-2, редко достигая 5, а в единичных случаях – до 10. Обычная толщина прожилков не превышает нескольких миллиметров, иногда до 1-2 сантиметров. Направления распространения этих жил (по магнитному азимуту) изменчивы и могут варьироваться в диапазоне от 270° до 315°, но большинство из них падают в направлении, параллельном зонам минерализации, в пределах от 190° до 225°, с углами наклона от 50° до 70°. В разрезах, где процесс

скарнирования приводит к полосчатой структуре, обусловленной чередованием скарноидов и исходных пород с амфибольным составом, шеелит и сульфиды встроены в скарноиды, образуя узкие слои разной направленности. Мощность этих слоев обычно не превышает 1 мм, а их протяженность может достигать нескольких сантиметров.

С точки зрения минерального и химического состава, зоны минерализации соответствуют скарноидам известкового типа, однако состав минералов в них неравномерен. Среди наиболее распространенных парагенезисов можно выделить сочетания граната с эпидотом, пироксена с гранатом и эпидотом, а также, реже, волластонита с гранатом и эпидотом, а также волластонитовые разности. В зонах минерализации рудные минералы представлены в основном шеелитом, пиритом (в качестве преобладающего), пирротинном, висмутином и халькопиритом. Несмотря на это, наличие сульфидных минералов в зонах минерализации не всегда является непосредственным индикатором наличия рудонасыщенности.

Представлены параметры зон минерализации, ограниченных по содержанию WO<sub>3</sub> на уровне 0,08% (таблица 3.5 - 3.6). Зоны подразделяются на крупные, где запасы руды составляют не менее 4 миллионов тонн, средние - от 400 тысяч до 2 миллионов тонн, и мелкие - с запасами менее 400 тысяч тонн руды. В двух крупных и семи средних зонах минерализации составляет 67% общих запасов руды на месторождении [17].



Таблица 3.5 – Отчет «Технико-экономическое обоснование промышленных кондиций с подсчетом запасов месторождения вольфрама Баян, по состоянию на 01.01.2020 г», выполненный ТОО «GeoMineProject», 2020 г. Параметры зон минерализации, оконтуренных по принятому бортовому содержанию WO3 0,08 %

№	Зона минерализации	Элементы залегания		Протяженность		Мощность, м			Доля, % от запасов месторождения
		Азимут простирания	Угол падения	по простиранию, м	по падению, м	от	до	ср.	
<b>Северная зона</b>									
<b>Крупные</b>									
1	C3 RT_1_1	290	40	960	200	3	31	17	19%
2	C3 RT_13_1	294	36	765	320	3	34	19	17%
<b>Средние</b>									
3	C3 RT_4_1	296	33	420	230	3	22	13	6%
4	C3 RT_3_1	286	30	450	230	3	20	12	6%
5	C3 RT_12_1	291	30	250	170	3	16	8	3%
6	C3 RT_2_1	294	35	440	60	2	20	6	2%
7	C3 RT_15_1	295	37	450	50	3	18	7	2%
<b>Мелкие</b>									
8	104 зоны	290	35-42	50-300	50-100	2	15	5	каждая менее 1%
<b>Северная зона "а" (Мелкие)</b>									
9	C3 "а" L_1_1 C3 "а" L_1_2	293	24	50	100	1.5	6.6	3	каждая менее 1%
<b>Северная зона "б" (Мелкие)</b>									
10	C3 "б" RT_1_1 C3 "б" L_1_1	293	21	50	50	2.5	9.3	7	каждая менее 1%
<b>Северная зона "в" (Мелкие)</b>									
11	C3 "в" L_1_1	293	29	50	50		17	17	каждая менее 1%
<b>Западная зона</b>									
<b>Средние</b>									

12	33 RT 1 1	295	30	715	190	2	22	12	6%
<b>Мелкие</b>									
13	15 зон	295	30	50-350	50-84	2	10	4	каждая менее 1%
<b>Промежуточная зона I (Мелкие)</b>									
14	ПЗ 1 RT 1 L1	288	32	300	100	1.3	19.5	17	1%
15	ПЗ 1 RT 1 1	290	30	345	253	1	8	5	1%
16	7 зон	290	30	50-150	50	1.5	13.8	4	каждая менее 1%
<b>Промежуточная зона II (Мелкие)</b>									
17	ПЗ 2 RT 5 1	305	47	255	100	3.5	11	7	1%
18	8 зон			50-200	50	1.1	10.4	6	каждая менее 1%
<b>Центральная зона I (Мелкие)</b>									
19	ЦЗ 1 RT 1 1	283	42	460	80	2.4	10	6	1%
20	2 зоны	283	42	50	50		3.5	3.5	каждая менее 1%
<b>Центральная зона II</b>									
<b>Средние</b>									
21	ЦЗ 2 RT 7 1	299	36	570	230	1.9	35	18	6%
<b>Мелкие</b>									
22	18 зон	298	35	50-150	50-100	1	10	4	каждая менее 1%
<b>Центральная зона III (Мелкие)</b>									
23	ЦЗ 3 RT 1 1	302	38	250	100	1.3	7.5	6	1%
24	ЦЗ 3 RT 1 L1	302	38	50	50		4	4	менее 1%
<b>Центральная зона "а" (Мелкие)</b>									
25	ЦЗ RT 1 2	293	39	150	150	1.2	25	5.2	1%
26	4 зоны	293	39	50-150	50-100	1.2	8.2	4	менее 1%
<b>Восточная зона (Мелкие)</b>									
27	ВЗ L 1 1	293	34	50	50		2.5	2.5	менее 1%
<b>Глубинная зона (Мелкие)</b>									
28	ГЗ L 1 1	293	35	50	50		9.6	9.6	менее 1%
<b>Южная зона (Мелкие)</b>									
29	ЮЗ RT 1 1	282	30	140	100	4.5	9	7	менее 1%
30	3 зоны	290	47	94	50	2	2	2	каждая менее 1%
<b>Без принадлежности к исторической зоне (Мелкие)</b>									
31	64 зоны	290	37	50-200	50-100	0.7	18.5	3	каждая менее 1%

### 3.6 Группа сложности месторождения

Месторождение Баянское было классифицировано как принадлежащее к 3-й группе по сложности. Его особенностью является сложное геологическое строение, проявляющееся в изменчивости толщины рудных пластов. Наблюдается неравномерное распределение основного ценного компонента, с коэффициентом вариации содержания триоксида вольфрама достигающим 150% в некоторых выработках. В описании геологической структуры месторождения отмечается сложность контуров перспективных рудников. Часто границы перспективных зон и зон с невыявленными запасами определяются по результатам геолого-разведочных работ.

### 3.7 Группировка и морфолого-вещественные характеристики рудных тел месторождения

Рудные тела месторождения сгруппированы в зоны с различной мощностью и длиной. Наиболее выраженная зона (Северная) имеет мощность до 98 метров, а Промежуточная и Центральная зоны до 35 и 50 метров соответственно. Самая

протяженная зона (Северная) определена падением на 270-300 метров, и одно из рудоносных скоплений обнаружено на глубине 579 метров. В соответствии с исследованиями выделяются два типа руд: пластообразные, линзообразные и гнездообразные тела, состоящие из актинолит-эпидот-шеелитовых метасоматитов в скарнах, и штокверковые кварц-полевошпат-шеелитовые зоны. Первый тип руд составляет 52% общего объема рудной массы, второй - 48%, и они плотно переплетаются, что делает их селективную добычу практически невозможной. Распределение вольфрамового орудия в метасоматитах неравномерно и связано с участками интенсивной инфильтрации, оксидации и флюоритизации. В рудах также выявлено повышенное содержание сульфидов железа, меди, свинца и висмута. Рудные зоны также присутствуют в гнейсо-гранодиоритах в форме узких полос метасоматитов. В прожилках секущих скарноидно-метаморфическую толщу и гнейсогранодиориты, содержится шеелит с повышенным содержанием молибдена, свинца и меди. По текстурным признакам различаются вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды, которые характеризуются различной мощностью и содержанием сульфидов. Оба типа руд имеют схожие характеристики и равномерно распределены в пространстве, образуя жильно-прожилково-вкрапленную структуру [2-3].

### 3.8 Геофизическая характеристика месторождения

Информация о физических характеристиках горных пород и руд Баянского месторождения подробно представлена в докладе Шеянова А. К. и колл., 1982 года. Неизменные породы, содержащие вольфрамовое орудие, в основном, характеризуются незначительной степенью дифференциации по своим физическим свойствам. Плотность и магнитная восприимчивость интрузивных пород изменяются в зависимости от их состава и увеличиваются с повышением содержания основных компонентов в породах. (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Результаты определения плотности пород Баянского месторождения

Наименование пород	Плотность, средняя, г/см.куб. (породы из скважин)
Гнейсы гидротермально измененные	3.01
Скарноиды	2.96
Грейнезеры	2.78
Гнейсы амфиболитизированные	2.87
Амфиболиты	3.02

Менее плотные породы (до 2,6 г/см<sup>3</sup>) включают катаклазиты (среднее значение = 2,45 г/см<sup>3</sup>), цеолитизированные гранито-гнейсы - 2,48 г/см<sup>3</sup>, хлоритизированные гранито-гнейсы - 2,59 г/см<sup>3</sup>, мусковитизированные гранито-гнейсы - 2,56 г/см<sup>3</sup>, и кратовые граниты - 2,54 г/см<sup>3</sup>. Скарноиды и гидротермально измененные гнейсы, сланцы и некоторые другие виды измененных пород могут быть одновременно плотными и магнитными. Порфириты (среднее значение = 2,68 г/см<sup>3</sup>, до 1600 ед. СГС) также относятся к этой категории. Гидротермально и метасоматически

измененные породы обычно обогащены сульфидами (такими как пирит, пирротин, халькопирит), магнетитом и другими минералами, и характеризуются повышенной плотностью, поляризуемостью и магнитной восприимчивостью. В рудных зонах, образованных прожилково-вкрапленной и вкрапленной сульфидизацией пород, обычно наблюдаются повышенные (до 15-20%) значения поляризуемости по данным каротажа ВП. Также высокая поляризуемость характерна для некоторых древних метаморфических пород, таких как гнейсы и сланцы, которые часто содержат пирит. Низкое электрическое сопротивление (5-10 ом) характерно для четвертичных песчано-глинистых пород, в то время как коры выветривания имеют сопротивление порядка 20-40 ом. Разгнейсованные граниты, гранодиориты и гранитогнейсы обычно имеют сопротивление от 1000 до 5000 ом. Зоны трещиноватости, часто совпадающие с рудными интервалами, характеризуются пониженным электрическим сопротивлением до нескольких сотен ом.

## **4 Вещественный состав гипогенных руд**

### **4.1 Природные разновидности руд и их распределение**

На месторождении явно выделяются два естественных типа руд в зависимости от петрографического состава исходных пород: скарноидный и кварц-полевошпатовый. Первый тип включает руды, обнаруженные в скарноидах, амфиболитах, амфиболовых сланцах и гнейсах, в то время как второй тип связан с рудами, найденными в гранодиоритах-гнейсах, гранито-гнейсах, гранитах и других кварц-полевошпатовых породах гнейсово-сланцевого комплекса. Отмечено, что около 52% объема рудной массы относятся к актинолит-эпидотовым рудам первого типа, в то время как кварц-полевошпатовые и другие породы второго типа составляют около 48%.

Визуально оба типа руд отличаются количеством цветных скарновых минералов. Зональность в распределении промышленного оруденения не определена, и наблюдается неравномерность распределения природных типов руд вдоль рудоносных зон. Это отчетливо видно на геологических разрезах и погоризонтных планах. В лежащем боку рудоносных зон кварц-полевошпатовые руды преобладают по сравнению с висячим боком.

Особенно это заметно в Северной рудоносной зоне, где граница висячего бока часто совпадает с границей распространения скарноидов, в то время как граница лежащего бока определяется чаще всего результатами анализов пород инъекционно-метасоматического комплекса.

Выделенные естественные типы руд относятся к одному технологическому малосульфидному сорту, как указывают ряд исследований (Ефременко и др., 1984; Булатова и др., Побережнюк и др., 1982; Фуки, 1982 и другие).

### **4.2 Текстурно-структурные особенности руд**

Рассматривая структурные и текстурные особенности, выделяются два типа руд: вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Рудная вкрапленность обусловлена наличием зерен молибдошеелита и шеелита размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, редко достигающих 1 сантиметра. Эти зерна ассоциируются с минералами ранней стадии образования руд, такими как кварц, эпидот и актинолит. Также здесь встречаются участки вкрапленной структуры, связанные с более поздней стадией минералообразования, включающей кварц, эпидот и флогопит, а также проявляющиеся в алюмосиликатных кварц-полевошпатовых породах.

Прожилковые и вкрапленно-прожилковые руды характерны для кварц-полевошпатового типа руд. Прожилковое оруденение представлено различными типами прожилков, такими как шеелит-пирит-кварцевые, шеелит-эпидот-флогопит-кварцевые и шеелит-кварцевые, обычно имеющие небольшую мощность.

В прожилках и гнездовидных скоплениях размеры выделений шеелита могут достигать 2-3 сантиметра, их количество иногда составляет несколько процентов, а также может увеличиваться до 10-15% в некоторых случаях. Максимальная частота появления прожилков характерна для скарноидов. Обычно вкрапленные и

прожилково-вкрапленные разновидности руд, занимающие примерно одинаковые объемы в рудных телах, соседствуют пространственно, и руды в общем имеют прожилково-вкрапленную структуру.

#### **4.3 Минеральный состав природных разновидностей руд, его изменчивость, парагенетические ассоциации и их пространственное распределение**

Первичные руды Баянского месторождения характеризуются сложным и разнообразным минеральным составом, включающим более 60 гипогенных минералов. Эти минералы можно разделить на две основные группы, соответствующие двум природным разновидностям руд: актинолит-эпидотовой и кварц-полевошпатовой. Главными минералами актинолит-эпидотовой разновидности руд являются: эпидот- содержание до 80%, актинолит- содержание до 60%, гранат- содержание до 57%, пироксен- содержание до 44%. Также в значительном количестве присутствуют: кварц- содержание в окварцованных скарноидах достигает 38,8%, флогопит- содержание до 10%, шеелит- содержание от 0,1 до 10%, пирит- содержание от 0 до 37%. К второстепенным и редким минералам этой разновидности руд относятся: биотит (0,5-20%), хлорит (0-4%), роговая обманка (0-15%), флюорит (0-5%), сфен (до 2,5%), апатит (до 1,5%).

Ведущими минералами кварц-полевошпатовой разновидности руд являются: полевые шпаты- содержание в сумме от 75 до 92%. При этом роль других минералов резко подчинена: эпидот- содержание от 0 до 12,6%, актинолит- содержание от 0 до 7,8%, гранат- содержание от 0 до 0,6%, пироксен- содержание от 0 до 1,4%. В этой разновидности руд также присутствуют: флогопит- содержание до 10%, шеелит- содержание от 0,1 до 10%, пирит- содержание от 0 до 37%. Второстепенные и редкие минералы, характерные для кварц-полевошпатовой разновидности, включают: биотит (0,5-20%), хлорит (0-4%), роговая обманка (0-15%), флюорит (0-5%), сфен (до 2,5%), апатит (до 1,5%). [7]

Акцессорные минералы, хотя и присутствуют в незначительном количестве, также характеризуют минеральный состав руд. Несмотря на некоторые общие минералы (циркон, рутил, ортит, ильменит), состав акцессориев в разных разновидностях руд несколько различается: Актинолит-эпидотовые руды: сидерит, целиты, пренит, волластонит. Эти минералы связаны с особенностями среды минералообразования. Кварц-полевошпатовые руды: дистен, корунд, ксенотим, монацит. Эти минералы являются реликтовыми акцессориями метаморфического субстрата.

Важно отметить, что количественный минеральный состав как актинолит-эпидотовой, так и кварц-полевошпатовой разновидностей руд может варьироваться. Это определяется непостоянством количественного минерального состава исходных пород, подвергшихся метаморфизму и последующему скарнированию и рудообразованию.

#### 4.4 Характеристика минералов гипогенного оруденения

Промышленную ценность месторождения определяет преимущественно шеелит. Существуют две генерации этого минерала. В актинолит-эпидотовых рудах встречается первая генерация шеелита, составляющего около 2% и представленного мелкой (0.2-0.8 мм) рассеянной вкрапленностью неправильно изометричных зерен и редкими гнездами (до 1-10 мм) в кварц-эпидот-актинолитовых метасоматитах. Вторая генерация шеелита ассоциируется с минералами кварц-эпидот-флогопитовых метасоматитов и рудных прожилков. Он представлен мелкими (0.2-2 мм) неправильными зернами, дипирамидальными кристаллами и агрегатно-гнездовыми обособлениями, которые могут достигать 2-3 см в прожилках кварцево-сульфидных руд. Содержание редких земель в шеелите невысокое - 23 г/т. Оба вида шеелита характеризуются невысоким содержанием  $MoO_3$  и свечением в ультрафиолетовых лучах - желтым. Акцессорный шеелит в грейзеновых прожилках представляет лишь минералогический интерес.

В образцах обоих типов руд обнаруживается вольфрамит в виде знаков, образующих мельчайшие уплощенные удлинено-табличные зерна в сростании с кварцем и эпидотом. Среди сульфидов выделяется несколько генераций, однако ведущее значение имеют те, которые связаны с рудообразованием. Подавляющая часть сульфидов относится к редким и акцессорным минералам. Отмечается невысокое содержание элементов-примесей, однако наиболее ценными считаются висмут самородный и висмутин, а также халькопирит, как концентратор меди. Среди петрогенных минералов руд также выделяются несколько генераций, причем лишь рудоносный кварц, ассоциирующийся с эпидотом, флогопитом, шеелитом, сульфидами, является ведущим новообразованным минералом. В актинолит-эпидотовых рудах гранаты относятся к гроссуляр-андрадитовому типу, а пироксены преимущественно содержат диопсидовую молекулу. Роговая обманка представлена железистой разностью с примесями титана, хрома, ванадия и цинка. Актинолиты различных генераций характеризуются схожим химическим составом и низким содержанием элементов-примесей, причем их количество варьируется в различных типах руд (рисунок 4.1).

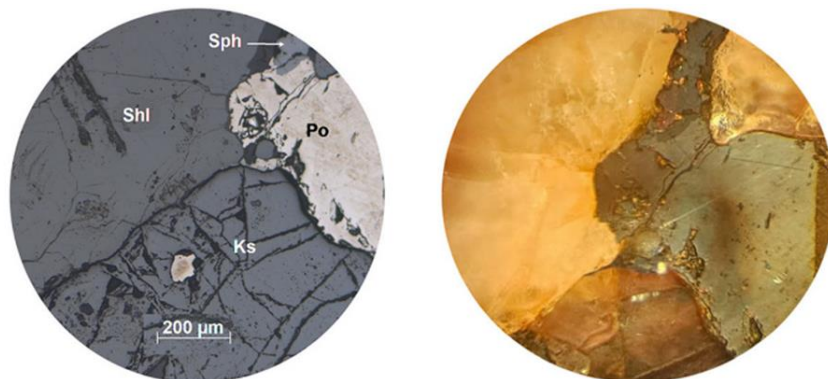


Рисунок 4.1– Шеелит, касситерит, пирротин в тесном сростании. При одном и скрещенном николях

(Sph – шеелит, Po – пирротин, Ks – касситерит)



Эпидоты составляют примерно 28% руд актинолит-эпидотового типа и химически схожи между собой. Среди элементов-примесей в эпидотах обычно встречаются вольфрам (до 0.126%), олово (до 0.1%), бериллий (до 0.01%), висмут (до 0.035%) и некоторые другие.

Флогопит является основным минералом в кварц-эпидот-флогопитовых метасоматитах, которые обычно содержат обильные шеелитовые и сульфидные залежи. Его химический состав соответствует теоретическому. Среди элементов-примесей в флогопите обнаруживаются вольфрам (0.52%), олово (0-0.0041%), а также небольшие количества меди, цинка, ванадия, титана и хрома.

В аспекте содержания ценных компонентов, апатит, флюорит и кальцит являются важными минералами, присутствующими в обоих типах руд и проявляющими схожую флотационную активность с шеелитом.

Фторапатит, встречающийся в незначительных количествах (сотые-десятые доли процента), формирует мелкие (от тысячных до сотых долей миллиметра) шестигранные призмы и зерна. Его содержание в трехокиси вольфрама (средние значения для обоих типов руд составляют 0.221% и 0.263%) и висмута (0.0024% и 0.0195%) повышено.

Флюорит присутствует в рудных породах в виде мелких зерен (от 0.05 до 0.8 мм), агрегатов (до 0.5-0.8 см) и тонких прожилков. Его цвет бесцветный или бледносиреневый. В содержании флюорита трехокиси вольфрама достигают до 0.03%. Количество редких земель незначительно (в сумме 0.001%), с преобладанием элементов цериевой группы.

Кальцит встречается в нескольких разновидностях, обычно имеет стандартные контакты и образует мелкие неправильные зерна (от 0.1 до 1 мм) и микроскопические прожилки. В кальците не присутствуют элементы-примеси.

Сфен является характерным минералом как пород, так и руд. Его кристаллы и зерна имеют клинообразную или коническую форму и размеры от 0.3 до 3 мм. Тут, заслуживает внимание высокое содержание трехокиси вольфрама до 0.84% и олова до 0.12% (рисунок 4.2) [10-12].

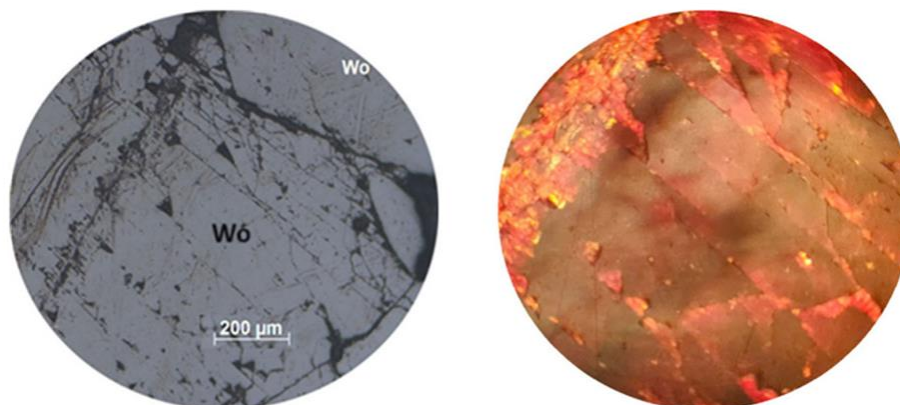


Рисунок 4.2 – Удлиненно-таблитчатые зёрна вольфрамита в аншлифе при одном и скрещенном николях

(Wo-вольфрамит)



## 4.5 Химический состав руд и пород

Анализ показывает, что актинолит-эпидотовые и кварц-полевошпатовые типы руд имеют различия в химическом составе. Первые выделяются содержанием суммарного железа, оксида марганца, магния, кальция, двуоксида углерода, фтора, в то время как вторые характеризуются преимущественно содержанием оксида кремния, кальция, натрия и алюминия. Окись алюминия соединяется с полевыми шпатами, эпидотом, слюдами и глинистыми минералами. Оксид кальция взаимодействует с карбонатами, амфиболами, пироксеном, эпидотом, альбитом-олигоклазом, апатитом и шеелитом. Железо вступает в реакцию с гранатами, пироксеном, эпидотом, амфиболами, слюдами и рудными минералами. Оксид магния ассоциируется с амфиболами, пироксеном и в некоторых случаях с доломитом. Оксид титана ассоциируется с сфеном, а оксид фосфора - с апатитом. Оксид марганца присутствует в карбонатах как примесь, также его часть связана с эпидотом-цоизитом и другими минералами, а барий связан с баритом, который концентрируется в процессе обогащения в шеелитовом концентрате.

Разнообразие составов руд и соответствующих им разновидностей пород свидетельствует о местном перераспределении вещества при гидротермально-метасоматических процессах. Однако, основные компоненты химического состава имеют схожие распределения в пространстве, характерные для каждого типа руды.

Природные типы руд не обнаруживают явной зональности в распределении главных химических компонентов.

Из описанных исследований видно, что различные типы руд имеют различный химический состав, который влияет на их характеристики. Например, актинолит-эпидотовые руды выделяются содержанием железа, марганца, магния, кальция, углерода и фтора, в то время как кварц-полевошпатовые руды характеризуются содержанием кремния, кальция, натрия и алюминия.

Также отмечается, что разнообразие составов руд и пород свидетельствует о перераспределении веществ при гидротермально-метасоматических процессах. Однако, основные компоненты химического состава имеют схожие распределения в пространстве для каждого типа руды.

На основании этих данных можно сделать предположение о перспективности месторождения для добычи вольфрама, так как содержание определенных элементов (оксида марганца, алюминия, железа) может указывать на наличие минерализации вольфрама.

## 4.6 Основные попутные компоненты и вредные примеси

Основным промышленно ценным элементом на месторождении является вольфрам, а вторичными ценными компонентами являются висмут, серебро, медь и молибден. Вольфрам преобладает как в актинолит-эпидотовых, так и в кварц-полевошпатовых рудах, составляя примерно одинаковые доли. В разнообразных породах его концентрация колеблется от 0,01%, достигая наивысших значений в амфиболитах и биотит-амфиболовых сланцах. Распределение вольфрама в рудах может быть неравномерным, с разбросом от 0 до 10%, а коэффициент вариации превышает 200%. Практически весь вольфрам представлен шеелитом, составляя более 90% от общего содержания триоксида вольфрама в рудах. Незначительная

часть вольфрама рассеяна в породообразующих и рудных минералах, где его концентраторами являются апатит и сфен. При обработке руд вольфрам концентрируется в шеелитовом концентрате.

Висмут также представлен как в актинолит-эпидотовых, так и в кварц-полевошпатовых рудах, в концентрациях до 0,04%. Его распределение неравномерно, с высоким коэффициентом вариации. Висмут накапливается в висмутовом самородке и висмутине, составляя значительную часть общего содержания. Малые количества висмута также присутствуют в редких минералах, таких как галеновисмутит и козейт, а также в породообразующих минералах и сульфидах железа. В процессе обработки руд висмут сосредотачивается в сульфидном концентрате.

Молибден встречается в рудах в небольших количествах, от 0 до 0,016%, с неравномерным распределением и высоким коэффициентом вариации. Основная часть молибдена приходится на молибдошеелит и молибденит, а остальная рассеяна в других минералах. При переработке руд молибден концентрируется в шеелитовом и частично в сульфидном концентратах.

Медь содержится в рудах в диапазоне от 0,02 до 0,14%, с высоким коэффициентом вариации. Она концентрируется в халькопирите и рассеяна в породообразующих и рудных минералах. При обработке руд медь сосредотачивается в сульфидном концентрате.

Серебро присутствует в низких концентрациях в породах и рудах, главным образом в сульфидах таких как пирит, пирротин, висмутин и халькопирит. В процессе обработки руд серебро сосредотачивается в сульфидном концентрате.

В рудах также присутствуют и другие элементы, такие как свинец, цинк, бериллий, олово, редкие земли и многие другие, но их содержание настолько низко, что не представляет интереса для промышленного извлечения.

Также выявлены вредные примеси, такие как сера, мышьяк и фосфор, которые присутствуют в различных концентрациях и имеют свои характеристики в породах и рудах.

Для определения содержания вредных примесей использовались разведочные и минералогические пробы. Согласно данным минералого-технологического картирования, средние уровни содержания серы составляют 0.64%, с колебаниями от 0.1% до 2.92%, при этом степень окисленности незначительна (соотношение серы в сульфатной форме к общему содержанию серы составляет 5.92%). Преимущественно сера сосредоточена в пирите, пирротине, иногда встречается в марказите.

Мышьяк присутствует в крайне малых количествах (среднее содержание 0.013%, с вариациями от 0 до 0.029%), преимущественно в арсенопирите, который встречается непостоянно. Распределение фосфора неравномерно, среднее содержание составляет 0.14%. Он сконцентрирован в апатите и в меньшей степени в минералах, формирующих руду [17].

#### **4.7 Закономерности распределения полезных компонентов и примесей в пределах месторождения**

Параметры вещественного состава руд и их изменчивость (содержания и коэффициенты вариации основных полезных, попутных компонентов и вредных

примесей) по типам руд, рудным зонам и по глубинам изучены -ЦНИИ при минералого-технологическом картировании месторождения (Ефременко и др., 1984).

Установлено, что актинолит- эпидотовые руды в скарноидах несколько богаче кварц-полевошпатовых по вольфраму, висмуту, фосфору, свинцу. Количество молибдена, меди, мышьяка, серебра примерно одинаково.

Распределение остальных элементов по рудным зонам и глубин не подчиняется в определенной закономерности. Следует лишь отметить, что Западная зона обеднена висмутом, Промежуточная несколько обогащена молибденом (в кварц-полевошпатовых рудах). Отдельные же рудные тела в зонах, содержащие попутные компоненты в количествах, рентабельных для селективной отработки, отсутствуют.

Распределение основных и попутных полезных компонентов в рудных телах весьма неравномерное при коэффициенте вариации по типам руд и в целом по месторождению 65-99 %.

Вредные же примеси распределены по зонам относительно равномерно, некоторой тенденцией увеличения их содержаний в верхних частях.

Рудоносные зоны с повышенным количеством вредных и шлакообразующих примесей на месторождении отсутствуют.

Внутри зон распределение вредных примесей неравномерное, лишь содержания Тосбора по типам руд более устойчивы.

## **5. Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы рудного поля Баян**

### **5.1. Рудоконтролирующие факторы**

Как уже упоминалось ранее, основным фактором контроля за распределением вольфрама является зона сканирования. На территории рудного поля Баян, к северу и западу от месторождения Баян, можно наблюдать зону скарнирования, которая является продолжением зоны скарнирования месторождения Баян.

На основе данных полученных при изучении результатов микроминералогического исследования вещественного состава пород и руд редкометального месторождения Баян можно сделать вывод, что изучение месторождения с шеелитом имеет большое значение для определения его промышленной ценности. Важно отметить, что первая и вторая генерации шеелита различаются по своим особенностям и содержанию элементов-примесей. Наличие редких земель в шеелите весьма невысокое, что не делает его особенно ценным с точки зрения содержания этих элементов.

Сульфиды, особенно те, которые связаны с процессом рудообразования, играют важную роль в формировании месторождения. Наличие таких минералов как висмут и халькопирит является значимым для промышленной ценности. Актинолиты, эпидоты и флогопит также вносят свой вклад в образование руды, образуя химический состав, который соответствует теоретическим данным. Апатит, флюорит и кальцит являются важными минералами, присутствующими в

рудных породах и проявляющими сходные характеристики с шеелитом. Также стоит отметить присутствие фторапатита, который повышает содержание триоксида вольфрама и висмута. Флюорит и кальцит образуют мелкие зерна и прожилки, несущие в себе определенные вещества, влияющие на содержание вольфрама.

Сфен, как характерный минерал, содержит высокие уровни триоксида вольфрама и олова, что делает его важным для оценки промышленной ценности месторождения. В целом, изучение месторождения с шеелитом и исследование его минералогического состава имеют большое значение для разработки стратегии добычи и определения его ценности на рынке.

## **5.2. База данных ГИС Micromine**

Результаты опробования колонкового бурения 1989 года были набраны вручную используя Microsoft Excel. После этого база данных была перенесена в ГИС Micromine, где были созданы три файла:

- 1) Файл "Collar" содержит информацию о точках входа скважин (таблица 5.1)
- 2) Файл "Survey" содержит данные о наклоне скважин (таблица 5.1)
- 3) Файл "Assay" содержит данные об испытаниях скважин (таблица 5.2)

Эта база данных включает в себя информацию об испытаниях 234 скважин колонкового бурения, охватывая 3810 испытанных интервалов. Средняя глубина скважин составляет от 200 до 300 метров.

Таблица 5.1 - Данные для Survey и Collar

	номер скв	x	y	z	азимут	угол	глубина
1	501	49563.340	152838.320	325.000	205	-75	247.3
2	404/4	51120.580	151859.320	325.000	205	-75	194.5
3	404/3	51097.060	151835.500	325.000	205	-75	202.2
4	396	49972.440	152745.400	325.000	205	-75	228
5	394	49349.860	152843.220	325.000	205	-75	325.8
6	393	50349.880	152140.520	325.000	205	-75	72
7	392	50313.100	152066.340	325.000	205	-75	30.7
8	377	49621.260	152231.020	325.000	205	-75	96.9
9	376	49590.200	152148.700	325.000	205	-75	80.8
10	361	49515.720	152262.920	325.000	205	-75	91
11	360	49485.560	152190.260	325.000	205	-75	71
12	359	49521.400	152731.380	325.000	205	-75	250
13	358	51373.460	151936.980	325.000	205	-75	161.6
14	357	51186.320	152029.380	325.000	205	-75	91.2
15	354	50281.540	152222.320	325.000	205	-75	172
16	353	50221.680	152137.920	325.000	205	-75	178
17	352	49886.600	152814.740	325.000	205	-75	217
18	351	48937.580	152661.160	325.000	205	-75	349.4
19	350	49414.640	152750.320	325.000	205	-75	360
20	346	49225.540	152796.320	325.000	205	-75	213.2
21	345	48976.600	152758.000	325	205	-75	166.1
22	344	49066.020	151972.040	325.000	205	-75	151.1
23	343	49071.180	152714.660	325.000	205	-75	188.4
24	342	49028.120	152629.660	325.000	205	-75	220
25	341	49095.240	152509.240	325.000	205	-75	314.8
26	340	49050.340	152409.860	325.000	205	-75	268.5
27	339	49006.160	152313.420	325.000	205	-75	158.4
28	337	49139.260	152351.840	325.000	205	-75	221.6
29	336	49106.280	152279.760	325.000	205	-75	200
30	335	49372.240	152649.040	325.000	205	-75	345
31	334	49189.580	152458.320	325.000	205	-75	245.0
32	333	49142.340	152143.520	325.000	205	-75	184.9
33	332	49109.360	152056.360	325.000	205	-75	145
34	330	49142.360	152620.400	325.000	205	-75	201.1
35	329	49018.200	152832.600	325	205	-75	204.2
36	328	49184.300	152716.820	325.000	205	-75	260
37	327a	49317.340	152752.320	325.000	205	-75	283.4
38	326	49279.640	152669.400	325.000	205	-75	278.5
39	325	49223.860	152589.320	325.000	205	-75	203.4
40	314	50271.200	152696.680	325.000	205	-75	256
41	312	50031.040	152653.940	325.000	205	-75	245

Таблица 5.2 – Данные для Assay

	Hole_id	from	to	lenght	wo3	bi
1	16	24.8	26	1.2	0.81	0.024
2	16	26	27.7	1.7	3	0.005
3	16	27.7	30	2.3	2.506	0.02
4	16	30	31.5	1.5	0.54	0
5	16	31.5	33.4	1.9	0.05	0.008
6	16	33.4	35.3	1.9	0.13	0.015
7	16	35.3	37.3	2	0.09	0.009
8	16	37.3	38.9	1.6	0.37	0.011
9	16	38.9	40.5	1.6	0.1	0.028
10	16	40.5	42.2	1.7	0.04	0.015
11	16	42.2	43.9	1.7	0.34	0.044
12	16	43.9	45.7	1.8	0.5	0.053
13	16	45.7	47.6	1.9	0.19	0.067
14	16	47.6	49.3	1.7	0.16	0.037
15	16	49.3	51.1	1.8	0.22	0.056
16	16	51.1	52.4	1.3	0.08	0.006
17	16	52.4	53.7	1.3	0.09	0.003
18	16	53.7	55	1.3	0.03	0.012
19	16	55	56.5	1.5	0.03	0.012
20	16	56.5	57.7	1.2	0.08	0.015
21	16	57.7	59.4	1.7	0.46	0.134
22	16	71.9	73.4	1.5	0.857	0.006
23	16	73.4	74.9	1.5	0.09	0
24	16	74.9	77	2.1	0.09	0.002
25	16	77	79	2	0.14	0
26	16	132.5	133.5	1	0.14	0.008
27	16	133.5	135.5	2	0.31	0.005
28	16	135.5	146.4	1.3	0.42	0.005
29	16	146.4	195.2	1.6	0.29	0
30	16	195.2	47.7	1.4	0.34	0.476
31	17	47.7	49.7	2	0.08	0
32	17	49.7	51.7	2	0.26	0.02
33	17	51.7	53.7	2	0.28	0.058
34	17	53.7	55.2	1.5	0.56	0.042
35	17	55.2	56	0.8	0.28	0.015
36	17	56	58	2	0.09	0.008
37	17	58	60	2	2.29	0.034
38	17	60	61	1	0.91	0.004
39	17	61	62.4	1.4	0.73	0.014
40	17	62.4	64.4	2	0.11	0.009
41	17	64.4	65.6	1.2	2.48	0.06
42	17	65.6	67.3	1.7	3.1	0.036
43	17	67.3	69	1	0.1	0.002
44	17	79	81	2	0.56	0.02
45	17	81	82.8	1.8	0.53	0.021
46	17	82.8	84.8	2	0.16	0
47	17	84.8	85.8	1	0.12	0
48	17	85.8	87.4	1.6	0.48	0

### 5.3. Исследование 3D модели месторождения Баян: Перспективы промышленной добычи вольфрама в Северном Казахстане

Изучены редкие и редкоземельные элементы на ряде месторождений, на основе их данных созданы 3D модели месторождений Баян в Северном Казахстане.

Основным промышленно ценным компонентом месторождения является вольфрам, сопровождающимся висмутом как главным попутным элементом, а также серебром, медью и молибденом как второстепенными попутными компонентами.

Вольфрам присутствует в актинолит-эпидотовых и кварц-полевошпатовых рудах в сопоставимых количествах. Он составляет 0.01% в породах разрушающей массы, достигая более высоких значений в амфиболитах и биотит-амфиболовых сланцах, где в качестве минералов-концентраторов выступают слюды, сфен и апатит. Шеелит определяет промышленную ценность месторождения (рисунок 5.2).

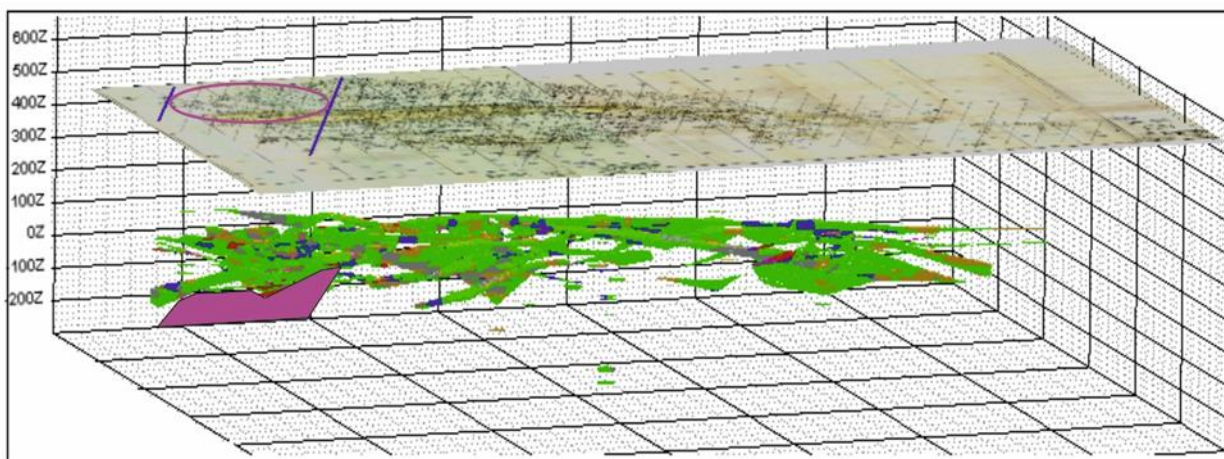


Рисунок 5.1- трехмерная блочная модель рудной зоны месторождения Баян, где цветовая градация отображает распределение триоксида вольфрама в рудном теле

Месторождение Баян является единственным промышленным вольфрамовым объектом в этом районе и обладает перспективами увеличения запасов за счет изучения западных флангов и глубоких горизонтов. По данным "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям вольфрамовых руд", оно отнесено к III группе сложности и характеризуется очень сложным строением, что проявляется в изменчивости мощностей рудных интервалов.

Поиски месторождений ведутся преимущественно по периферии Баянского гранито-гнейсового купола. Начинаются поисково-оценочные работы на западном фланге Баянского рудного поля, составлены проекты опытно-методических работ для выделения перспективных площадей.

На основе 3D моделирования изучен характер связи рудоконтролирующих факторов с распределением вольфрама. Модель показывает сложное строение и неравномерное распределение вольфрама в пространстве. Вольфрам представлен практически только шеелитом, на который приходится более 90% триоксида



вольфрама. Следует отметить, что 3D модель рудных тел указывает на неравномерное распределение вольфрама с более высокими содержаниями в некоторых участках (рисунок 5.3).

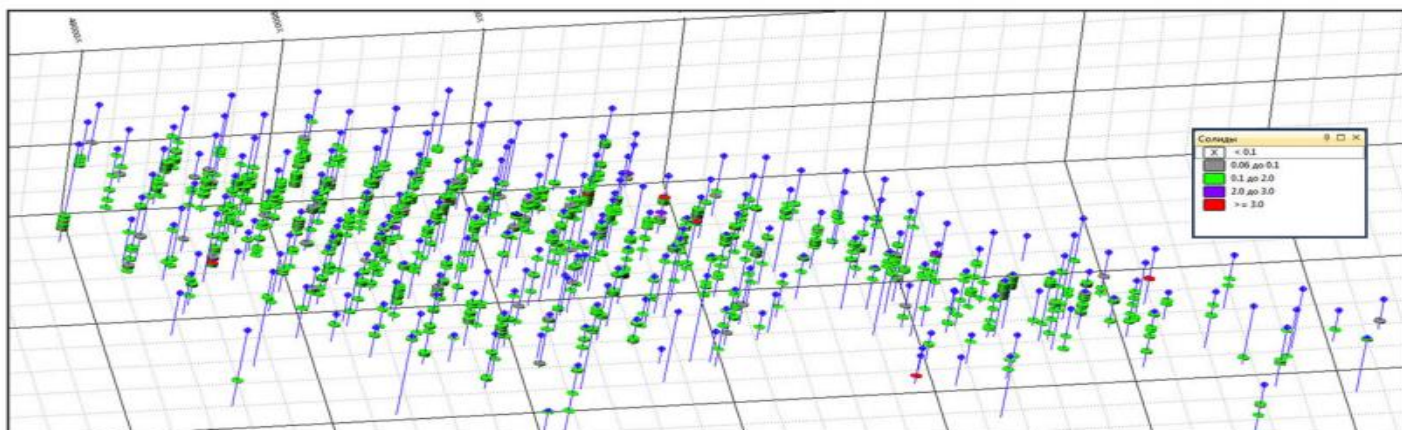


Рисунок 5.2- Распределение триоксида вольфрама в рудных образцах

Моделирование рудных тел происходило с описанной ранее стратегией оконтуривания по 5 рудным зонам: Западная, Промежуточная, Центральная, Северная, Южная.

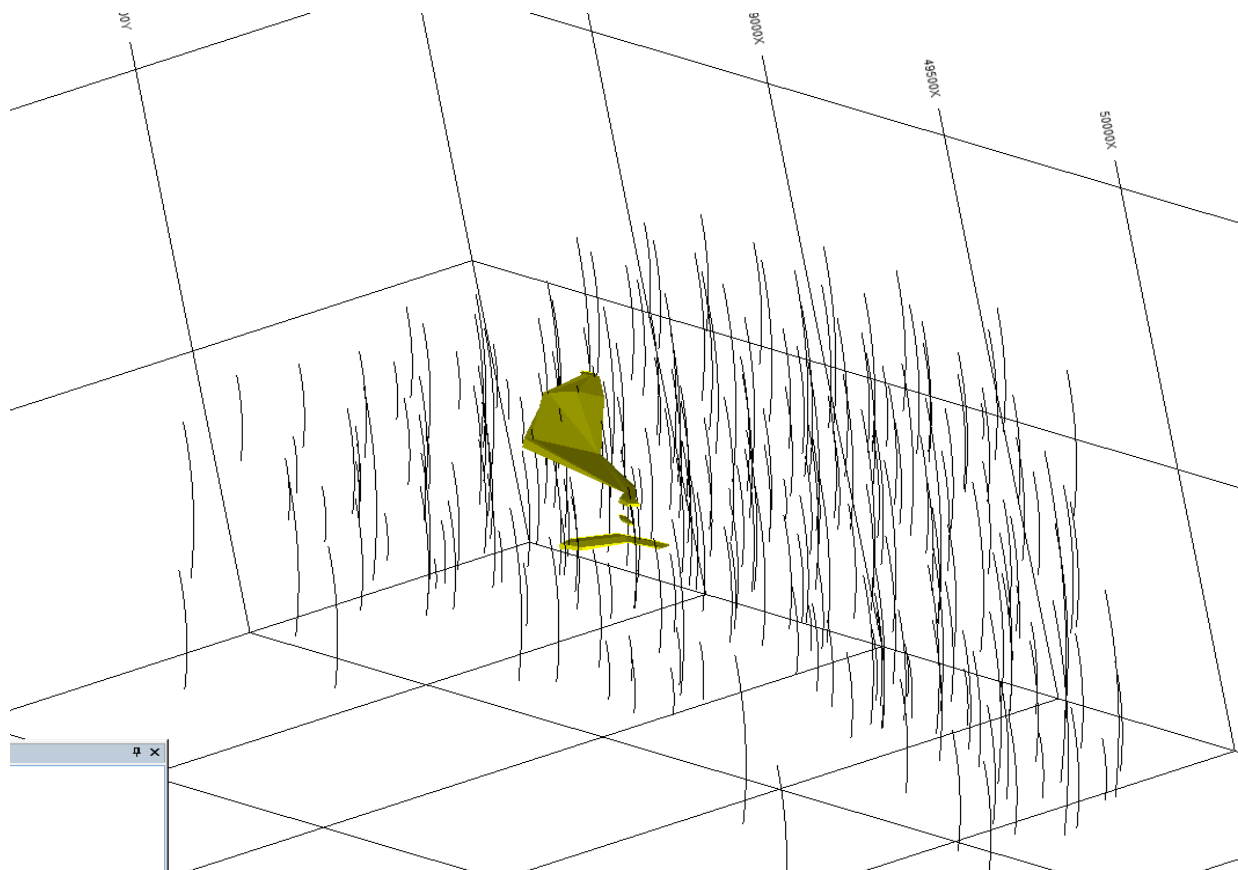


Рисунок 5.3 - Рудная зона "Западная".



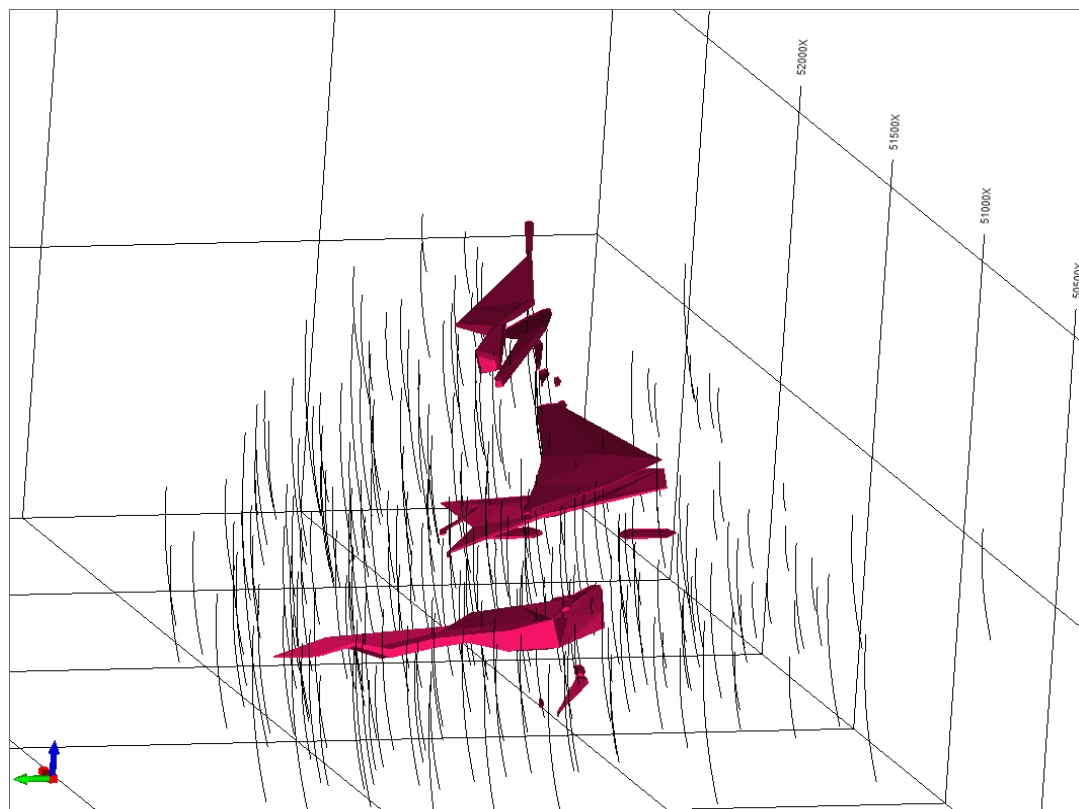


Рисунок 5.4 - Рудная зона "Промежуточная".

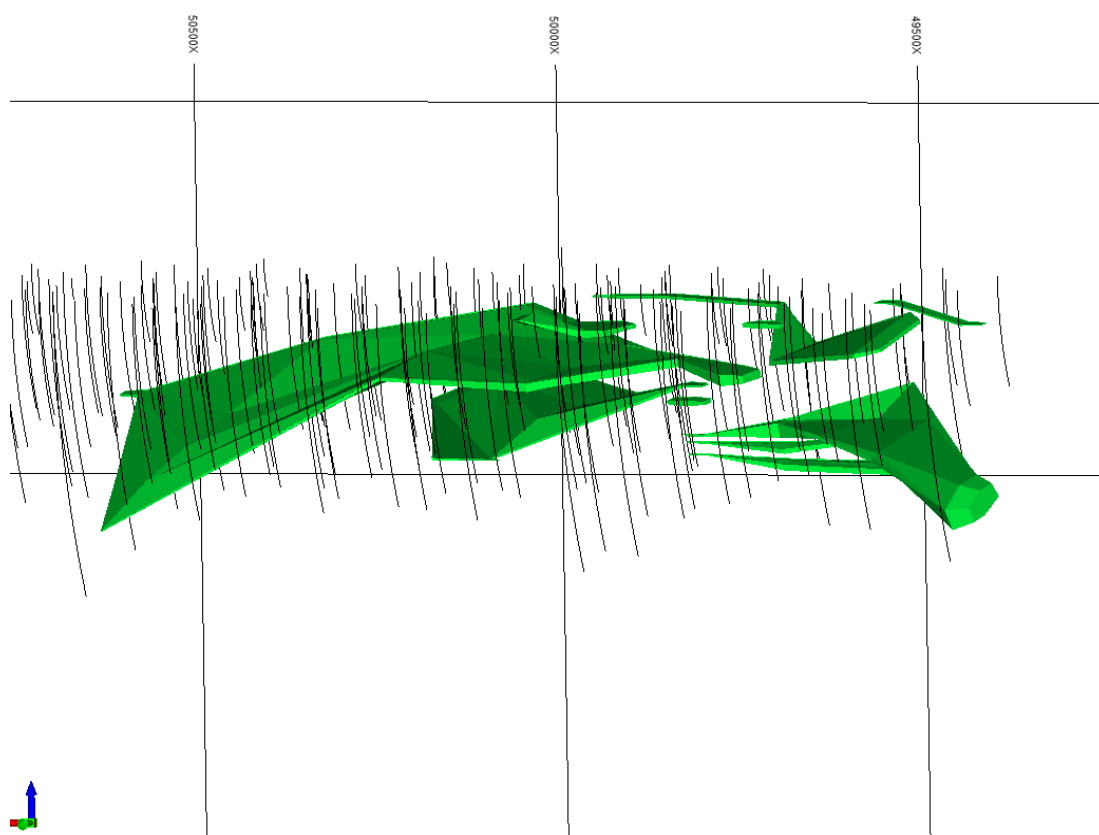


Рисунок 5.5 - Рудная зона "Центральная".

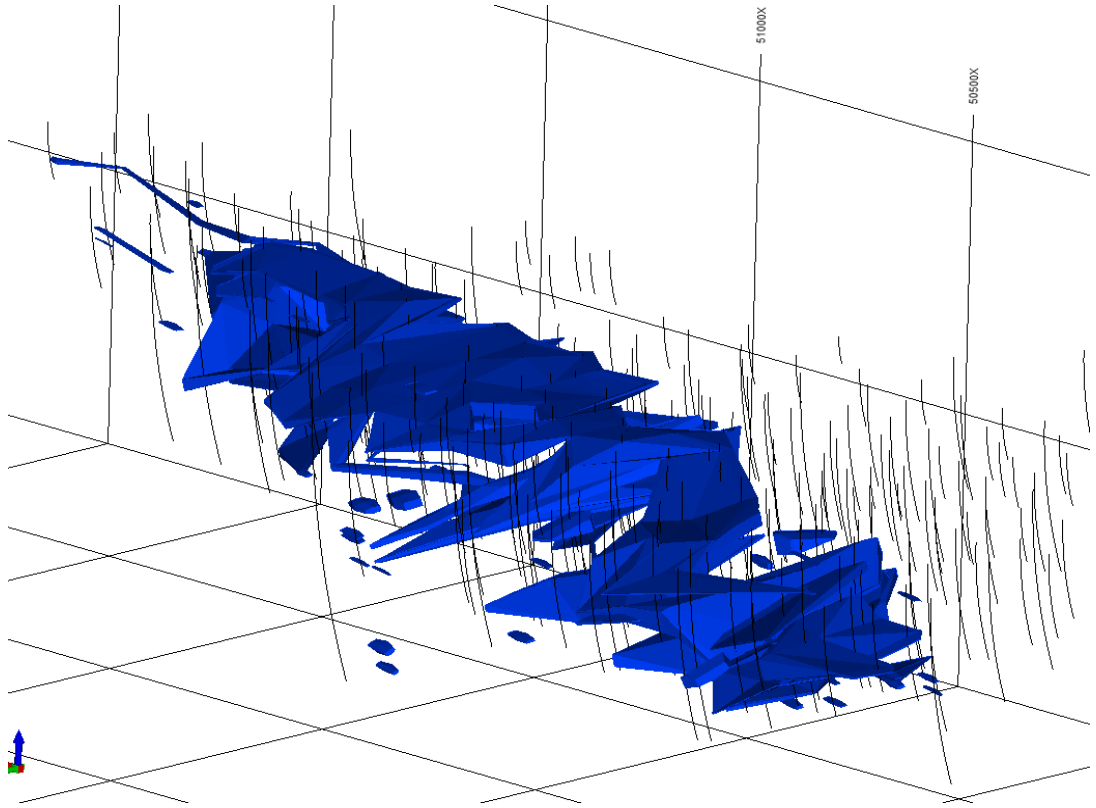


Рисунок 5.6 - Рудная зона "Северная".

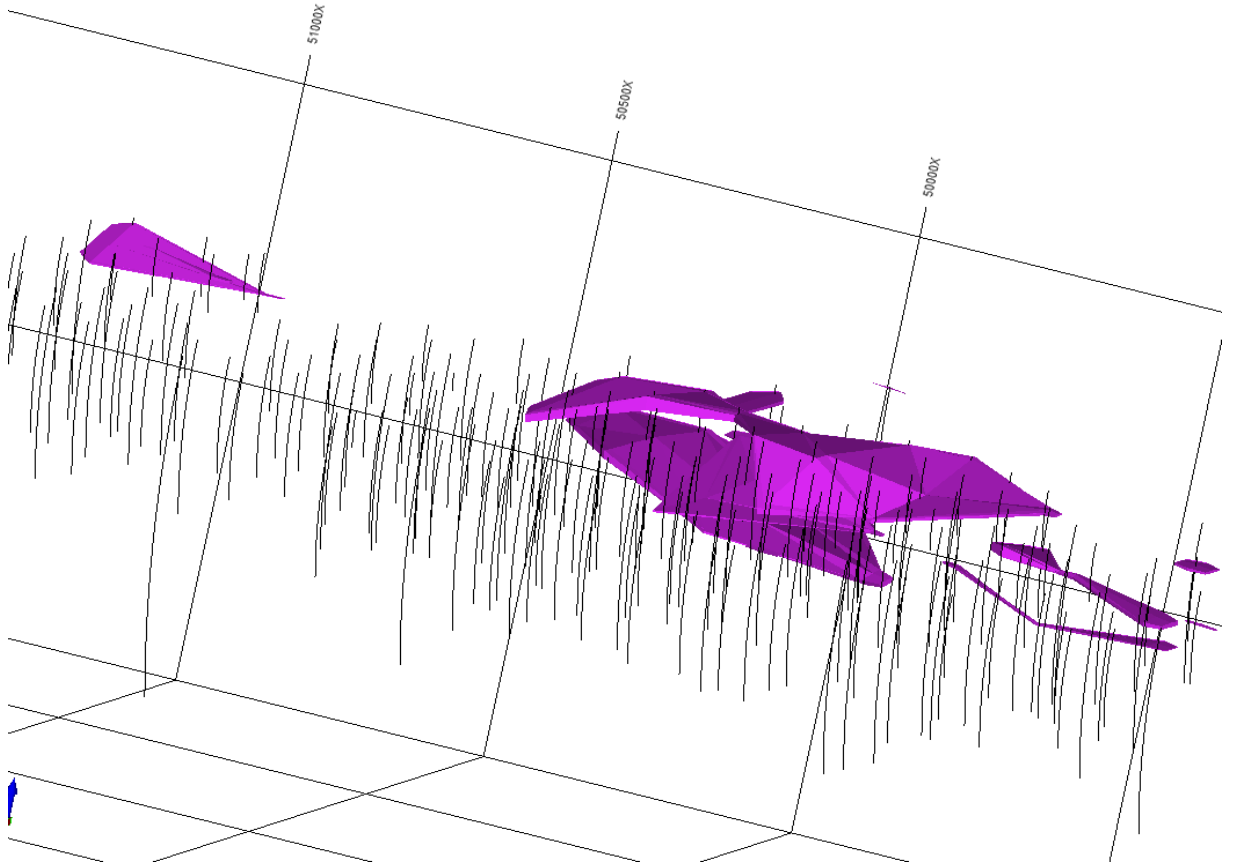


Рисунок 5.7 - Рудная зона "Южная".

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования Баянского месторождения, позволило получить представление о перспективах металлогении вольфрама и выявить его в перспективных районах месторождения.

Разработка и открытие Баянского месторождения, а также его разведка позволило нам получить представление на новые перспективы промышленных объектов о металлогении вольфрама Северного Казахстана.

С использованием 3D модели, охватывающей всю территорию месторождения, был изучен характер связи между факторами, контролирующими образование руды, и особенностями распределения трехоксида вольфрама. Таким образом, 3D модель месторождения Баян показывает, что оно характеризуется сложной геологической структурой и неравномерным пространственным распределением основного рудного элемента - трехоксида вольфрама. Вольфрам в данном месторождении представлен преимущественно одним минералом - шеелитом, который составляет более 90% содержания трехоксида вольфрама в рудах. Вольфрамит представлен только в минералогическом отношении и не является основным интересом. Эти результаты исследования позволяют более точно определить перспективные зоны для будущей разработки месторождения вольфрама. Также они могут послужить основой для разработки более эффективных методов добычи и обогащения вольфрамовой руды. Исследования в области вольфрамовой промышленности продолжаются, и новые данные могут привести к дальнейшим открытиям и улучшению процессов добычи и использования этого ценного ресурса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан; Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям редких металлов (вольфрам, молибден, олово, ниобий, тантал, цирконий, редкие земли). – Кокшетау. 2006.
2. Адамьян Н.Х., Гуляев А.П., Фатхутдинов Д.Х. Шеянов А.К. и др.; Отчет о результатах детальной разведки с подсчетом запасов Баянского месторождения запасов в 31 книгах. – Алматы. 1989.
3. Адамьян Н.Х., Фатхутдинов Д.Х.; О стратиформном шеелитовом оруденении в Северном Казахстане/ Геология рудных месторождений. – Москва. 1982.
4. Гуляев А.П.; Шеелит-сульфидно-скарноидный тип вольфрамового оруденения в Казахстане/ Четвертая конференция по минералогии. - Фрунзе: Илим. 1981.
5. Шеянов А.К.; Геолого-структурные условия локализации и перспективы стратиформного вольфрамового оруденения в Кокчетавском срединном массиве. Материалы совещания гранито- гнейсовые купола. – Алматы. 1983.
6. Металлогения Казахстана: Рудные формации. Месторождения руд редких металлов. Алма-Ата: Наука, 2022- 538 с.
7. Академия минеральных ресурсов РК. Казахстанское общество «КАЗГЕО»; Редкие металлы и редкие земли Казахстана. Алматы, 2011- 45-52 с.
8. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д., Бикеев В.С., Шабалина Л.В., Урдабаев А.Т. Особенности строения литосферы Казахстана, определяющие глубинные критерии локализации поясов // Известия НАН РК. Серия геологическая, 2021. № 3. С. 4-7.
9. Металлогения Казахстана: Рудные формации. Месторождения руд редких металлов. Алматы: Наука, 2022. – 538 с.
10. Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д. Геолого-динамическая модель формирования редкометалльных месторождений рудной зоны / Геологическая наука независимого Казахстана: достижения и перспективы. Алматы, 2022. С. 199-203.
11. Омирсериков М.Ш., Степаненко Н.И., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С., Кембаев М.К. Исследования редкометалльного месторождения Баян на базе ГИС-технологии и прогнозная оценка его дополнительных ресурсов на промышленные руды // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. № 6. Алматы, 2017. – С.35-43. ISSN 2224-5278.
12. Isaeva L.D., Assubaeva S.K. Mineralogy and structural model of the weathering crust of Kundybay deposit (north Kazakhstan) // News of the academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 6 (420), Almaty, NAS RK, 2016. – Pp. 39-50
13. Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана: Справочник. – Алматы, 1998. – 136 с.
14. Гуляев А.П. Рудовмещающие скарноиды Баянского месторождения (Казахстан) // Петрология рудоносных метасоматитов. – Фрунзе: Илим, 1980.
15. Щерба Г.Н., Губайдуллин Ф.Г. К происхождению шеелитового месторождения Баян // Геология рудных месторождений. – 1984. – № 5. – С. 20-27.

16. Металлогения Казахстана: Рудные формации. Месторождения руд редких металлов. Алматы: Наука, 2022. – 538
17. Отчет «Технико-экономическое обоснование промышленных кондиций с подсчетом запасов месторождения вольфрама Баян, по состоянию на 01.01.2020 г», выполненный ТОО «GeoMineProject», 2020

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

*Лукашовой Ангелины Андреевны*

Магистранта, обучающегося по образовательной программе «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых» кафедры «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых» Института «Геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова» Казахстанского Национального Исследовательского Университета им. К.И. Сатпаева

№ по п/п	Наименование	Форма работы	Выходные данные	Объем	Соавторы
	Парагенетические ассоциации и минералогические особенности месторождения Баян	Статья	2023_КарГТУ_Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности.	страницы	1. Асубаева Салтанат Калыкбаевна 2. Омарова Гульнара Магаувьяновна 3. Хамзина Баян Елемесовна
	Прогнозная оценка перспектив на редкие металлы месторождения Баян. Вольфрам.	Статья	2023 «Science» «Международная Академия Наук Экологии, Инженерии и Педагогики».	3 страницы	Нет

Директор института геологии и нефтегазового дела им К.Турысова

Сыздыков А.Х.

Научный руководитель

Асубаева С.К.

Магистрант

Лукашова А.А.