

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

УДК 550.8

На правах рукописи

Далеева Екатерина Сулейменовна

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

Моделирование гидротермально-метасоматической зональности  
месторождения Бозшаколь

7M07206 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Научный руководитель  
доктор PhD, ассоц. профессор,  
заведующий кафедрой «ГСПиРМПИ»

*уч. степень, звание*

А.А. Бекботаева




« 10 » 06 2022г.

Рецензент

Заведующий лабораторией редких и  
редкоземельных металлов Института  
геологических наук им.К.И.Сатпаева

*уч. степень, звание*

 К.С.Тогизов

«18» апреля 2022 г.

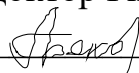
Нормоконтролер  
Доктор PhD, сениор-лектор



М.К.Кембаев

«13» июня 2022 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ  
ассоциированный профессор,  
доктор PhD




А.А. Бекботаева

«1» июня 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева  
Институт геологии и нефтегазового дела  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
7М070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ГСПиРМПИ  
А.А. Бекботаева 

«15» 06 2022 г.

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

Магистранту Далеевой Екатерине Сулейменовне

Тема: Моделирование гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь

Утверждена приказом Ректора по Университету №2028-м от 03.11. 2020 г.;  
приказом о внесении изменений №1884-м от 26.11.2021г

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2022г.

Исходные данные к магистерской диссертации

Геологические, текстовые и графические материалы по разведке медно-порфирового месторождения Бозшаколь

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) Изучение особенностей геологического строения месторождения Бозшаколь
- б) Определение гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь
- в) Разработка модели гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь
- д) приложения

**Рекомендуемая основная литература:**

1. Жуков Н.М., Филимонова Л.Е. и др. Минералогия и метасоматиты месторождения Бозшаколь (№24). Отчёт института геологических наук им. К.И. Сатпаева АН Каз. ССР, 1979.
2. Л.Е. Герцен, Жуков Н.М и др. Отчет «Минералогия и метасоматиты медно-порфирового месторождения Бозшаколь, предварительные исследования

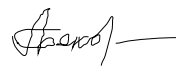






- минерального состава и околорудных изменений золото-медно-турмалинового месторождения Одак». Алма-Ата, 1991г
3. Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v.105, 2010. PP. 3-41
  4. Economic geology an'd bulletin vo.. of the 65 the society of economic geologists june-july, 1970
  5. Борукаев Р.А., Каюпов А.К., Ляпичев Г.Ф., Мирошниченко Л.А. Тектоническое и металлогеническое районирование Восточного Казахстана. Вестн. АН КазССР, 2014, №11. С. 14-26
  6. Дресвянников М.А., Шевкунов А.Г., Музыка М.И., Отчет «Научно-исследовательская работа по изучению минералогии и гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь в инфракрасном спектре», ТОО «Kazakhstan Mineral Company» (Казахстан Минерал Компани) Алматы, 2019.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геологическая характеристика района	01.02.2022	
Геологическая характеристика месторождения Бозшаколь	22.02.2022	
Особенности морфологии и условий залегания рудных тел	18.03.2022	
Определение гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь	10.04.2022	
Разработка модели гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь	23.04.2022	
Заключение	20.05.2022	

## Подписи

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

Наименование разделов	Консультанты ФИО (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическая характеристика района	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	01.02.2022	
Геологическая характеристика месторождения Бозшаколь	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	22.02.2022	
Особенности морфологии и условий залегания рудных тел	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	18.03.2022	
Определение гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	10.04.2022	
Разработка модели зональности	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	23.04.2022	
Заключение	Научный руководитель ассоциированный профессор доктор PhD А.А. Бекботаева	20.05.2022	
Нормоконтролёр	Доктор PhD, сениор-лектор кафедры ГСПиРМПИ М.К.Кембаев	13.06.2022	

Научный руководитель



Бекботаева А.А.

Задание принял к исполнению  
Магистрант



Далеева Е.С.

## АННОТАЦИЯ

Диссертация состоит из 53 страниц текста и включает введение, 3 раздела и заключение, 17 рисунков, 6 приложений.

В основу настоящей исследовательской работы положены результаты современных методов инфракрасной спектроскопии для изучения вещественного состава пород. Благодаря тому, что каждый минерал обладает индивидуальным спектром, становится возможным надежно и качественно различить минеральный состав пород и выделить зоны гидротермально-метасоматических изменений типичных для медно-порфировых месторождений.

Данная работа охватывает все этапы изучения гидротермально-метасоматической зональности, включая построение модели в трехмерной среде с использованием современных инструментов геологического моделирования.

Вариативность свойств зон гидротермально-метасоматических изменений имеет особую практическую значимость, поскольку напрямую влияет на горнотехнические и технологические свойства руд. В виду этого проводятся различные металлургические испытания для определения пригодности руд для флотации или других технологий отделения минералов от вмещающей породы.

Также понимание пространственного положения типов гидротермально-метасоматических изменений играет ведущую роль при проектировании геологоразведочных работ для расширения минерально-сырьевой базы месторождения, поскольку определенные типы данных изменений являются индикаторами медной и золоторудной минерализации.

## ANNOTATION

The thesis consists of 53 pages of text and includes introduction, 3 sections and conclusion, 17 figures, 6 appendices.

This research work is based on the results of modern methods of infrared spectroscopy to study the mineral composition of rocks. Since each mineral has an individual spectrum, it becomes possible to distinguish the mineral composition of rocks and identify alteration zones typical for porphyry copper deposits reliably and accurately.

This work covers all the stages of alteration zoning study, including the 3D modeling with modern geological modeling tools.

The variability of the alteration zones characteristics has a specific practical relevance since it directly affects the mining and metallurgical properties of ores. Therefore, various metallurgical tests are carried out to determine the suitability of ores for flotation or other technologies for separating minerals from the host rock.

Also, understanding the spatial location of alteration types plays a key role in the design of exploration work to increase the mineral resource potential of a deposit, given that certain types of these alterations appear as indicators of copper and gold mineralization.

## АҢДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыс 53 беттен құралған. Оның ішіне кіріспе, 3 бөлім, қорытынды, 17 сурет, 6 қосымша кіреді.

Диссертациялық жұмыстың негізі таужыныстарының минералдық құрамын зерттеу үшін инфрақызыл спектрометрияның заманауи әдістерінің нәтижелеріне сүйеніп жасалған. Әрбір минералдың спектрде әртүрлі қасиетке ие болуына байланысты таужыныстарының минералдық құрамын сенімді және сапалы түрде анықтау үшін мыс-порфирлі кенорындарына тән гидротермалды-метасоматикалық өзгерістер аймағын негіз етіп алуға болады.

Бұл жұмыстың ерекшелігі гидротермалды-метасоматикалық аймақтарды зерттеудің барлық кезеңдерін, соның ішінде заманауи геологиялық модельдеу құралдарын қолдана отырып, үш өлшемді ортада модель құруды қамтиды.

Гидротермальды-метасоматикалық өзгерістер аймақтарының қасиеттерінің өзгергіштігінің ерекше практикалық маңызы бар, өйткені ол таужыныстарының технологиялық қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Осыған орай кеннің флотацияға немесе минералдарды ірі таужыныстардан бөлудің басқа технологияларына жарамдылығын анықтау үшін әртүрлі металлургиялық зерттеу сынақтары жүргізіледі.

Сондай-ақ гидротермальды-метасоматикалық өзгерістер минералдық-шикізат базасын кеңейту үшін геологиялық барлау жұмыстарын жобалау кезінде жетекші рөл атқарады, өйткені бұл өзгерістердің белгілі бір түрлері мыс және алтын кені минералдануының индикаторлары болып табылады.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 Общая часть .....	14
1.1 Физико-географический очерк .....	14
1.2 История геологической изученности .....	16
1.3 Геологическая характеристика месторождения.....	18
1.3.1 Геологическое строение района .....	18
1.3.2 Стратиграфия.....	19
1.4 Интрузивные образования.....	21
1.5 Морфология и характеристика оруденения .....	21
1.6 Тектоника .....	23
1.7 Генезис месторождения.....	25
2 Методика работ .....	27
2.1 Изучение минерального состава пород с помощью ИК-спектрометрии .....	27
2.2 Интерпретация спектрометрических данных.....	29
3 Построение гидротермально-метасоматической модели.....	32
3.1 Составление базы данных .....	32
3.2 Моделирование гидротермально-метасоматических изменений в трехмерной среде .....	33
3.3 Результаты исследований.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	38
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	41
Приложение А.....	42
Приложение Б .....	43
Приложение В.....	44
Приложение Г .....	45
Приложение Д.....	46
Приложение Е.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

В мире большая часть масса меди добывается из медно-порфировых месторождений, которые также являются важнейшим источником молибдена, золота, серебра, рения, теллура и элементов платиновой группы.

Казахстан представляет собой крупную медно-порфировую провинцию. Руды такого типа характеризуются низкими содержаниями, крупными размерами и, в большинстве случаев, пригодны для открытой разработки. Современные технологии делают такой тип месторождений экономически рентабельными.

Медно-порфировые системы пространственно приурочены к зонам вулканических дуг, которые, в свою очередь, образуются вдоль протяженных зон субдукции. Генезис данного типа месторождений неразрывно связан с концепцией тектоники плит, открытой в 1960г. Альфредом Вегенером.

С момента открытия данной концепции стало возможным объяснить и увязать накопленные практические исследования по известным месторождениям (Рисунок 1).

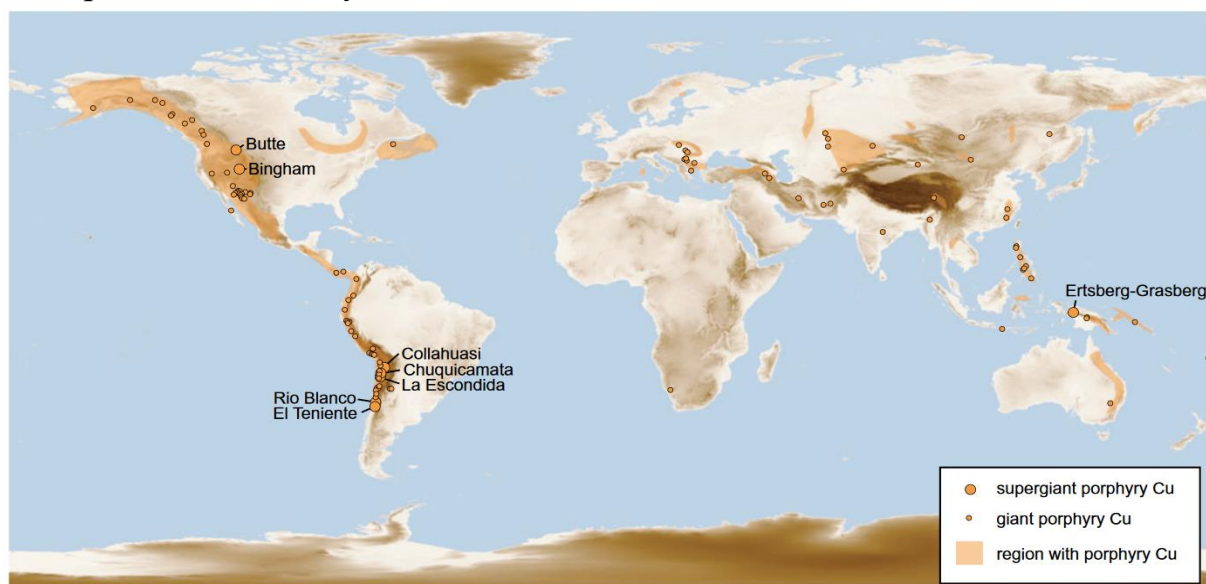


Рисунок 1 Карта крупнейших медно-порфировых месторождений. Большинство из них расположены вдоль Огненного кольца вокруг Тихого океана. (Neukirchen и Ries 2020)

Образование медно-порфировых месторождений происходит в разные этапы развития складчатых областей: как до главных фаз складчатости, в связи с начальным магматизмом (на стадии островных дуг), так и после, в связи с формированием окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов.

Бозшаколь является ярким представителем месторождений медно-порфировой системы в Казахстане с минерализацией меди, молибдена, серебра и золота. Оно приурочено к Урало-Монгольскому складчатому поясу

(в зарубежной терминологии соответствует Central Asian Orogenic Belt, далее – САОБ) (Рисунок 2).

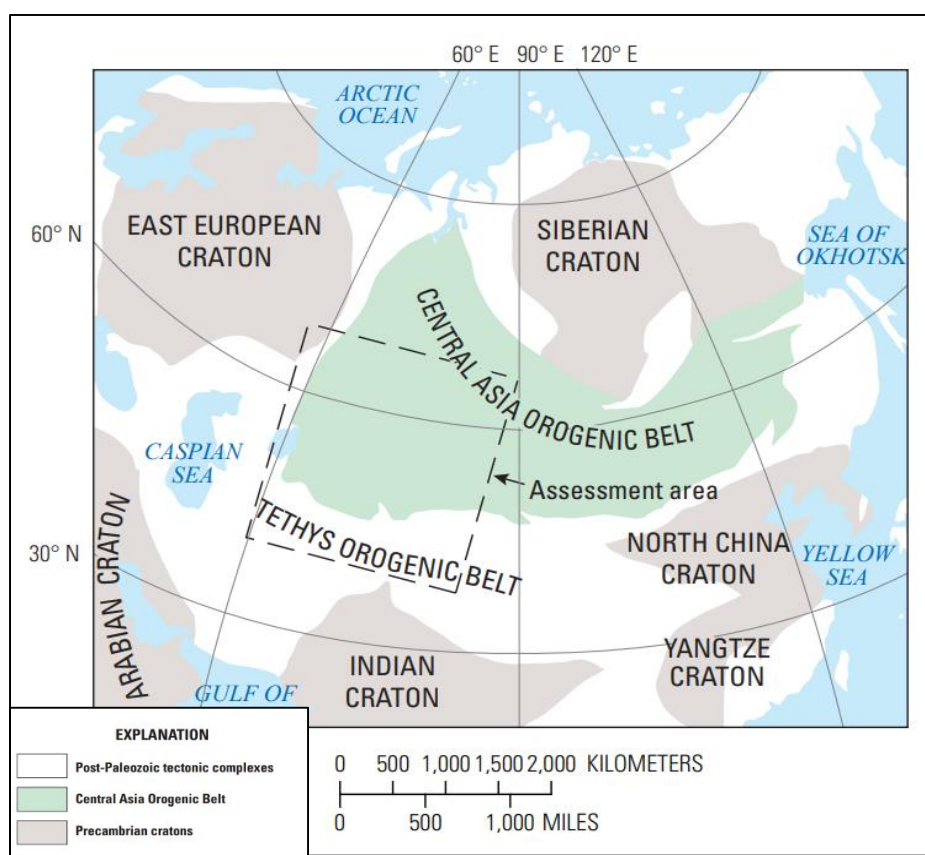


Рисунок 2 Схема расположения Урало-Монгольского складчатого пояса (САОБ) («Scientific Investigations Report» 2014)

Наряду с месторождением Бозшаколь к САОБ приурочены месторождения Коунрад, Актогай и Ою Толгой (Монголия). Палеозойский пояс может быть разделен на три зоны, самая древняя из которых представлена вулканической дугой среднего-позднего кембрия Кипчак, в которой и находится Бозшакольское месторождение.

Для месторождений медно-порфирового типа важным поисково-оценочным критерием является изучение вторичных изменений. Впервые концепция образования медно-порфировых систем была разработана и опубликована американскими геологами Дж. Дэвидом Лоуэллом и Джоном Гилбертом в 1970 году [1] (Рисунок 3). Далее вышеупомянутая схема совершенствовалась с появлением новых данных и методов Ричардом Силлитоу, начиная с 1975г. Актуальной на сегодняшний день является версия 2010 года (Рисунок 4) [2].

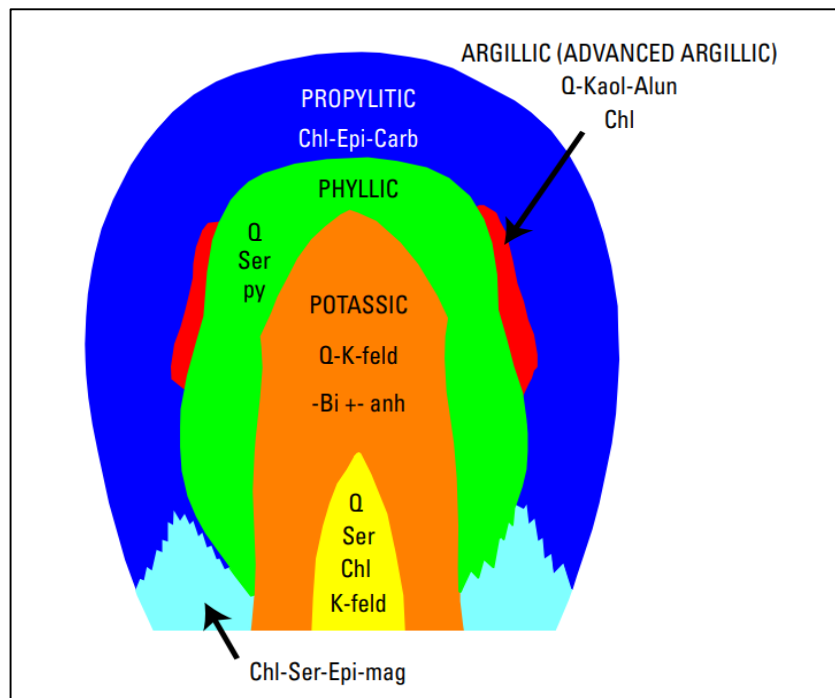


Рисунок 3 Схематический разрез гидротермальных изменений  
 Дж.Дэвидом Лоуэллом и Джоном Гилбертом в 1970г.  
 («Scientific Investigations Report» 2014)

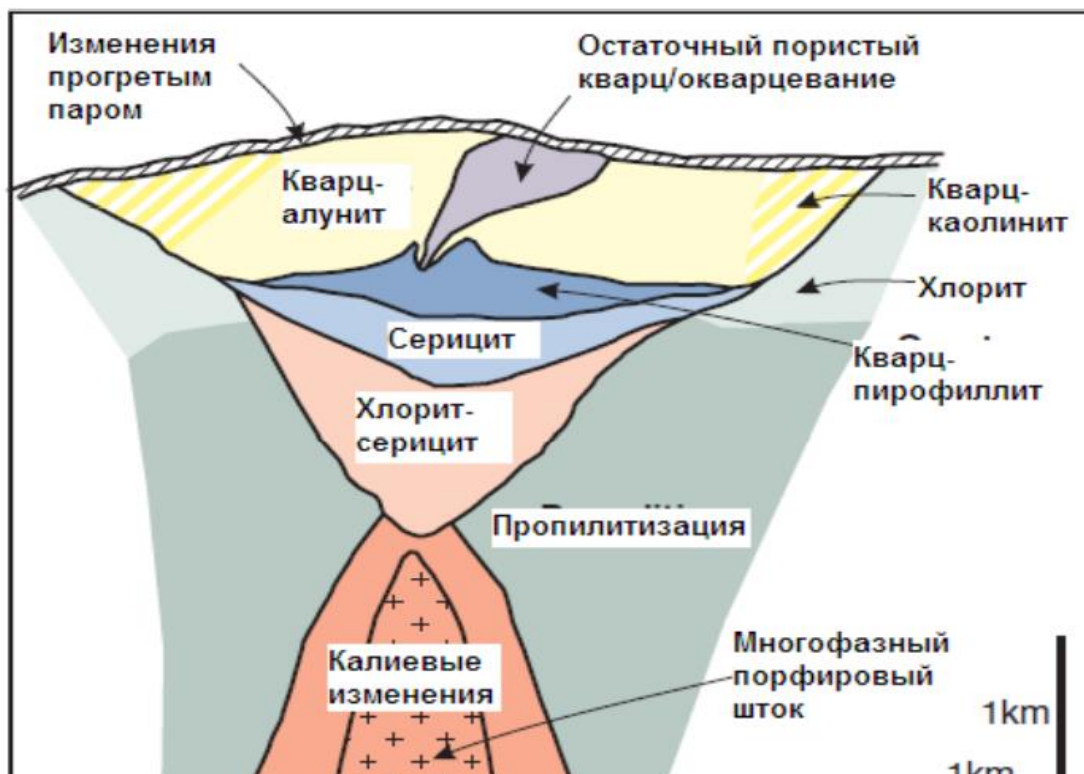


Рисунок 4 Обобщенная рудно-метасоматическая зональность медно-порфировых систем Р.Силитоу (Sillitoe 2010)

### **Цель работы:**

- построение трехмерной модели гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь;
- подтверждение общепризнанного представления зонального строения медно-порфировых систем на примере месторождения Бозшаколь и сопоставление с классическими моделями, предложенными Дж. Дэвидом Лоуэллом, Джоном Гилбертом (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**), и позже Ричардом Силлитоу (Рисунок 4), получившими мировое признание.

### **Основные задачи:**

- Сбор данных минералогии и гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь;
- Интерпретация данных для определения ключевых гидротермально-метасоматических минералов;
- Построение трехмерной гидротермально-метасоматической модели.

В данной работе были использованы новейшие методы исследования данных минералогии с помощью инфракрасной спектроскопии (англ. IRS – infrared spectroscopy). Для интерпретации использовалось программное обеспечение The Spectral Geologist (далее – TSG). Модель построена с помощью инструментов условного моделирования в трехмерной среде в программе Leapfrog.

**Практическая значимость.** Итог исследования имеет большое прикладное значение, т.к. позволяет определить вектор дальнейших геологоразведочных работ на флангах месторождения, а также стать основой для совершенствования технологии переработки руды.



# 1 Общая часть

## 1.1 Физико-географический очерк

Месторождение Бозшаколь расположено на территории Экибастузского района Павлодарской области Республики Казахстан. Оно находится в 175 км западнее г. Павлодар, в 90 км западнее районного центра и промышленного г. Экибастуз и в 17 км севернее железнодорожных станций Бозшаколь и Шидерты, расположенных на магистрали Павлодар – Нурсултан– Караганда – Алматы.

Ближайшими населенными пунктами являются рудник Торткудук, пос. Байет и железнодорожная станция Бозшаколь. Основными путями сообщения служит железнодорожная линия Павлодар - Нурсултан, которая на востоке имеет выход к сибирским городам, на западе – в Среднюю Азию и на Урал. В 18-20 км на юг от месторождения проходит общегосударственная автомагистраль Павлодар – Караганда, которая связывает месторождение с городами и предприятиями Казахстана.

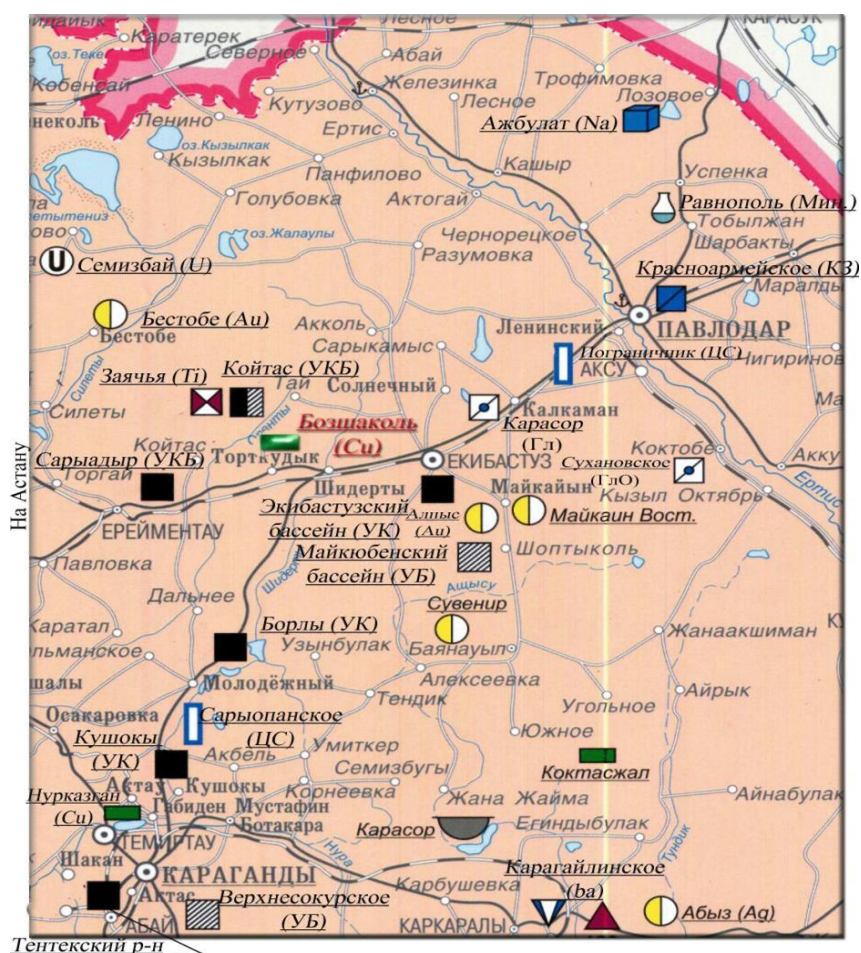


Рисунок 5 Обзорная Карта

Район месторождения находится в благоприятных экономических условиях. В его пределах расположен крупный административный и промышленный центр – г. Павлодар.

В 30 км восточнее месторождения проходит система сооружений канала Иртыш – Караганда с Шидертинским водохранилищем.

Ближайшие лесные угодья расположены в Баянаульских горах в 180 км к юго-востоку от месторождения. Земли района представлены каштановыми почвами, используемыми как пастбища и сенокосные угодья.

Рельеф района - сглаженный мелкосопочник, разделенный плоскими депрессиями с абсолютными отметками 210-214 м, и холмов с отметками 250 - 271.4 м. Относительные превышения составляют 10-50 м.

Само месторождение расположено в широкой низине, обрамленной невысокими холмами; к северу рельеф постепенно снижается, переходя в плоскую равнину; к югу и западу – приобретает гористый характер.

Гидрографическая сеть представлена реками Шидерты и Оленты, протекающими почти параллельно в северо-восточном направлении на расстоянии 30-60 км друг от друга и в 18-25 км от месторождения.

Центральная часть р. Шидерты используется для переброски воды реки Иртыш по каналу Иртыш-Караганда. В районе ст. Шидерты на реке образовано Шидертинское водохранилище, которое является источником пресной и технической воды для Бозшакольского комбината.

Из озер наиболее крупными являются Майсор, Бошесор и Ащисор. Озеро Бошесор находится в 1 км южнее месторождения.

Климат района резко континентальный с жарким сухим летом, холодной зимой и характерными юго-западными ветрами.

Средняя летняя температура +20°C, зимняя составляет –28-30°C.

Глубина промерзания грунта до 2.8 м.

Среднегодовое количество осадков 200-250 мм.

## 1.2 История геологической изученности

В 1930-1938 гг. проводилась предварительная разведка месторождения, сразу же после его открытия Р. А. Борукаевым. В результате этих работ были установлены масштабы и дана предварительная оценка месторождения. Запасы были утверждены ВКЗ в 1943 году по категориям С1 и С2.

В 1948-1952 гг. на месторождении проводились детальные геолого-разведочные работы, которые позволили значительную часть запасов перевести в категорию В. В результате запасы месторождения были пересчитаны и утверждены в 1952 г.

В 1952-1958 гг. на месторождении продолжались детальные работы и работы по оконтуриванию флангов месторождения. В результате проведенных работ была уточнена геологическая карта района и месторождения, а в 1961 г. ГКЗ СССР утвердила запасы Бозшакольского месторождения меди.

В 60-80-ые гг. геологические работы на месторождении и рудном поле периодически возобновлялись. Так в 1966-68 гг. были продолжены работы по изучению технологии обогащения руд в полупромышленных условиях, физико-механических свойств.

В связи с подготовительными работами по освоению месторождения в 1974-78 гг. геологоразведочные и поисковые работы на месторождении и рудном поле были возобновлены для изучения безрудности промплощадок, проверки рудоносности глубоких горизонтов и флангов месторождения. Проведенными работами было установлено, что промышленное оруденение на месторождении прослеживается до 300-400 м, а в отдельных местах до 500-650 м., на участках Западный, Дальний Запад, Майсор выявлены медно-порфиновые руды с промышленными и повышенными содержаниями меди.

В 1978 году начато строительство рудника на разведанных запасах и возобновлены поисково-оценочные работы с целью оценки запасов и ресурсов месторождения на его флангах и глубоких (подкарьерных) горизонтах, а также оценки рудоносности выявленных перспективных участков Дальний Запад и Майсор.

Поисково-оценочные работы были проведены в 1987-92 гг. Они включали в себя геолого-геохимическое картирование рудного поля в масштабе 1:10 000 с использованием картировочного бурения на всей площади (сеть 200x100м) и глубокое поисковое бурение на месторождении Бозшаколь (фланги и глубокие горизонты) и участках Дальний Запад и Майсор. Для повышения информативности поисковых скважин в них проводились геофизические исследования (комплексный каротаж, методы естественного электрического поля, вызванной поляризации, электрической корреляции). Продолжено исследование обогатимости руд, изучение редких и рассеянных элементов.

В 1989-91гг. Центрально-Казахстанской геолого-тематической экспедицией Министерства металлургии Казахской ССР на месторождении было пробурено два профиля скважин глубиной 300 м для отбора



технологических проб (результаты работ отсутствуют). Одновременно выполнялись поисково-оценочные работы на флангах и глубоких горизонтах месторождения, а по договору с ИМГРЭ (Кудрявцев и др.) осуществлялось геолого-геохимическое картирование рудного поля.

В 2008 г. АО «Жезказгангеология» провела небольшой объем поисковых работ методом бурения картировочных скважин для подтверждения наличия золотоносных кор выветривания.

В 2008-2011 гг. АО «Жезказгангеология» продолжила работы по доразведке на месторождении Бозшаколь (в основном для заверки результатов разведки предыдущих лет и вскрытия глубоких горизонтов месторождения) и на Восточном участке месторождения Бозшаколь в границах геологического отвода.

В 2008 г. ТОО «Kazakhstan project LLC» на месторождении Бозшаколь провела разведочные работы на золотоносные коры выветривания.

Месторождение Бозшаколь подготовлено к промышленному освоению.

В 2009 г. компания «Fluor Australia Pty Ltd» провела технологические исследования, составила отчет «Расширенная подготовка ТЭО по месторождению Бозшаколь».

В 2010 году Казахстанский головной институт по проектированию предприятий цветной металлургии разработал «Технико-экономическое обоснование, Строительство Бозшакольского горно-обогачительного комбината».

В 2011 году Австралийская компания AMCConsultants (UK) Limited разработала ТЭО проекта на основе обновленной модели запасов месторождения.

С 2017 г.г. по настоящее время ведутся дополнительные геологоразведочные работы с целью уточнения пространственных границ минерализации.

## 1.3 Геологическая характеристика месторождения

### 1.3.1 Геологическое строение района

Район месторождения расположен в пределах крупной Бозшакольской геосинклинали, ограниченной с востока Майкаин-Экибастузским антиклинорием, с запада Ерметаунязким антиклинорием и в соответствии с этим несет все черты, присущие к указанным структурам.

Отложения протерозоя смяты в крутые изоклинальные складки, прослеживающиеся по простиранию на десятки километров. Между отложениями протерозоя и осадками нижнего кембрия везде наблюдается значительный перерыв и резкое угловое несогласие.

В нижнем кембрии существовал типичный геосинклинальный режим и имели место интенсивные подводные излияния лав, давшие мощную вулканогенную Бозшакольскую свиту. В конце нижнего кембрия имеет место проявление Бозшакольской фазы салаирского тектогенеза. В результате этого осадки нижнего кембрия сминаются в складки, крылья которых имеют крутые углы падения порядка  $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . В середине нижней половины среднего кембрия, после отложения пород Майданской свиты проявилась Куяндинская фаза Салаирского тектогенеза. В результате проявления этой фазы осадки Майданской и Бозшакольской свит кембрия сжимаются в складки, и создается складчатое несогласие между Майданской и вышележащей Сасыксорской свитами. Майданская свита дислоцирована несколько слабее Бозшакольской, но углы падения достигают до  $60^{\circ}$ - $85^{\circ}$ . Осадки верхнего кембрия уже носят чисто платформенный характер. Они имеют небольшие мощности и ложатся после сасыксорской фазы тектогенеза, резко трансгрессивно на размытую поверхность, как протерозойских пород, так и пород нижнего и среднего кембрия.

Из разрывных нарушений развиты три системы. Наиболее распространенная и самая древняя система нарушений по своему простиранию является продольной к складчатым структурам. Ею, в основном, контролируется интрузивная деятельность и рудная минерализация района. Две другие системы – северо-западного и северо-восточного направления, по масштабу являются мелкими и имеют меньшее распространение (приложение В-Г).

В геологическом строении Бозшакольского рудного поля участвуют породы кембрийской, ордовикской, палеогеновой и четвертичной систем.

Интрузии, распространенные в районе месторождения, представлены небольшими штокообразными телами и дайками.

Выходы интрузивных пород в пределах района наблюдаются непосредственно на месторождении Бозшаколь, в районе Джангабула, Кулбай и гор Аксаккуянды.

Среди интрузивных пород района выделяются три возрастных комплекса: верхнепротерозойский, раннесалаирский и силурийский.

Прослеженная площадь рудного оруденения имеет длину 5900 метров, при ширине от 41 до 650 м. На этой площади указанные выше породы несут вкрапленность и прожилки медных минералов, образующие штокверк.

Морфологические рудные тела имеют пластообразный характер, при минимальной мощности на крайнем западном и восточном флангах и максимальной в западной и в средней части месторождения. Площадь максимального развития оруденения соответствует площади максимального развития дорудных тектонических подвижек, подготовивших как большее количество трещин для заполнения, так и участки максимального гидротермального изменения с последующим рудоотложением [3-7].

### 1.3.2 Стратиграфия

В пределах месторождения распространены следующие стратиграфические подразделения:

1) Майсорская свита нижнего отдела кембрия ( $E_{1ms}$ ), представленная песчаниками, туффидами, кремнистыми породами, редкими прослоями яшм, лавами и туфами дацитов, андезито-дацитов, андезитов; субвулканические риолиты, риодациты, дациты, андезиты.

2) Нижний-средний отделы кембрия ( $E_{1-2}$ ) – базальты, андезито-базальты и их туфы с прослоями туфогенных песчаников, подразделяющиеся на две пачки. Нижняя пачка сложена массивными и миндалекаменными пироксеновыми базальтами и их туфами, верхняя – массивными и миндалекаменными лейкобазальтами. Субвулканические образования нижнего-среднего кембрия представлены диабазами (порфировыми и афировыми) и базальтами.

Нижне-среднекембрийские образования являются рудовмещающими для месторождения Бозшаколь.

3) Средний отдел кембрия, жангабульская свита ( $E_{2zn}$ ), сложенная двумя подсвитами. В пределах месторождения расположена только нижняя подсвита, представленная преимущественно зеленовато-серыми миндалекаменными базальтами и туфами базальтового состава. Среди базальтов часто встречаются прослой кремнистых алевролитов (мощность их не превышает несколько сантиметров), реже отмечаются прослой песчаников. Субвулканические образования представлены телами и дайками базальтового состава, базальтовыми брекчиями, обычно грубообломочными, принадлежащими к жерловой фации.

4) Ордовикская система, средний отдел, еркебидаикская свита ( $O_{2er}$ ), сложенная двумя подсвитами. Нижняя подсвита составляет большую часть отложений свиты и подразделяется на две пачки. Нижняя пачка представлена породами прибрежной фации – фтанитами, кремнистыми алевролитами и песчаниками, конгломератами, гравелитами, алевропесчаниками, прослоями известковистых песчаников. Верхняя пачка сложена породами более глубоководной формации – алевролитами с прослоями алевропесчаников,

известковистыми песчаниками. Верхняя подсвета сложена песчаниками, прослоями гравелитов и конгломератов.

5) Палеогеновая система (P) – песчано-галечные образования кремнистого состава с линзами каолинистых глин.

6) Четвертичная система (Q) – глины и суглинки, пески, супеси, галечники [3-7], (приложение А-Б).

## **1.4 Интрузивные образования**

Среди этих образований выделено 4 комплекса:

1) Ранний - среднекембрийский – дайки мелкозернистых диоритов, диорит-порфиров, габбро-порфиритов, микродиоритов.

2) Бозшакольский среднекембрийский. С этим интрузивным комплексом связывается молибденово-медная минерализация Бозшакольского рудного поля. В составе комплекса выделяются габбро и диориты фазы начальных внедрений, кварцевые диориты и тоналиты главной фазы, дополнительные интрузивы порфировидных гранитов ранней генерации, дайки поздних гранит-порфиров, а также единичные тела жильных мелкозернистых гранитов.

3) Жаумбайский среднеордовикский комплекс – средне-мелкозернистые сиениты и дайки сиенит-порфиров.

4) Жарлыкольский верхнеордовикский комплекс – субщелочные и щелочные габбро [3-7].

## **1.5 Морфология и характеристика оруденения**

Интрузии распространённые в районе месторождения представлены небольшими штокообразными телами и дайками.

Выходы интрузивных пород в пределах района наблюдаются непосредственно на месторождении Бозшаколь, в районе Джангабула, Кулбай и гор Аксакуянды.

Среди интрузивных пород района выделяются три возрастных комплекса: верхнепротерозойский, раннесалаирский и силурийский.

Верхнепротерозойский комплекс представлен интрузией ультраосновной магмы, образующий большой массив Аджи, расположенный в 30 км к западу от месторождения, за пределами планшета.

Наибольшее значение для описываемого района имеют интрузии раннесалаирского возраста. Интрузии этого возраста имеют выходы на месторождении. Для всех этих интрузий вмещающими породами являются кембрийские отложения.

К раннесалаирскому возрасту относится Бошекольская интрузия, рвущая отложения нижнего кембрия и представленная мощной дайкой плагиогранит-порфиров. По простиранию дайка с перерывами прослеживается на расстояние 8.5 км. Западная часть дайки перекрыта плащом третичных отложений. В южной части дайка трансгрессивно перекрыта фаунистически охарактеризованными отложениями верхнего кембрия.

В гальках базальных конгломератов в этом районе содержится плагиогранит- порфир, порфириты нижней подсветы нижнего кембрия, что с несомненностью доказывает возраст интрузии и указывает на длительный промежуток времени между внедрением интрузии и началом верхнего

кембрия. В западной части интрузии прослеживаются выходы диорит-порфиритов, внедрение которых несколько предшествовало внедрению плагиогранит-порфиров. С Божекольской интрузией генетически связано медно-молибденовое месторождение Бозшаколь.

В сложении Кулбайской и Джангабульской интрузии основную роль играет габбро, обычно обладающее струйчатой и полосчатой текстурой. Обычным является амфиболовое габбро, где плагиоклаз часто нацело замещен вторичными продуктами и альбитизирован.

Выходы Кулбайской интрузии трансгрессивно перекрываются отложениями верхнего кембрия. Интрузия вытянута в почти широтном направлении. В западной части она прорывается небольшим штокообразным телом сиенита, более позднего силурийского комплекса. Сиенит состоит из микроклин-пертита и микроклина (32.5%), альбита (54.4%), хлоритизированных темноцветных минералов – роговой обманки (12.9 %) и акцессориев (0.4%).

Джангабульская интрузия габбро рвет нижнекембрийские отложения и имеет более или менее изометричную форму. Интрузия также рвется более поздней интрузией граносиенитов силурийского комплекса. Граносиениты состоят из микроклин-пертита, альбита, кварца, биотита и акцессориев (магнетит, ильменит, рутил, титан, апатит, и циркон).

Силурийский интрузивный комплекс представлен небольшим штоком гранодиорит-порфиритов и субпластовым телом диорит-порфиритов к югу от месторождения Бозшаколь.

Наряду с этим в районе имеют широкое развитие дайковые породы, для большинства которых отмечается связь с соответствующими эффузивными комплексами. Эти породы обычно не связаны непосредственно с интрузивами. Здесь выделяются несколько петрографических групп: диабазовые порфириты, габбро-порфириты, сиениты, сиенит-порфиры, лампрофиры [3-7].

## 1.6 Тектоника

Бозшакольское рудное поле относится к ранним каледонидам. Основными структурами являются Бозшакольский антиклинорий, в пределах которого локализовано рудное поле, Ащикольский и Жакшинский синклинорий.

Структура Бозшакольского антиклинория сформирована преимущественно кембрийскими комплексами. В пределах рудного поля выходы древних структур и их комплексов прослеживаются сплошной полосой через всю его центральную часть. Ширина полосы участками превышает 4 км. Простирается близко к  $70^\circ$ .

Ащикольский синклинорий располагается севернее рудного поля и заходит в пределы описываемой территории своей нижней частью. В его строении главная роль принадлежит пологозалегающим ордовикским вулканогенно-терригенным толщам. Ориентированы Ащикольские структуры практически параллельно Бозшакольским.

Разрывные нарушения на площади рудного поля довольно многочисленны и играют определенную роль в формировании складчатости. Среди многочисленных разрывных нарушений, проявленных как на рудном поле так и на месторождении выделяются крупные разломы, которые определяют его блоковое строение и влияют на распределение фаций и мощностей, и нарушения с незначительными амплитудами смещения, а также протяженные трещины, осложняющие строение блоков. Выделяются следующие системы крупных разломов: восток-северо-восточного и северо-западного, а также субширотного и северо-восточного (север-северо-восточного) простираний. Разломы являются крутыми (до почти вертикальных) сбросами, взбросами и сбросо-сдвигами. Северо-западные нарушения в целом являются более молодыми и пересекают северо-восточные. Крупные разломы имеют протяженность до 10 и более км.

Наиболее значительным разломом восток-северо-восточного направления является длительно развивающийся Бозшакольский разлом (или зона разломов) к которому приурочены рудоносные интрузивы месторождения Бозшаколь. Разлом круто падает в северных румбах. Весьма значительный Диагональный разлом пересекает под острым углом Бозшакольскую зону разломов (прослеживается от западного берега оз. Майсор до южной части Южно-Бозшакольского габброидного массива). Поперечные (северо-западные, северо-северо-восточные и субмеридиальные) нарушения также характеризуются признаками длительного развития. Этими нарушениями месторождение разбивается на блоки: Центральный, Восточный, Западный [3-7, 12-13], (Рисунок 6, приложение В-Г).

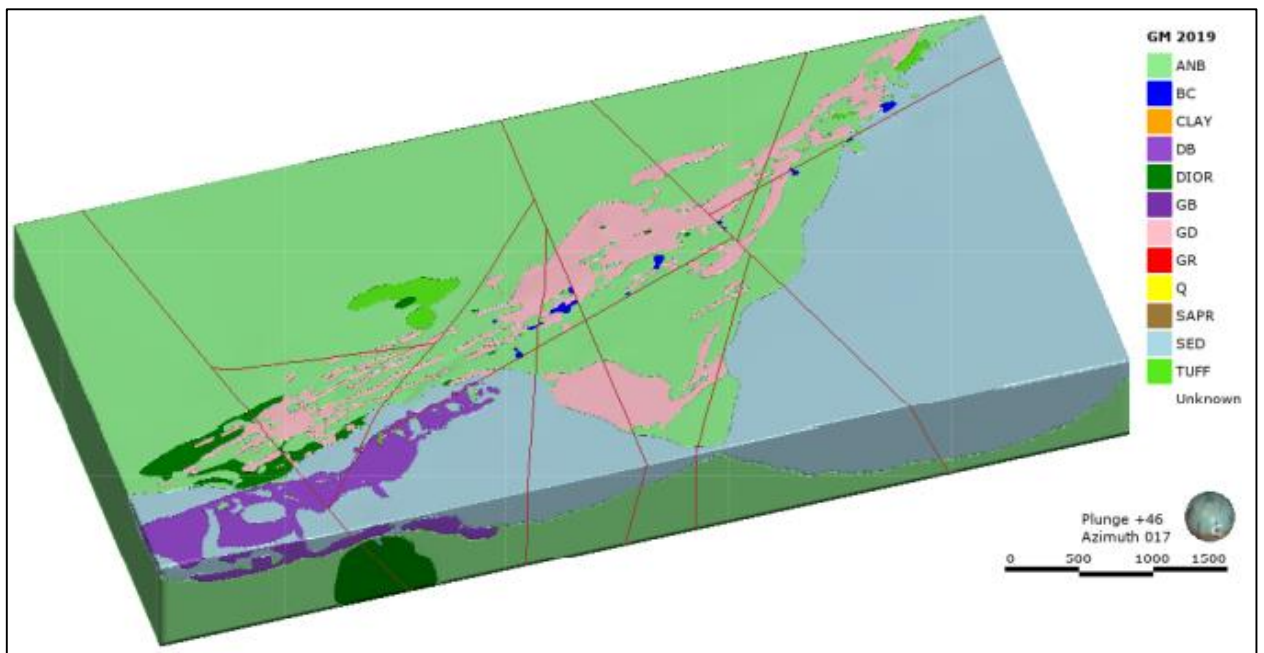


Рисунок 6 Структурно-литологическая 3D-модель Бозшакольского месторождения без покрова мезозой-кайнозойских образований (Дресвянников М.А., Шевкунов А.Г., Музыка М.И., Отчет «Научно-исследовательская работа по изучению минералогии и гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь в инфракрасном спектре», ТОО «Kazakhstan Mineral Company» (Казахстан Минерал Компани) Алматы, 2019.)



## 1.7 Генезис месторождения

Бозшакольское медно-молибденовое месторождение является типичным мезотермальным месторождением прожилково-вкрапленных руд медно-порфирового типа, образовавшихся на небольшой глубине. В региональном плане оно размещается в пределах долгоживущих глубинных разломов на границе двух структурных этажей. Незначительный разрыв во времени между вулканизмом и интрузивным магнетизмом, проявившихся на месторождении, а также близость петрохимических свойств составляющих их пород указывает на то, что они являются, видимо, производными одних и тех же глубинных очагов и представляют собой образования единой вулканоплутонической формации.

Оруденение пространственно и генетически связано с магматическим очагом, давшим вулканы дацит-андезит-базальтовой формации и сложно дифференцированную кембрийскую интрузию гранитоидов первой и второй фаз. Формирование руд на месторождении было сложным и длительным, происходило в два основных этапа: пневмо-гидротермальный и гидротермальный.

Бозшакольское месторождение было вскрыто в начале верхнего кембрия, когда произошел глубокий срез и значительная нивелировка, при которой были размыты породы среднего кембрия и значительная часть отложений нижнего кембрия. В это время интенсивно шли процессы преобразования месторождения, в результате чего образовалась богатая древняя зона вторичного сульфидного обогащения, сохранившаяся в настоящее время в южной части месторождения под осадками верхнего кембрия. Образование богатой древней зоны вторичного сульфидного обогащения в кембрийское время можно объяснить следующими причинами:

1. Благоприятные климатические условия, малая влажность и высокие среднегодовые температуры, существовавшие в то время, привели к образованию богатых окисленных руд, за счет которых в последующем образовались богатые руды зоны вторичного сульфидного обогащения при глубокой проработанности окисленных руд.

2. Имевшие место тектонические подвижки после образования месторождения, создавшие условия для свободной миграции меди по направлениям к нижележащим сульфидам. В связи с тем, что трещины были большей частью ближе к вертикальным, исключалась боковая миграция меди.

3. Наличие, очевидно, более богатых первичных руд по сравнению с рудами, наблюдаемыми в настоящее время, способствовали образованию богатых окисленных зон.

В конце верхнего кембрия часть месторождения была срезана морской эрозией и затем погребена под осадками.

Благодаря палеозойским подвижкам месторождение было несколько повернуто с опусканием юго-западной и поднятием северо-восточной части.

В мезозое верхнекембрийская покрывка и северо-восточная часть месторождения была срезана и при этом была уничтожена значительная часть богатых руд зоны вторичного обогащения и богатых первичных руд.

После вскрытия месторождения в мезозое снова начались процессы преобразования ее, в результате чего образовалась сравнительно бедная по содержанию и плохо выраженная зона вторичного сульфидного обогащения. Образование такой бедной зоны вторичного обогащения очевидно можно объяснить наличием значительного количества бедных первичных руд, при которых образовались плохо проработанные небогатые окисленные руды, а так же коротким периодом вскрытия месторождения в мезозое.

Золотоносные коры выветривания образовались в результате химического выветривания золото-сульфидных и золото-кварц-сульфидных отложений. В процессе химического выветривания золото-сульфидных и золото-кварц-сульфидных руд произошло окисление сульфидов, образование оксидов и гидроксидов железа, переотложение золота и увеличение его концентрации в коре выветривания в несколько раз по сравнению с первичными медными золотосодержащими рудами [3-7].

## 2 Методика работ

### 2.1 Изучение минерального состава пород с помощью ИК-спектроскопии

Гидротермально-метасоматические изменения играют важную роль при разведке и дальнейшей эксплуатации месторождений медно-порфирового типа. Так как не всегда вторичные минералы легко определяются невооруженным глазом, ИК спектроскопия стала мощным инструментом идентификации тех или иных типов вторичных изменений. Например, визуально отличить монтмориллонит от каолинита практически невозможно. Как правило, вторичные изменения имеют большую площадную распространенность и как бы «обволакивают» само месторождение. Поэтому знания зонального строения и его связь с оруденением может помочь с таргетированием благоприятных участков для обнаружения месторождения.

Суть метода заключается в том, что ИК спектроскопия измеряет поглощение в области электромагнитного спектра от 350 нм до 2500 нм (Рисунок 7).

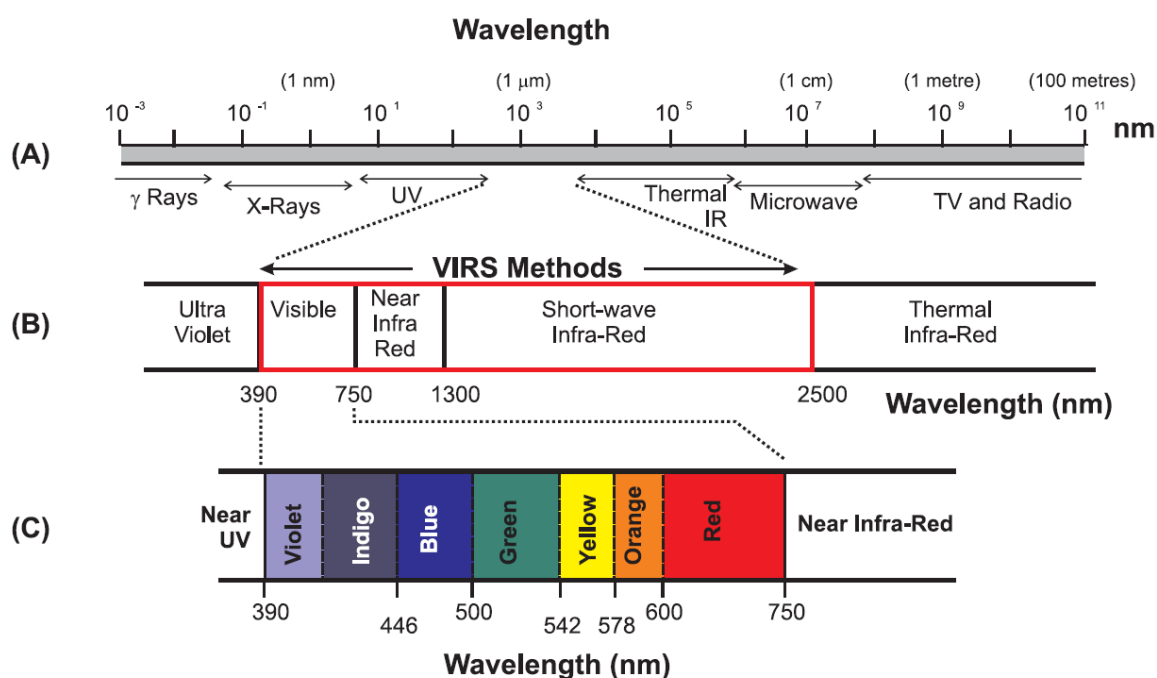


Рисунок 7 Электромагнитный спектр, показывающий области, представляющие интерес в контексте спектроскопии отражения в видимом/инфракрасном диапазоне, а именно видимая область (390 - 750 нм), ближняя инфракрасная область (NIR; 750 - 1300 нм) и коротковолновая инфракрасная область (SWIR, от 1300 до 2500 нм)

Целый ряд минералов гидротермально-метасоматических зон изменений хорошо откликается и идентифицируется этим методом. Такие как серицит, пирофиллит, алунит, каолинит, монтмориллонит, хлорит, биотит и др. Сбор данных быстр, прост, и дешев. Нет риска контаминации проб, поэтому сколковые пробы с разных глубин одной скважины могут быть собраны в один пробный мешок. Основная задача пробоотбощика – строго следить за правильностью отметок соответствующей глубины и нумерации скважин отобранной пробы.

Впервые ИК спектрометрия применялась для космической программы по изучению Земли и других планет Солнечной системы. Источником падающей энергии служило солнечное излучение, и этот подход лег в основу первых спектрометров. С добавлением внутренних источников света стало возможно работать в более широком диапазоне. В 1980-х годах первым портативным спектрометром стал анализатор РІМА, из-за чего многие путают ИК спектроскопию с маркой первого спектрометра. Недавним усовершенствованием стала разработка внешних "световых зондов", соединенных оптоволоконными кабелями, которые позволяют конкретные участки образцов. Аппаратные инновации последнего десятилетия сопровождались развитием компьютерного программного обеспечения, благодаря чему сбор данных становится все более быстрым. Автоматизированные программы идентификации минералов также ускоряют процесс, но их результаты все еще должны быть проверены, оценены и интерпретированы исследователями.

Замеры инфракрасного (ИК) спектра производились Фурье-спектрометром Arcspectro FT-NIR Rocket с интеграционной сферой ArcSphere-50-Hal (Рисунок 8) позволяющим выполнять измерения в SWIR(англ.Short Wave Infrared – коротковолновый инфракрасный) диапазоне спектра 900-2600 нм.

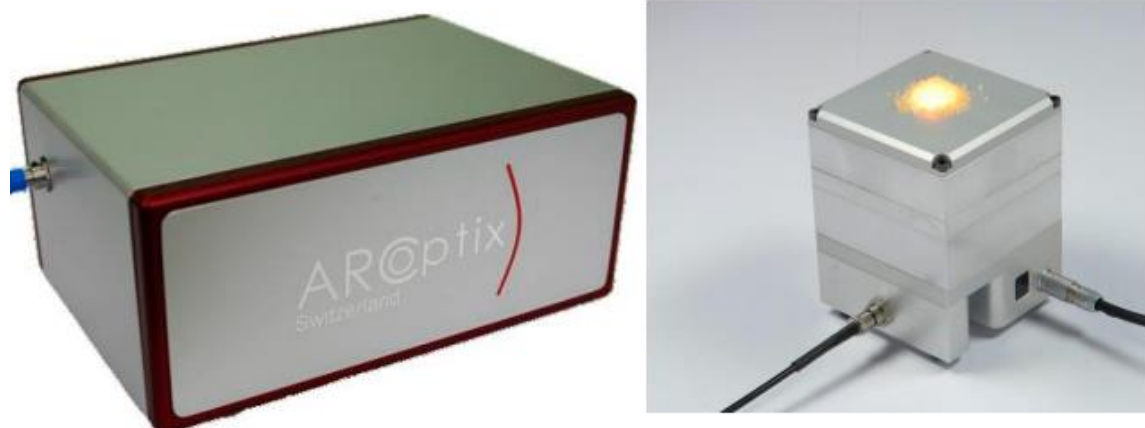


Рисунок 8 ИК-спектрометр Arcspectro FT-NIR Rocket с интеграционной сферой ArcSphere-50-Hal

Программное обеспечение Arcspectro FT, позволяет обрабатывать информацию, полученную со спектрометра на ПК, идет в придачу к спектрометру. Также в комплект входит эталонный образец для калибровки спектрометра. Каждый отдельный замер сохраняется в формате. arcspectro с указанием номера пробы, глубины отбора, номера скважины. В ходе работы было произведено 16369 замеров спектра.

## 2.2 Интерпретация спектрометрических данных

Для интерпретации данных использовалось запатентованное программное обеспечение под названием "Спектральный геолог" (TSG), разработанная компанией AusSpec International ([www.ausspec.com](http://www.ausspec.com)) (Приложение Е). Эта программа обеспечивает сложную интерпретацию, обработку данных, отображения данных, предназначенных для геологоразведки. Данная программа содержит в своей базе обширную библиотеку всех известных минералов, активных при ИК спектроскопии. Для каждого минерала есть своя определенная кривая относительной отражательной способности минерала в соответствии с диапазоном длин волны, которая характерна для только этого минерала. Программа сравнивает образец (пробу) с картотекой известных минералов (Рисунок 9).

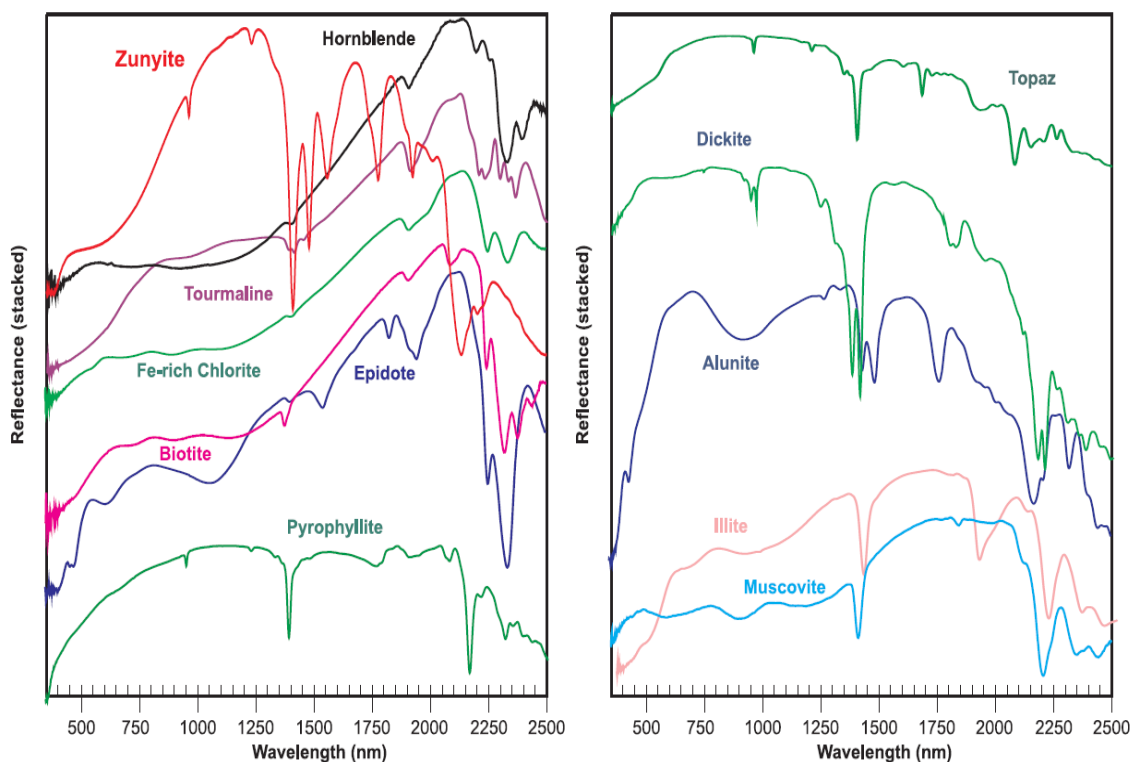


Рисунок 9 Примеры спектров типичных вторичных минералов из Библиотеки TSG

Автоматизация программного обеспечения имеет определенные преимущества, но результаты не всегда могут быть достоверными, и в некоторых случаях интерпретации должны быть проверены с помощью визуального анализа отдельных спектров. SWIR исследования наиболее эффективны в сочетании с независимыми ограничениями со стороны петрографических и геохимических данных. Не менее ценным является знание минеральных ассоциаций, поскольку идентификация одного минерала может подсказать другие, которые могут присутствовать.

Таким образом были извлечены следующие спектральные параметры в характерных для определенных признаков минерала диапазонах спектра:

- $w_{2200}$ : длина волны, соответствующая точной позиции поглощения из-за гидроксильной связи алюминия (Al-OH) в глинах и белых слюдах, колеблющиеся в пределах 2191 и 2220 нм. Нижние длины волн соответствуют минералам с высоким содержанием алюминия и, следовательно, кристаллизовавшимся при более высоких температурах. Длины волн между 2206 и 2209 нм соответствуют каолиниту или низкотемпературным глинам выветривания, таким как монтмориллонит. Длины волн выше 2210 нм соответствуют фенгитовым белым слюдам.

- $d_{2200}$ : глубина поглощения из-за связи Al-OH в глинах и белых слюдах. Это значение дает полуколичественную оценку количества глины и / или белых слюд в образце. Он также используется для расчета индекса кристалличности иллита.

- $w_{2250}$ : положение длины волны доминирующего абсорбционного признака между 2240 и 2268 нм, в котором представлена информация о магнии (более короткие волны) или железе (более длинные волны) в составе хлорита.

- $d_{2250}$ : глубина поглощения из-за гидроксильных связей магния (Mg-OH) или гидроксильных связей железа (Fe-OH) в хлоритах и других мафических минералах. Это значение дает полуколичественную оценку количества мафических минералов в образце.

- $w_{2350}$ : длина волны, соответствующая точной позиции поглощения из-за CO<sub>3</sub> в карбонатах и из-за Mg-OH в мафических минералах. Тальк и актинолит-тремолит имеют поглощение от 2312 до 2315 нм; хлорит имеет поглощение от 2320 до 2350 нм. Более короткие длины волн указывают на более магнезиальные минеральные композиции.

- $d_{2350}$ : глубина доминирующего поглощения между 2312 и 2356 нм. Это значение дает полуколичественную оценку количество мафических минералов и / или карбоната.

- $d_{1900}$ : глубина доминирующей абсорбционной способности, вызванная водой, связанной в структуре глинистой минерализации.

- $Sericite\_Crystallinity$ : показатель кристалличности серицита, рассчитанный как глубина абсорбционного свойства Al-OH, сосредоточенного вокруг 2200 нм, деленная на глубину абсорбции воды, центрированной вокруг 1900 нм.

- **Kaolinite\_Crystallinity:** индекс кристалличности каолинита, рассчитанный как отношение глубин абсорбции дублета расположенного на длине волн 2161 нм и 2181 нм.

### 3 Построение гидротермально-метасоматической модели

#### 3.1 Составление базы данных

База данных - это совместно используемый набор логически связанных и структурированных данных, относящихся к одной предметной области. В контексте геологического моделирования предметная область представляется следующим набором данных: местоположение скважин (координаты устьев) замеры искривления скважин в пространстве (инклинометрия), результаты опробования и т.д.

В данной исследовательской работе база геологических данных, взятая в последующем за основу для построения трехмерной модели, содержит в себе таблицы устьев и инклинометрии, являющимися обязательными для визуализации скважин в горно-геологических программных обеспечениях, а также интервальные таблицы опробования, литологии и экспортированный из TSG файл результатов ИК-спектрометрии.

Для контроля качества ввода данных база данных была проверена на в программном обеспечении Leapfrog для исключения критических ошибок и получения наиболее достоверной модели на основе имеющихся данных.

Проверка базы данных была направлена на выявление критических ошибок:

- Номер скважины продублирован в файле устьев;
- Одна или более координата устьев отсутствует в файле координат устьев;
- Значения «От» и «До» отсутствуют в файле интервалов;
- Значение «От» больше либо равно значению «До» в файле интервалов;
- Интервалы документации не являются смежными (промежутки между интервалами);
- Интервалы документации перекрываются между собой
- Первый интервал начинается не с 0 м;
- Первая глубина замера не начинается с 0м в файле инклинометрии;
- Несколько записей инклинометрии для одной и той же глубины;
- Величина азимута не находится в пределах от 0 до 360 градусов в файле инклинометрии;
- Общая глубина скважины меньше, чем глубина опробования или документации;
- Глубина замеров инклинометрии меньше, чем общая глубина скважины.



### 3.2 Моделирование гидротермально-метасоматических изменений в трехмерной среде

На сегодняшний день все большую популярность набирает условное моделирование (англ. Implicit modelling).

Условное моделирование представляет собой автоматизированное, а самое главное – быстрое, создание каркасов в трехмерной среде, таких как модель минерализации на основе данных аналитических исследований на содержание полезного компонента, разломы и гидротермально-метасоматические изменения пород, непосредственно на основе геологических данных.

Явное моделирование (англ. Explicit modelling), считавшееся «традиционным» ручным методом создания каркасов и оцифровки, теряет популярность.

Основным методом условного моделирования являются радиальные базисные функции (англ. - RBF), однако у них есть свои ограничения.

Для обработки информации Баз Данных применялось программное обеспечение Leapfrog Geo.

Leapfrog Geo предлагает усовершенствованные инструменты FastRBF, революционный алгоритм которых позволяет невероятно быстро работать с очень большими наборами данных.

Построение 3D-модели гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь проводилось с помощью модулей построения геологических моделей и модуля интерполянтов.

За основу для создания модели изменений были взяты общепризнанные классические схемы гидротермально-метасоматической зональности медно-порфировых систем Дж. Дэвида Лоуэлла и Джоном Гилберта в 1970г. (Рисунок 3), а также усовершенствованная позже, в 1975г., схема Ричарда Силлитоу (Рисунок 4).

### 3.3 Результаты исследований

В результате исследования минерального состава пород с помощью ИК-спектromетрии и трехмерного моделирования определены следующие типы гидротермальных изменений:

*Щелочная стадия метасоматоза (англ. Potassic alteration - калишпатизация):* Калиевые изменения - представлены на месторождении Бозшаколь довольно широко. В среднекислых интрузивах она выражается в виде развития калиевого полевого шпата по массе (Рисунок 10) и прожилкам.

## Калишпатизация



Рисунок 10 Калишпатизация по массе скв 053

В эффузивах основного состава КПШ развит значительно слабее, в основном в зонах интенсивных калиевых изменений вблизи контакта с интрузивом. Основным проявлением калиевых изменений в эффузивах является развитие биотита по массе. Биотит очень тонкодисперсный и сложно диагностируется макроскопически, но хорошо определяется в прозрачных шлифах. Меньшим распространением пользуются хлорит, развивающийся по биотиту, эпидот, пренит, альбит. Из рудных минералов преобладают пирит, магнетит, халькопирит, реже молибденит. Характерной особенностью метасоматитов этой стадии является их повышенная магнитная восприимчивость, возникшая в результате развития магнетита.

В ИК-спектре калиевые изменения сложно диагностируются, что связано со слабой активностью в ИК-спектре минералов, слагающих ее.

Зоны калиевых метасоматитов, слабо затронутые кислотной стадией метасоматоза, выделяются по преимущественно фенгитовой разности серицита (признак поглощения белых слюд больше 2210 нм) и магнизиальной разностью хлорита, развитого по биотиту.

*Кислотная стадия метасоматоза (англ. Phyllic alteration - серицитовые изменения, березитизация):* Основная зона серицитовых изменений расположена в виде полосы мощностью 150-200 м в южной части месторождения, однако в той или иной степени она проявлена на всей территории Восточного участка месторождения и накладывается на метасоматиты щелочной стадии.

Минеральный состав этой зоны изменений варьирует в зависимости от степени проработки и состава первичного протолита. В участках слабой проработки преобладает хлорит, в меньшей степени развит серицит и карбонат. При умеренной и интенсивной проработке, особенно субвулканических пород, серицит начинает преобладать над хлоритом, вплоть до образования кварц-серицитовых метасоматитов с примесью хлорита (по эффузивам). Среди рудных минералов сильно преобладает пирит, реже встречается халькопирит.

Молибденит приурочен преимущественно к субвулканическим породам, но встречается и в эффузивах. Помимо этого, в участках интенсивной проработки отмечается повышение содержания золота.

Следует понимать, что при использованной в рамках данной исследовательской работы сети наблюдений (сеть скважин 100x50 м с зазорами спектра через 5 м) полученная модель отражает лишь общие закономерности в распространении метасоматических изменений и требует дальнейшей детализации, в ходе которой могут быть выявлены значительные вариации в составе метасоматитов. В частности, при геологической документации выделялись маломощные (3-7 м) зоны изменений, которые могут быть не учтены в данной модели. Модель может быть существенно улучшена путем добавления данных эксплорационных выработок по ходу эксплуатации месторождения.



Рисунок 11 Березитизация по массе скв. 119

*Пропилитовые изменения (англ. Propilitic alteration)*

Данному типу изменений подвержены вмещающие эффузивы. Типичные вторичные минералы — это эпидот, хлорит, карбонаты. Сульфиды представлены редко рассеянной вкрапленностью пирита. Данная стадия метасоматоза самая поздняя и характеризуется циркуляцией низкотемпературных ( $>150^{\circ}\text{C}$ ) метеорных вод, подогретых остывающим штоком гранодиоритов.



Рисунок 12 Пропилитовые изменения скв. 301

В

спектрометрии, в программном обеспечении Leapfrog Geo была построена трехмерная каркасная модель выделенных гидротермально-метасоматических изменений (Рисунок 13).

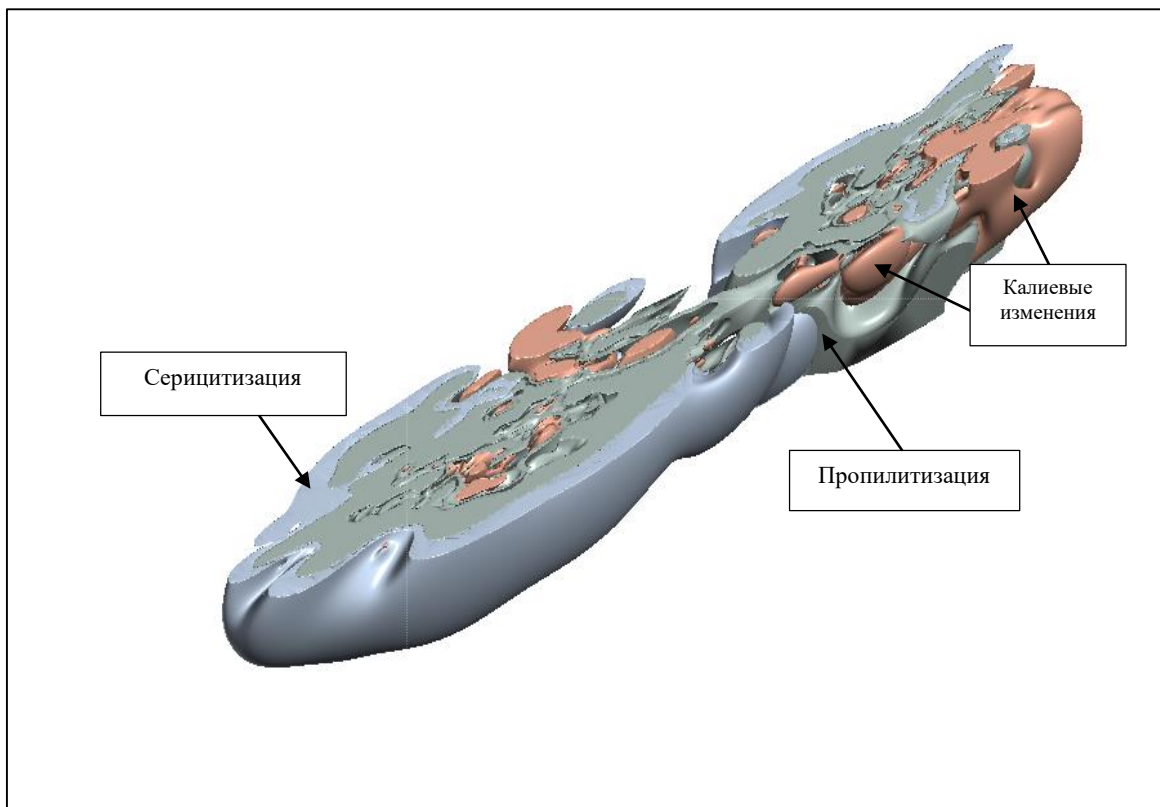


Рисунок 13 Трехмерная модель эмпирической модели гидротермально-метасоматической модели месторождения Бозшаколь

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав гидротермально-метасоматическую модель месторождения Бозшаколь, можно сделать вывод о многофазности внедрения позднеордовикского гранодиоритового штока, ядро которого сложено синрудными полевошпатовыми изменениями, которые в свою очередь несут основную часть Cu-Mo-Au минерализации, а также вторичный магнетит. От центра к периферии промежуточное положение занимают березиты (серицитовые изменения). Крайнее положение занимают пострудные пропилитовые изменения (Рисунок 15, Рисунок 17). Аналогичная схема зонального строения была впервые предложена Дэвидом Лоуэллом и Джоном Гилбертом в 1970г. (Рисунок 14).

Как видно из Рисунок 17 зональное строение месторождения Бозшаколь не всегда подчиняется типичной рудно-метасоматической обобщённой схеме, разработанной Ричардом Силитоу. Данная разница объясняется несколькими факторами:

- Состав вмещающих пород играет немаловажную роль в процессе формирования той или иной медно-порфировой системы.
- Зачастую более поздние процессы метасоматоза накладываются на более ранние изменения. В данном случае четко прослеживается наложение пропилитов на КПШ изменения.
- Структурный контроль также играет важную роль в процессе циркуляции флюидов. А также зачастую более поздние тектонические подвижки могут смещать рудные тела. Пример месторождения Сан Манюель, где региональный разлом сместил верхнюю часть месторождения на 3км ЮЗ(San Manuel-Kalamazoo штат Аризона). Либо опрокинутое месторождение Рей (Rey штат Аризона) где вертикальная схема Силитоу расположено горизонтально.

В заключение следует отметить, что современная концептуальная модель медно-порфирового комплекса характеризует механизмы формирования рудной минерализации, качественные показатели содержаний полезных компонентов, степени выветрелости и изменения пород.

Такая модель служит основой для анализа генезиса медно-порфировых систем и выбора направления геологоразведочных работ, а также для долгосрочного и краткосрочного планирования горных работ и переработки руды. 3D моделирование — это прежде всего инструмент, который позволяет эффективно визуализировать и интерпретировать геологические данные с наименьшей затратой финансовых средств и времени. Примерами крупных медно-порфировых проектов, успешно реализовавших трехмерное комплексное моделирование, включающее геологические, минерализованные домены, а также атрибуты степени выветривания и гидротермальных изменений, являются месторождения Альпала (Эквадор), Удокан (Россия), Бозшаколь, Актогай (Казахстан), Алмалык (Узбекистан).

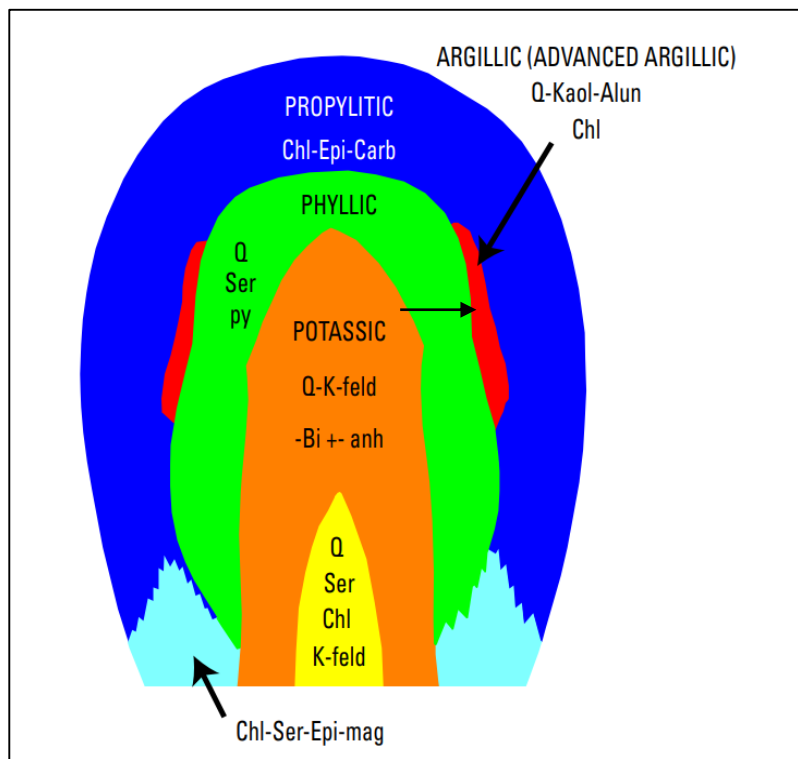


Рисунок 14 Схематический разрез гидротермальных изменений Дж. Дэвидом Лоуэллом и Джоном Гилбертом в 1970г.

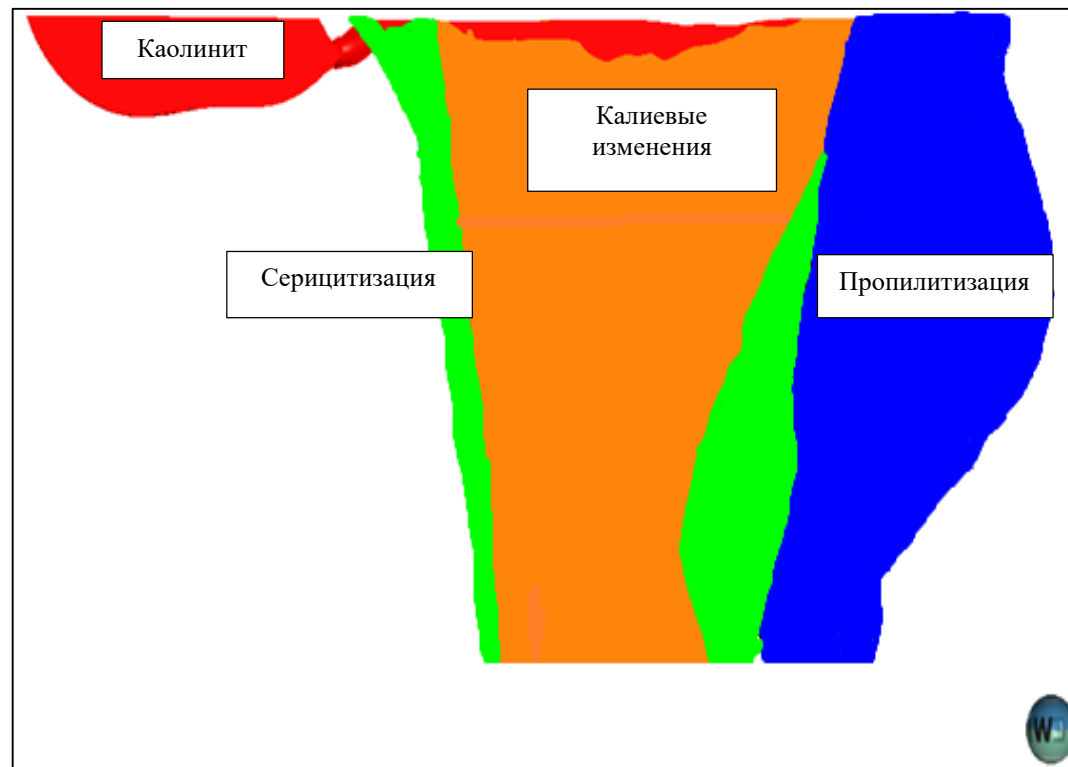


Рисунок 15 Рудно-метасоматическая зональность месторождения Бозшаколь



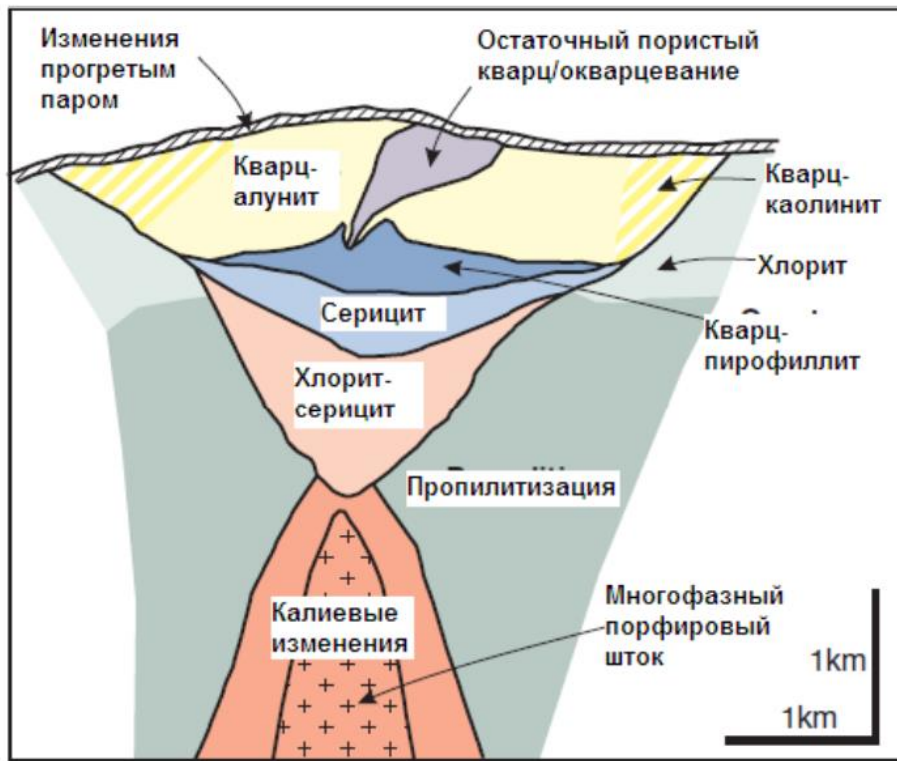


Рисунок 17 Обобщенная рудно-метасоматическая зональность медно-порфировых систем Р.Силлитой (Sillitoe 2010)

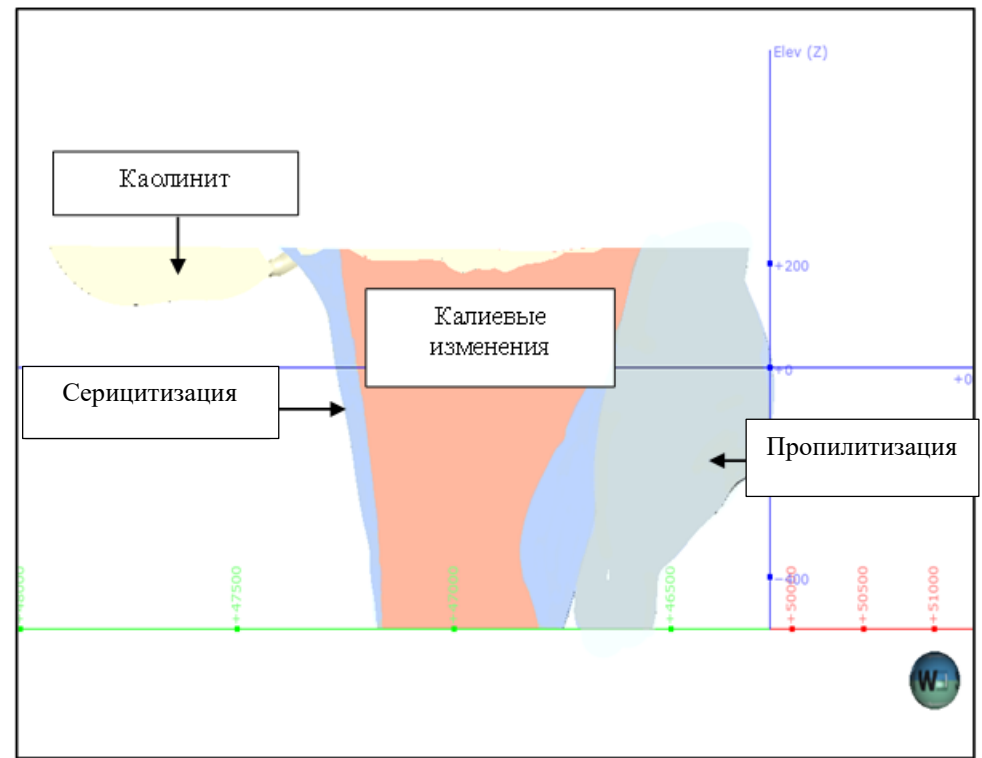


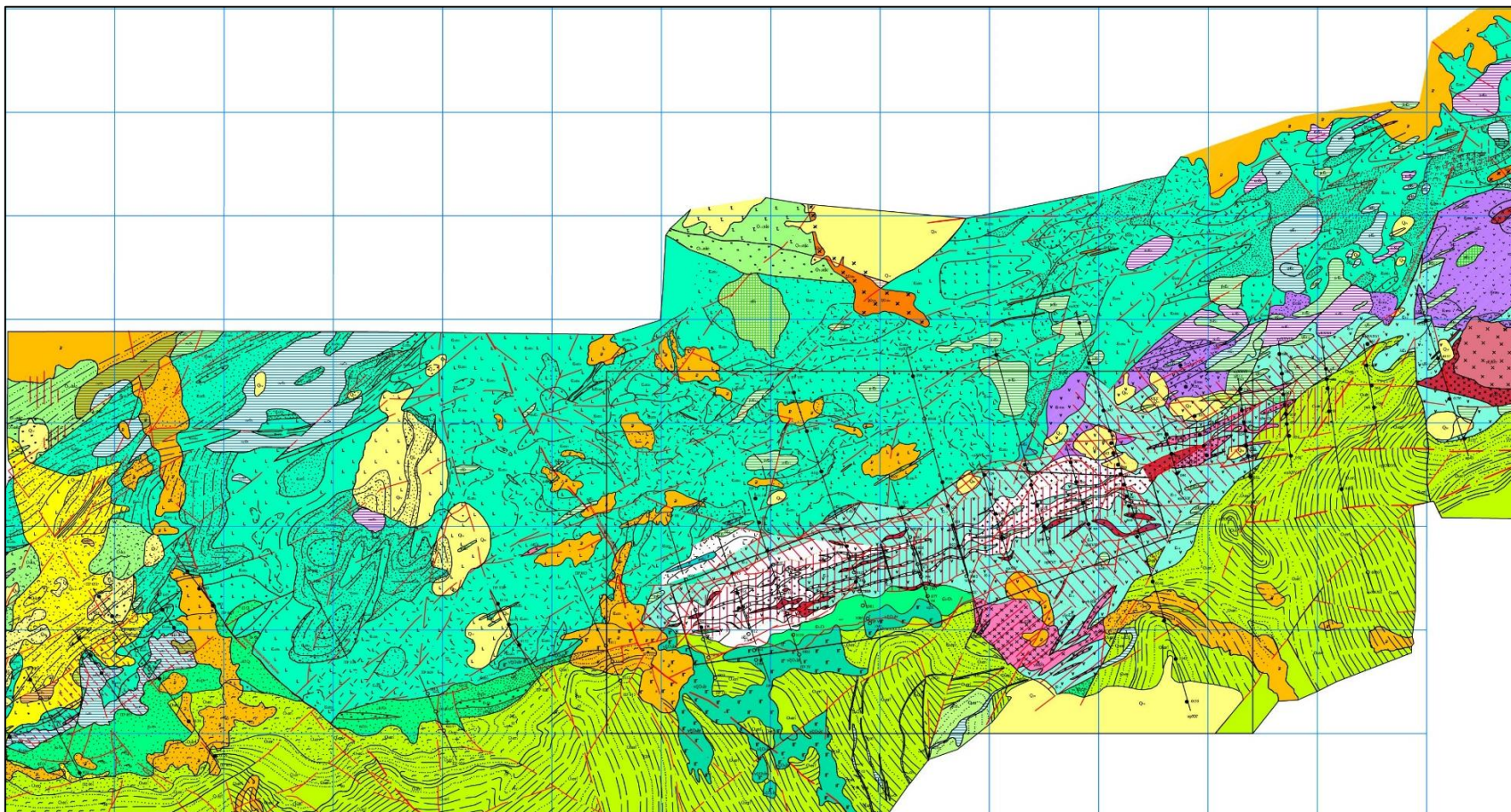
Рисунок 17 Рудно-метасоматическая зональность месторождения Бозшаколь



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits, J. David Lowell; John M. Guilbert. *Economic Geology* (1970)
2. Sillitoe R.H. *Porphyry Copper Systems*. Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, v.105, 2010.
3. Таран А.Н., Седач Ф.П. и др. Отчёт Западно-Бошсекульской партии за 1974-78 гг. Майкаинская ГРЭ, 1978.
4. Жуков Н.М., Филимонова Л.Е. и др. Минералогия и метасоматиты месторождения Бозшаколь (№24). Отчёт института геологических наук им. К.И. Сатпаева АН Каз. ССР, 1979.
5. Л.Е. Герцен, Жуков Н.М. и др. Отчет «Минералогия и метасоматиты медно-порфирового месторождения Бозшаколь, предварительные исследования минерального состава и околорудных изменений золото-медно-турмалинового месторождения Одак». Алма-Ата, 1991г.
6. Жуков Н. М. Инфильтрационный метасоматизм и природные колонны гидротермалитов. АН КазССР, Ин-т геол. наук им. К. И. Сатпаева. - Алма-Ата : Гылым, 1991
7. Борукаев Р.А., Каюпов А.К., Ляпичев Г.Ф., Мирошниченко Л.А. Тектоническое и металлогеническое районирование Восточного Казахстана. Вестн. АН КазССР, 2014.
8. Дресвянников М.А., Шевкунов А.Г., Музыка М.И., Отчет «Научно-исследовательская работа по изучению минералогии и гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь в инфракрасном спектре», ТОО «Kazakhstan Mineral Company» (Казахстан Минерал Компани) Алматы, 2019.
9. Плюснева И.И. Инфракрасные спектры минералов. М. Изд-во Моск. Ун-та, 1976.
10. Скочиллов Р.А., Фишман А.И., Иванов А.А., Носков А.И., Ремизов А.Б. Определение минерального состава пород методом ИК-спектроскопии. Вестник Казанского Технологического Университета, 2011.
11. А.А. Абдулин, А.К. Каюпов и др. Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд меди. Ред. колл. Алма-Ата, «Наука» Каз. ССР, 1978.
12. Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Абдулин А.А. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. В 3 томах. Том 1. Глубинное строение и геодинамика. Алматы, 2002.
13. Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Абдулин А.А. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. В 3 томах. Том 2. Металлогения. Алматы, 2002.
14. Колесников В.В., Жуков Н.М., Солодилова В.В., Филимонова Л.Е. и др./ Медно-порфировые месторождения. Серия: Балхашский сегмент Алма-Ата: Наука, 1986.

## Приложение А



Геологическая карта месторождения Бозшаколь

Масштаб 1: 25000

Мягченко А.В., Грязнов Р.В., 2013 г.

# Приложение Б

## Условные обозначения к геологической карте

<p><b>Четвертичная система</b></p> <p><b>Q<sub>IV</sub></b> Голем. Овдое и озерно-ледниковые пески, суглинки, суглики</p> <p><b>Q<sub>III-IV</sub></b> Верхний шайбестан-глоцел. Дельтаовально-пронизанные суглинки, суглики, лоссы, лессовидки</p> <p><b>Q<sub>III</sub></b> Средней-верхней шайбестан. Дельтаовально-суглики отложения прибрежных заливов, обваловые пески с горнозатона гравеликом, суглинки, суглики, дельтаовальные коллювиальные галлы</p>	<p><b>Палеогеновая система</b></p> <p><b>P</b> Верхний олигоцен. Глиеники, конгломераты, суглинки, галлы, кварцевые песчаники и брекчи</p>	<p><b>Ордовикская система</b></p> <p><b>O<sub>4-5</sub></b> Средний отдел. Лавандийская-харловская ярусы. Флиаги, кремнистые алевролиты и песчаники, конгломераты, гравелисты, песчаники и алевропесчаники, известняковые песчаники, алевролиты. Субвулканические риолиты, АФ</p>	<p><b>λФO</b> Субвулканические риолиты</p>	<p><b>O<sub>4-5</sub></b> Верхняя часть. Песчаники, прослойки гравелистов и конгломератов</p>	<p><b>O<sub>4-5</sub>er<sup>1</sup></b> Нижняя подсадка. Верхняя явца. Алевролиты с прослойками алевропесчаников, известняковых песчаников, мелко-среднезернистых песчаников</p>	<p><b>O<sub>4-5</sub>er<sup>2</sup></b> Нижняя подсадка. Нижняя явца. Флиаги, кремнистые алевролиты и песчаники, конгломераты, гравелисты, песчаники, алевропесчаники, прослойки известняковых песчаников</p>	<p><b>O<sub>4-5</sub>ks</b> Средний отдел. Лавандийской ярусы. Косюльская свита. Туфогенные песчаники, алевролиты, конгломераты, гравелисты с прослойками известняковых алевролитов и алевропесчаников. Субвулканические андезиты, АФ</p>	<p><b>O<sub>4-5</sub>ks</b> Нижний-средний отделы. Аренисей-шайбарской(?) ярусы. Аландская свита. Конгломераты, гравелисты, туфогенные песчаники, алевролиты, прослойки туфов трахитоидного состава. Субвулканические риолиты, АФ, трахитоиды, АФ, трахитоиды, АФ</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Верхний отдел. Кембрийской системы-нижний отдел ордовикской системы Кувандицкая свита пертурбуированной серии. Косюльская известняковая песчаники с линзами и прослойками алевролитов, известняков, туфогенных конгломератов, трахитоидов, ридиты базальты</p>	<p><b>Кембрийская система</b></p> <p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Средний отдел. Антисейский ярус. Верхняя подсадка. Туфогенные конгломераты, гравелисты и песчаники, алевролиты и кремнистые алевролиты, прослойки базальтов и их туфов</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Базальтовые брекчи жерновой фации (β), субвулканические базальты (β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>), андезиты (α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>), дициты и лавовые брекчи дицитом (Ф), андезито-дициты (АФ), ридиты (АФ), ридиты (АФ), ридиты (АФ)</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Нижняя подсадка. Туфогенные гравелисты и песчаники, кремнистые алевролиты, туфиты, ридиты, мелкозернистые-среднезернистые базальты, андезитовые, андезитово-песчаники и известняково-песчаники туфы базальтового состава. Базальты (β), андезиты (α, андезито-дициты (АФ), дициты (Ф), ридиты (АФ) и субвулканической фации</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Нижний-средний отделы. Базальты, андезито-базальты и их туфы с редкими прослойками туфогенных песчаников. Базальты жерновой и субвулканической фации (β)</p>	<p><b>β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>, Es<sub>1-2</sub>, β<sub>2</sub></b> Базальты и лавовые брекчи базальтов жерновой фации (β). Субвулканические базальты (β<sub>1</sub> для диабазы (β<sub>2</sub>))</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Верхняя явца. Миксальские и массивные лобкобазальты, их туфы, прослойки вулканических песчаников</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Нижняя явца. Миксальские и массивные ироновские базальты, их туфы, прослойки вулканических песчаников</p>	<p><b>Es<sub>1-2</sub></b> Нижний(?) отдел. Майковская свита. Песчаники, туфогенные песчаники, туфиты, кремнистые породы, редкие прослойки явцы, лавы и туфы дицитом, андезито-дицитом, андезитом. Субвулканические риолиты, ридиты (А), дициты (Ф), песчаники (α)</p>	<p><b>Интрузивные образования</b></p> <p><b>v<sub>1-2</sub>O<sub>1-2</sub></b> Жадковская иероноповская интрузивный комплекс. Субвулканические и пачочные габбро</p>	<p><b>O<sub>1-2</sub></b> Жадковская ордовикской интрузивный комплекс. Мелко-среднезернистые сивиты (ξ), лавы сивит-порфирит (ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub>)</p>	<p><b>Бошакский среднекембрийский интрузивный комплекс</b></p> <p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Гранный массив Бошакского интрузива. Мелкозернистые габбро (ξ<sub>1</sub>), мелкозернистые диориты (ξ<sub>2</sub>), средне-крупнозернистые гранодиориты (ξ<sub>3</sub>), порфиритовые граниты (γ<sub>1</sub>), мелкозернистые граниты (γ<sub>2</sub>), трахитоиды-порфириты (γ<sub>3</sub>)</p>	<p><b>Интрузивы Южно-Ковровского массива и Южно-Майковские интрузивы.</b> <b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Равнин среднекембрийский интрузивный комплекс. Мелкозернистые диориты и диорит-порфириты (ξ<sub>1</sub>), габбро-порфириты (ξ<sub>2</sub>)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Равнин среднекембрийский интрузивный комплекс. Мелкозернистые диориты и диорит-порфириты (ξ<sub>1</sub>), габбро-порфириты (ξ<sub>2</sub>)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Конгломераты (α), туфогенные конгломераты (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Гравелисты (α), песчаники с гравелистыми матрицами (б), крупнозернистые песчаники (в)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Массивные, слоистые (б), туфогенные (в) преимущественно мелкозернистые песчаники</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Алевропесчаники (α), алевролиты (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Известняки (α), известняковые прослойки известняков и известняковых (песчаников) при известняковом изображении (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Кремнистые породы (α), песчаники с линзами и прослойками кремнистых пород (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Дициты</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Туфы трахитоидного состава</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Андезиты (α) и их туфы (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Трахитоиды</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Роговообъемные-проклевочные миксальские и массивные базальты (α), туфобазальтовые литостатические туфы и туфоконгломераты (б), мелкозернистые андезиты-песчаники (γ), мелкозернистые андезиты-песчаники (γ<sub>1</sub>)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Базальты и лавовые брекчи базальтов жерновой (α) и субвулканической (б) фации, субвулканические андезиты, андезито-дициты (α), дициты, ридиты, ридиты (γ)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Дайки субвулканических базальтов и диабазов (α), андезитов (б), андезитов кислого состава (в) при известняковом изображении</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Средне-крупнозернистые гранодиориты (α), порфиритовые гранодиориты (б), мелкозернистые граниты (γ), трахитоиды-порфириты (γ<sub>1</sub>)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Порфиритовые талькиты (α) и талькит-порфириты (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Мелкозернистые порфиритовые диориты</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Мелко-среднезернистые сивиты (α), сивит-порфириты (б)</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Субвулканические и пачочные габбро</p>	<p><b>ξ<sub>1</sub>, ξ<sub>2</sub></b> Габбро, габбро-порфириты (α), они же при известняковом изображении (б)</p>	<p><b>● 064</b> Покосные скважины отчетного периода</p>	<p><b>○ 1031</b> Покосные скважины предыдущих лет</p>	<p><b>● 667</b> Картеровые скважины предыдущих лет</p>	<p><b>К-1</b> Капны отчетного периода</p>	<p><b>□</b> Контур геологической карты месторождения Бошак. масштаб 1:5000</p>	<p><b>Рудно-метасоматические образования</b></p>	<p><b>К</b> Порфиритовые прожилки южных частей Бошакского и южно-бошакского штокверков, южно-бошакской зоны расщелинной кварцевания</p>	<p><b>К</b> Катленые метасоматиты, березиты и кварц-серпентиновые метасоматиты с мелко-мелкозернистым оруденением внутренних частей рудных штоков</p>	<p><b>К</b> Штокверк минерализованных (α) и рудных безрудных (б) кварцевых прожилков центральных частей рудных штоков ("кварцевые ядра"), кварцевые явцы (в)</p>	<p><b>К</b> Калцитизированные породы</p>	<p><b>К</b> Прогнитизированные и калцитизированные породы с неравномерно распределенными тонкими кварц-серпентиновыми метасоматитами и расщелинной кварцеванной участком Майков и Южный Бошак</p>	<p><b>К</b> Фронитизированные породы с неравномерно участками кварц-серпентиновых метасоматитов, одновременно порфиритов и лавовых разностей южно-бошакской кварцеванной (выщелоченной и порфиритической зоны северного мелко-порфиритового оруденения)</p>	<p><b>К</b> Участки прожилкованной порфиритизации южного геотектонического типа</p>	<p><b>К</b> Гидротермально-экзотические брекчи</p>	<p><b>К</b> Штокверк рудных кварц-экзотических и калцитизированных прожилков</p>	<p><b>К</b> Ортогвоиновые породы с прожилкованием развитых актинолитов</p>	<p><b>К</b> Участки распространения базальтов с кварцевым выщелочением мидоидов</p>	<p><b>К</b> Кварц-пренит-мусковит-слюда-альбитовые метасоматиты</p>	<p><b>К</b> Кварц-хлорит-пидоитовые и кварц-актинолит-хлорит-пидоитовые метасоматиты</p>	<p><b>К</b> Граниты разнозернистых геологических образований, литологических лент, слоев (α), известняковых пород (б) между интрузивными образованиями (в)</p>	<p><b>К</b> Граниты распространения метасоматических образований (α-постинтрузивные, β-постинтрузивные)</p>	<p><b>К</b> Крупные разломы (α), разрывные нарушения с незначительной амплитудой смещения и протяженности (б)</p>	<p><b>К</b> Наклоновые (α) и горизонтальные (б) залежные слои</p>	<p><b>К</b> Контур отчетного карьера</p>
--	--	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	--	--	--	---	---	--	---	--	--	---	--	---	--	---	---	---	---	--	--	--	---	--	--	--	---	---	---	---	--	---	--	--	---	---	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	--	--	---	---	---	--



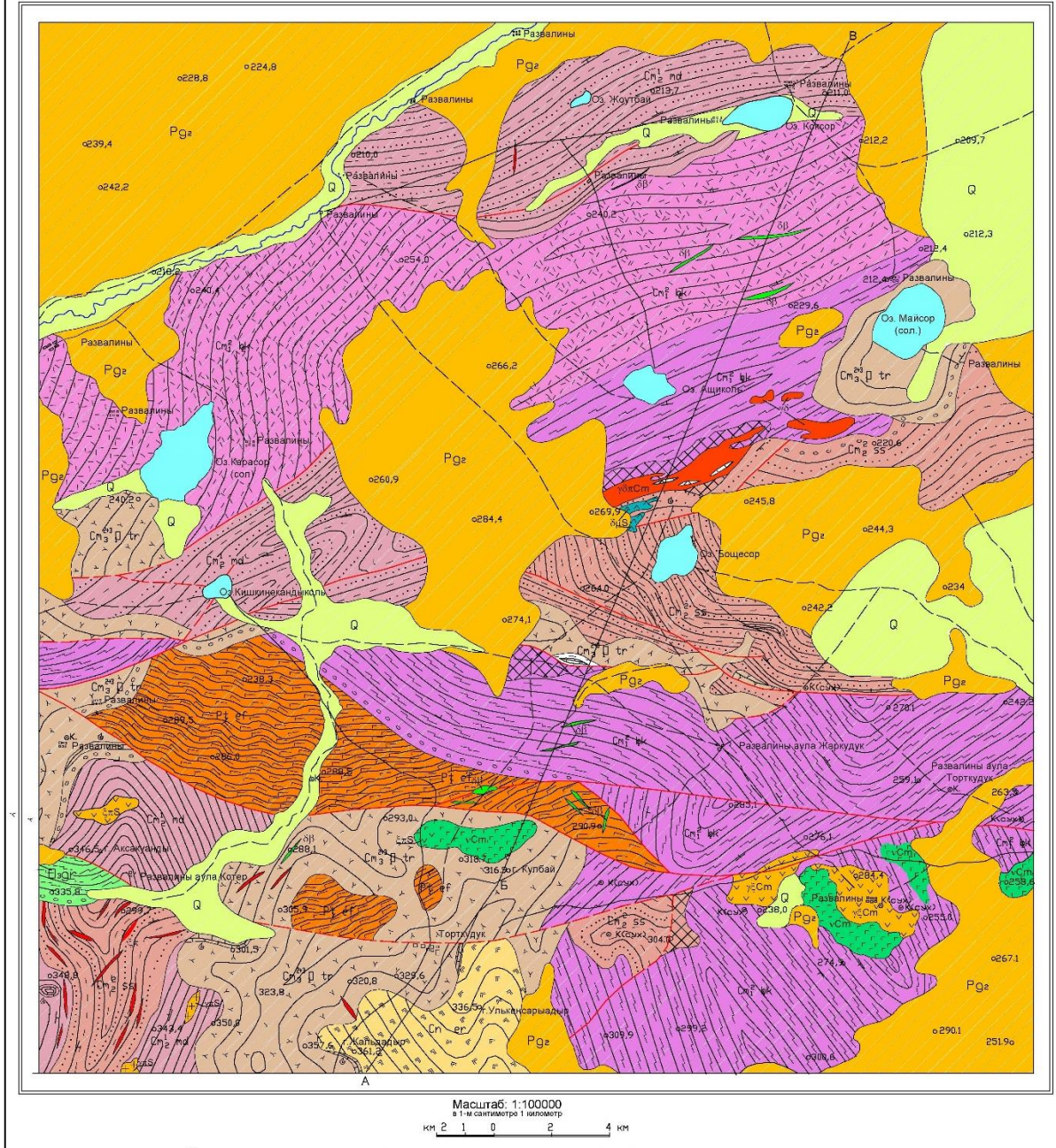
# Приложение В

## СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЩЕКУЛЬ

Лист М-43-5 (ТОРТУДУК)

Составил Р.А. Борукаев и др.



Структурно-геологическая карта месторождения Бозшаколь

Масштаб 1: 100000

Борукаев Р.А., 2014 г

# Приложение Г

## Условные обозначения к структурно-геологической карте

Четвер- тичная система		Нерасчлененные отложения
Третья система		Эоцен. Светлые пески, кремнистые песчаники с флорой
Средне- каменно- угольная система		Жерсурская свита. Порфириды и лавы базальтового состава, кварцевые порфириды, туфы, песчаники, конгломераты, линзы известняка.
Каменно- угольная система		Торткудукская свита. Роговообманковые и пироксеновые порфириды, плагиопорфириды, туфы, яшмы, известняки, песчаники, конгломераты.
		Саянско-Саянская свита. Кремнистые сланцы, алевролиты, песчаники, конгломераты, линзы известняков.
		Мойданская свита. Яшмы, песчаники, алевролиты, прослой порфиридов и туфов, линзы известняков.
		Боцекульская свита. Верхняя подсвита. Кератофиры, трахитовые и кварцевые порфириды, альбитофиры, туфы, туфолесчаники, красноцветные песчаники, алевролиты и яшмокарциты.
		Боцекульская свита. Нижняя подсвита. Спилиты, диобазовые порфириды, туфы и туфолесчаники, зеленчатые полимиктовые песчаники, сланцы, алевролиты, яшмы.
Протеро-Синий- зловская группа		Еременьинская серия. Хлоритовые сланцы, известняки, яшмы, кварциты, порфиридоиды, туфы.
Силурийский интрузивный комплекс		Ефимовская свита. Амфиболиты, актинолитовые и кварцево - актинолитовые сланцы, порфиридоиды.
		Гранит-порфиры. Сиенит-порфиры.
Раннекаменно- угольный интрузивный комплекс		Диорит-порфириды, диобаза.
		Гранодиорит-порфиры.
		Плагиосиениты и граносиениты.
Дайки разных возрастов		Габбро.
		Гранит-порфиры. Сиенит-порфиры.
Седimentary formations		Микродиориты. Диорит-порфириды.
		Конгломераты.
		Песчаники.
		Известняки.
Volcanic formations		Алевролиты.
		Кремнистые сланцы, яшмы, кварциты.
		Эффузивы преимущественно кислого состава.
Metamorphic formations		Эффузивы преимущественно среднего состава.
		Эффузивы преимущественно основного состава.
		Порфиридоиды.
Intrusive formations		Амфиболиты.
		Граниты и гранит-порфиры.
		Гранитоиды и гранодиорит-порфиры.
Dikes		Граносиениты, плагиосиениты и сиенит-порфиры.
		Диориты, диоритовые порфириды, диобаза.
		Габбро.
Structural features		Дайки кислого состава.
		Дайки среднего состава.
		Гидротермально- измененные породы.
Other features		Структурные линии.
		Швы Разрывных нарушений.
		Элементы залегания пород.
Miscellaneous		Места сбора ископаемой фауны.
		Высотные отметки поверхности



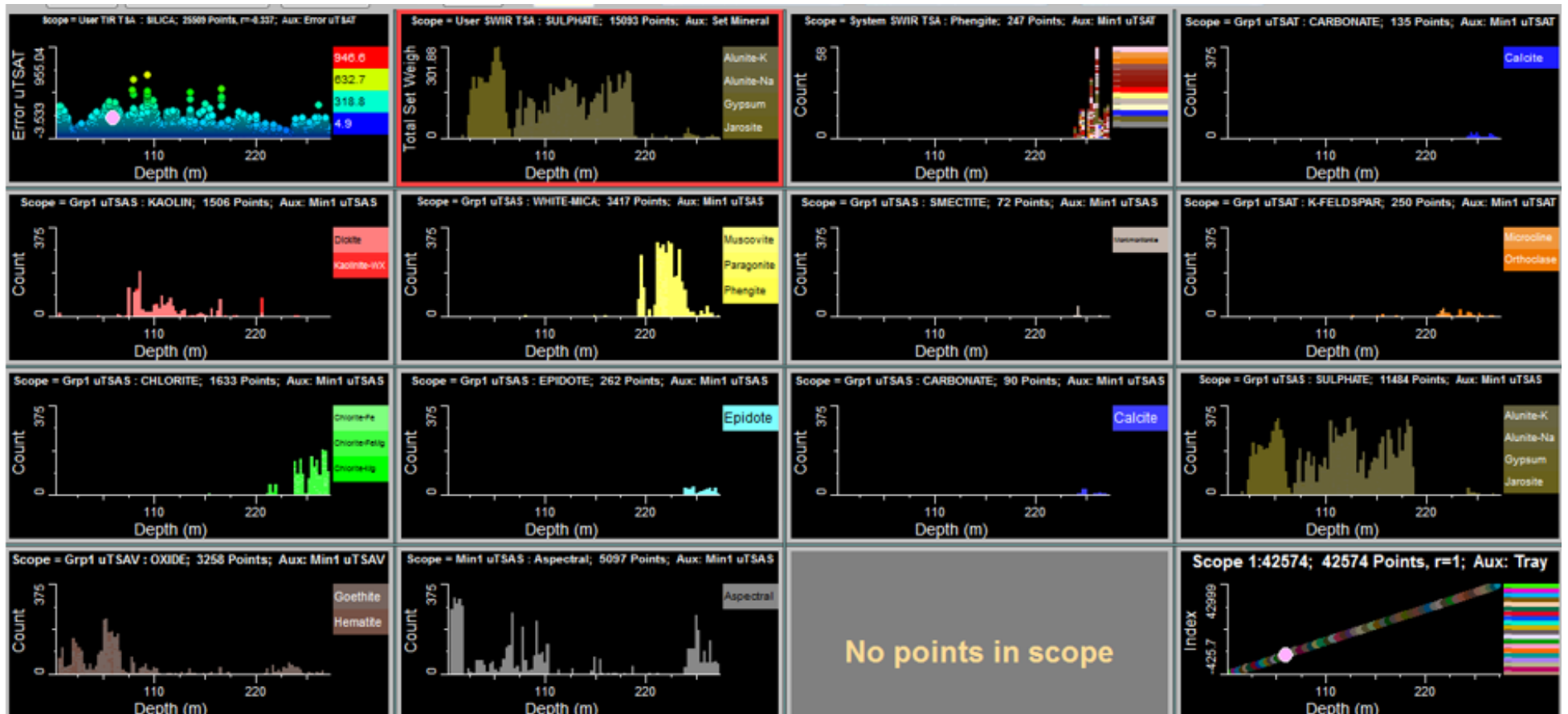
## Приложение Д

Характеристика основных типов метасоматических преобразований в меднопорфировых системах («Sillitoe - 2010 - Porphyry Copper Systems»)

Вид изменений (English)	Пространственное положение в системе	Основные минералы	Возможные аксессуарные минералы	Основные сульфидные ассоциации (подчиненные)	Жилы, одновременные процессу изменений	Окаймление жил	Экономический потенциал
Натрий-кальциевое (Sodic-Calcic)	Глубоко, иногда глубже уровня МП месторождений	Альбит, олигоклаз, актинолит, магнетит	Диопсид, эпидот, гранат	Обычно отсутствуют	Магнетит, актинолит (тип М)	Альбит, олигоклаз	За исключением редких случаев - безрудные
Калиевые (Potassic)	Ядро (центральная зона) МПС	Биотит, К-шпат	Актинолит, эпидот, серицит, андалузит, альбит, карбонаты, турмалин, магнетит	Пирит, халькопирит, борнит, халькозин, дигенит	Биотит (тип ЕВ); К-шпат, Кварц-биотит-серицит-К-шпат-андалузит-сульфиды (EDM/T4 тип); кварц-сульфиды±магнетит (А тип); кварц-молибденит-±пирит± халькопирит (В тип)	EDM type с серицитом ± биотитом ± К-шпатом ± андалузитом + вкрапленные халькопирит ± борнит; иногда К-шпат вокруг жил А и В типов	Основной источник руды
Пропилитизация (Propylitic)	Маргинальные части систем, на всех уровнях ниже поверхностного	Хлорит, эпидот, альбит, карбонаты	Актинолит, гематит, магнетит	Пирит (иногда сфалерит и галенит)	Пирит, эпидот		Безрудный за исключением субэпитермальных жил
Хлорит-серицитизация (chlorite-sericite)	Верхние части центральных частей (распространена в золотопорфировых м-ниях)	Хлорит, серицит, иллит, гематит (мартит, спекулярит)	Карбонаты, эпидот, смектит	Пирит-халькопирит	Хлорит ± серицит ± сульфиды	Хлорит, серицит/иллит	Обычно рудный
Березитизация (phyllitic)	Распространен в верхних частях МПС	Кварц, серицит	Пирофилит, карбонаты, турмалин, спекулярит	Пирит±халькопирит, (пирит-энаргит±теннантит, пирит-борнит±халькозин, пирит-сфалерит)	Кварц-пирит ± другие сульфиды (тип D)	Кварц-серицит	Иногда содержит рудные концентрации
Вторичные кварциты (advanced argillic)	Поверхностные части МПС	Кварц (иногда кавернозный, пористый), алунит, пирофиллит, дикит, каолинит	Диаспор, андалузит, зуннит, корунд, дюмортьерит, топаз, спекулярит	Пирит-энаргит, пирит-халькозин, пирит-ковеллин	Пирит-энаргит ± сульфиды меди	Кварц-алунит, кварц-пирофиллит/дикит, кварц-каолинит	Иногда содержит руду при поверхности и корневых частях зоны

## Приложение Е

Пример отображения интерпретации спектров исследуемых минералов в программе TSG



## 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:** Далеева Е.С.

**Название:** Моделирование гидротермально- метасоматической зональности месторождения Бозшаколь

**Научный руководитель:** Бекботаева Алма Анарбековна

**Коэффициент подобия 1:** 1,5

**Коэффициент подобия 2:** 0,6

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 10

**Интервалы:** 0

**Белые знаки:** 0

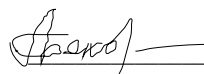
**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, являются законными и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

### Обоснование:

Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. Обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

20.05.2022  
Дата

  
Бекботаева А.А.  
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:** Далеева Е.С.

**Название:** Моделирование гидротермально- метасоматической зональности месторождения Бозшаколь

**Научный руководитель:** Бекботаева Алма Анарбековна

**Коэффициент подобия 1:** 1,5

**Коэффициент подобия 2:** 0,6

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 10

**Интервалы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, являются законными и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

**Обоснование:**

Диссертация подготовлена самостоятельно, признаков плагиата не обнаружено. Работа допускается к защите.

20.05.2022

Дата



Бекботаева А.А.

Подпись заведующего кафедрой ГСПиРМПИ

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

*Дипломный проект допускается к защите.*

20.05.2022

Дата



Бекботаева А.А.

Подпись заведующего кафедрой ГСПиРМПИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

**ОТЗЫВ**

**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

Далеевой Екатерины Сулейменовны

7М07206 – «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»

Тема магистерской диссертации: «Моделирование гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь»

Диссертационная работа Далеевой Е.С. посвящена изучению гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь и построению соответствующей трехмерной модели. В основу исследовательской работы положен богатый фактический материал и результаты современных методов инфракрасной спектроскопии для изучения вещественного состава пород.

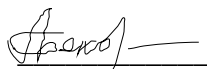
Работа состоит из трех глав и соответствующих подглав, наглядно оформлена, включает список использованной литературы.

Тема диссертации актуальна. В ней описана работа с современными приборами и технологиями, позволяющими качественно и быстро производить анализ вещественного состава пород, а также оперативно интерпретировать полученную информацию.

Значимость диссертации заключается в актуальности предложенного вида экспресс-анализа с целью изучения минерального состава медно-порфирового комплекса, выбора направления геологоразведочных работ, а также для долгосрочного и краткосрочного планирования горных работ и технологической переработки руды.

Данная магистерская диссертация написана грамотно, заслуживает высокой оценки, а автор – академической степени магистра технических наук по специальности 7М07206 – «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

Научный руководитель  
Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ, доктор  
PhD, ассоциированный профессор

 А.А.Бекботаева

« 10 » июня 2022г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Далеевой Екатерины Сулейменовны

7M07206 – «Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых»

Тема магистерской диссертации: «Моделирование гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь»

Рассматриваемая диссертационная работа Далеевой Е.С. посвящена изучению гидротермально-метасоматической зональности с помощью современных инструментов анализа вещественного состава пород и построению соответствующей трехмерной модели.

В целом, стоит отметить, что среди характерных признаков медно-порфировых месторождений гидротермально-метасоматические изменения являются одним из основополагающих с точки зрения распределения полезного компонента и являются важным поисковым признаком.

Отмечается, что автор глубоко изучил общепринятые концепции распределения такого рода зональности, разработанные западными исследователями.

Из изложенного материала видно, что проделана большая работа по сбору фактического материала непосредственно с места добычных работ – Бозшакольского горно-обогатительного комбината, и проведен анализ шламовых и керновых проб. За основу взяты материалы подрядных организаций КМК («Казахстан Минерал Компани») и SRK Consulting, занимавшихся подобными исследованиями ранее на данном месторождении.

Модель гидротермально-метасоматической зональности месторождения Бозшаколь была создана с помощью современных методов исследований, обработки данных и использования ГИС-технологий.

Положительно отмечаю умение магистранта Далеевой Е.С. работать в трехмерных программах, что является полезным навыком для более обширного визуального восприятия представленной геологической информации по изучаемому месторождению.

Автором была поставлена задача изучить и сопоставить модель изменений со всемирноизвестными концептуальными моделями. Из заключения видно, что магистрант понимает стадии образования гидротермально-метасоматических изменений и последующие механизмы геологических процессов, оказывающих влияние на взаиморасположение изучаемых типов изменений.

Выполненная работа показывает, что магистрант имеет практический опыт и характеризует как сложившегося специалиста, понимающего суть геологических и технологических изысканий, проводящихся в горнодобывающей сфере.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, а также Далеева Е.С. заслуживает присвоения степени магистра.

Диссертационная работа оценивается в «94» баллов.

**Рецензент**

Заведующий лабораторией редких и редкоземельных металлов,  
Института геологических наук им. К.И. Сатпаева,  
PhD



Тогизов Куаныш Серикханович

«18»



2022 г.



## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Далеевой Екатерины Сулейменовны

Магистранта, обучающегося по образовательной программе «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых»

Института «Геологии и нефтегазового дела им.К.Турысова»

Казахского Национального Технического Университета им.К.И. Сатпаева

№ п/п	Наименование	Форма работы	Выходные данные	Объем	Соавторы
1	2	3	4	5	6
<b>Публикации в научных журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки</b>					
1	Позиция и тектонические структуры Алмалыкского рудного поля	Статья	Сборник трудов V Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 105-летию Южного федерального университета, Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, 2020 г. (ISBN 978-5-9275-3736-5) - С. 27-28	2 стр.	Научный руководитель - А.А.Бекботаева, заведующий кафедрой ГСПиРМПИ, доктор PhD, ассоциированный профессор
2	Особенности трехмерного моделирования медно-порфириновых месторождений	Статья	Сатпаевские чтения – 2021.-1 (ISBN 978-601-323-246-1). – Алматы: Satbayev University. - С. 50-54	4 стр.	Научный руководитель - А.А.Бекботаева, заведующий кафедрой ГСПиРМПИ, доктор PhD, ассоциированный профессор

«23» мая 2022 года

Автор



Далеева Е.С.

Заверяю:

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ



Бекботаева А.А.