

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

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

УДК 553.242.4

На правах рукописи

Жақсылықова Жұлдызай Жақсылыққызы

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

**Геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения  
Балажал**

7М07206 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых


Научный руководитель  
к.г.м.н., ассоциированный профессор  
кафедры ГСПиРМПИ



А.А. Жунусов

«09» июня 2022г.

Рецензент  
Доктор PhD, старший научный  
Сотрудник Института геологических  
наук им. К.И. Сатпаева



Р.Т. Баратов

« 15 » мая 2022 г.

Нормоконтролер  
магистр технических наук, лектор



Коккузова М.Н

«17» июня 2022 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ  
ассоциированный

профессор, доктор PhD

А.А. Бекботаева

«17» июня 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

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

7M07206 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ  
ассоциированный профессор,  
доктор PhD



А.А. Бекботаева

«17»июня 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Жақсылықовой Жұлдызай Жақсылыққызы

Тема: Геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения  
Балажал

Утверждена приказом Ректора по Университету № 2028-М от 03.11. 2020 г.,  
№ 1986-М от 20.12.2021 г.

Срок сдачи законченной работы «17» июня 2022 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) изучение геологического строения месторождения
- б) выявить особенности формирования месторождения
- в) определить геолого-структурную позицию месторождения
- г) выделить рудоносные и рудоконтролирующие толщи жильных пород
- д) исследовать минералогические, рудно-метасоматические особенности

Рекомендуемая основная литература:






- 1 Щерба Г.Н., Х.А. Беспяев, Б.А. Дьячков и др. Большой Алтай, Алматы, 2000. -Кн. 2. Металлогения. - 400 с.
- 2 Рафаилович М.С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства / М.С. Рафаилович, М.А. Мизерная, Б.А. Дьячков. - Алматы, 2011. - 272 с.
- 3 Мыслик А.М. Западно-Калбинский пояс // Большой Алтай. Алматы. Кн. 2. 2000.



**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геологическое строение месторождения Балажал	01.02.2022	
Структурно-морфологические особенности месторождения Балажал	03.03.2022	
Вещественный состав золотосодержащих руд месторождения	16.03.2022	
Закономерности распространения золотого оруденения	11.04.2022	
Заключение	18.05.2022	

## Подписи

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

Наименование разделов	Консультанты ФИО (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическое строение месторождения Балажал	Научный руководитель к.г.м.н., ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ А.А. Жунусов	01.02.2022	
Структурно-морфологические особенности месторождения Балажал	Научный руководитель к.г.м.н., ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ А.А. Жунусов	03.03.2022	
Вещественный состав золотосодержащих руд месторождения	Научный руководитель к.г.м.н., ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ А.А. Жунусов	16.03.2022	
Закономерности распространения золотого оруденения	Научный руководитель к.г.м.н., ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ А.А. Жунусов	11.04.2022	
Нормконтролер	Коккузова М.Н., магистр технических наук, лектор	17.06.2022	

Научный руководитель		Жунусов А.А.
Задание принял к исполнению магистрант		Жақсылықова Ж.Ж.
Дата	22.10.2021	Жақсылықова Ж.Ж.

## АНДАТПА

Диссертациялық жұмыс Батыс Қалба алтын кен белдеуінің нысаналарының бірі болып табылатын Балажал алтын кенорнының геологиялық-минералогиялық ерекшеліктерін зерттеуге арналады. Батыс Қалба алтын кені белдеуінің негізгі элементтерінің минералогиялық сипаттамасы берілді. Гидротермалық өзгерістерінің өнімді кезеңдері атап өтілді. Алтын-березит типіндегі кенорындарын зерттеу бүгінгі күннің сұранысың бірі болып табылады, оны Балажал кен орны мысалында алтын-березиттік минерализацияның өзіндік минералдық-шикізат базасын қайта толтыру мәселесі жеткілікті ғылыми-техникалық деңгейде қарастырылуы тиіс, өйткені алтын мұнда жалғыз өнеркәсіптік құрамдас болып табылады. Мұның барлығы алтынды минералдану бойынша Шығыс Қазақстанның минералдық-шикізаттық базасын нығайту мен дамытудың ықтималды болашағын көрсетеді.

## АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена изучению особенностей геолого-минералогического состава золоторудного месторождения Балажал, который является одним из объектов Западно-Калбинского золоторудного пояса. Дана минералогическая характеристика основных элементов Западно-Калбинского золоторудного пояса. Были отмечены продуктивные стадии гидротермальных изменений. Изучение месторождений золото-березитового типа является востребованной задачей сегодняшнего дня, которую следует решать на должном научно-техническом уровне для проблемы реконструкции собственной минерально-сырьевой базы золото-березитового оруденения на примере месторождения Балажал, так как золото здесь является единственным промышленным компонентом. Все это указывает на возможные резервы укрепления и развития минерально-сырьевой базы Восточного Казахстана на золотое оруденение.

## ANNOTATION

The dissertation work was devoted to the study of the features of the geological and mineralogical composition of the Balazhal gold deposit, which is one of the objects of the West Kalbinsk gold ore belt. The mineralogical characteristics of the main elements of the West Kalbinsk gold ore belt are given. Productive stages of hydrothermal alteration have been noted. The study of deposits of the gold-beresite type is a demanded task of today, which should be solved at a high scientific and technical level for the problem of reconstructing the own mineral resource base of gold-beresite mineralization on the example of the Balazhal deposit, since gold is the only industrial component here. All this points to possible reserves for strengthening and developing the mineral resource base of East Kazakhstan for gold mineralization.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1 Общие сведения о районе работ	12
1.1 Географо-экономическая характеристика района	12
1.2 Обзор, анализ и оценка ранее проведенных исследований	15
1.3 Особенности геологического строения рудного района	19
2 Геолого-геофизическая характеристика месторождения	22
2.1 Космоструктурная позиция месторождения	24
2.2 Строение рудных тел	26
3 Особенности вещественного состава золото-березитового тип оруденения	27
3.1 Отличительные минералогические характеристики руд	34
3.2 Минералогические свойства золотого оруденения	37
3.3 Типоморфные особенности самородного золота месторождения	40
3.4 Морфологические особенности и условия залегания рудных тел	44
3.5 Метасоматические процессы и закономерности проявления на месторождении	52
4 Генезис месторождения	53
5 РЗЭ в метасоматитах золоторудного месторождения Балажал	55
6 Закономерности распространения золотого оруденения	57
6.1 Перспективы золотого оруденения месторождения	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	61



## ВВЕДЕНИЕ

Сырьевая база золотодобывающей промышленности Казахстана представлена в основном мелкими (с запасами до 25 т) и средними (от 25 до 100 т) месторождениями, на которых в настоящее время добывается около 70% всего производимого в республике золота. Лидирующее положение занимают месторождения Восточного, Северного и Центрального Казахстана. Для золоторудных месторождений Казахстана характерны низкое содержание металла в руде, а также наличие значительной доли труднообогатимых руд. Вместе с тем сравнительно благоприятные горнотехнические условия добычи позволяют сохранять ее себестоимость на уровне среднемировой.

Золото-кварцево-березитовый тип по характеру оруденения близок к золото-кварцевым месторождениям, но отличается от них пространственным расположением рудных тел в измененных интрузивных породах - диориты, гранодиориты, плагиограниты и др. (Балажал, Скак, Кедей, Жерек и др.). Характеризуется сочетанием жильного и штокверкового типа золотого оруденения в березитах. Золото традиционно является одним из главных стратегических видов минерального сырья. Особый интерес представляют кварцево-жильные руды, с которыми связано более 40% мировых запасов металла.

Основными геолого-промышленными типами месторождений золота в Казахстане являются: кварцево-жильный, штокверковый, минерализованных зон, комплексный (медный, колчеданно-полиметаллический). На долю экзогенных месторождений (россыпи и золотоносные коры выветривания) приходится около 2% активных запасов.

**Актуальность работы.** Изучение месторождений золото-березитового типа является актуальной задачей сегодняшнего дня, которую следует решать на высоком научно-техническом уровне для проблемы реконструкции собственной минерально-сырьевой базы золото-березитового оруденения на примере месторождения Балажал, так как золото здесь является единственным промышленным компонентом. Все это указывает на возможные резервы укрепления и развития минерально-сырьевой базы Восточного Казахстана на золотое оруденение.

Определение геолого-структурной позиции, условия образования и визуализирование морфологической объемной модели будет способствовать определению масштабов, границ локализации минерализованных зон и рудных тел на месторождении, микроскопическое исследование даст возможность получить минералогическую информацию об интрузивных, измененных породах и о золотосодержащих рудах.

**Целью диссертации** является выяснение минералогических, рудно-метасоматических особенностей, а также уточнение локализации золоторудного оруденения в пределах месторождения Балажал.

**Задачи работы.** В ходе написания диссертации были поставлены следующие задачи:

- изучить геологическое строение месторождения Балажал и описать геодинамические обстановки исследуемого района месторождения;
- выявить особенности формирования месторождения и определить геолого-структурную позицию месторождения;
- выделить рудоносные и рудоконтролирующие толщи интрузивных и жильных пород;
- исследовать минералогические, рудно-метасоматические особенности;
- изучить локализацию золоторудного оруденения;

**Объектом исследования** является золоторудное кварцево-жильное месторождение Балажал.

**Предметом исследования** являются руды, рудовмещающие породы и структуры месторождения Балажал.

**Фактический материал**, который был положен в основу диссертации, получен в результате проведения детального анализа геологических текстовых, графических материалов и изучения каменного материала, собранных в процессе прохождения научно-исследовательской практики. При прохождении научно-исследовательской практики в институте геологических наук имени К. И. Сатпаева из каменного материала были изготовлены шлифы и аншлифы, которые в дальнейшем подверглись микроскопическому изучению.

**Методология исследований.** Акцент исследований был поставлен на детальном анализе имеющихся в наличии геологических данных, также изучения геологического строения района, месторождения, структуры, морфологии и состава рудоносных зон. Они также включали дополнительное изучение вещественного состава рудоносных зон и руд. В процессе исследований проводились следующие виды работ:

1. Детальный анализ данных предшествующих исследователей с целью изучения геологического строения месторождения, вещественного состава руд, проведения оценки геологических условий формирования, локализации золоторудного оруденения.

2. Образцы каменного материала были отобраны на месторождении Балажал, из них были изготовлены аншлифы и шлифы в мастерской института геологических наук имени К. И. Сатпаева. Лабораторные исследования рудных минералов с помощью поляризационного (рудного) микроскопа ПОЛАМ Р-312 и порообразующих минералов с помощью нерудного бинокулярного микроскопа MICROS MC-20 (Австрия) были выполнены в лаборатории института геологических наук имени К. И. Сатпаева.

3. Проведение сопоставления геологического строения и состава рудных зон, формирование тектонических структур на данном месторождении.

**Научная новизна работы** заключается в уточнении условий

локализации и определении закономерностей размещения золоторудного месторождения, представленных кварцево-жильными и прожилково-вкрапленным золотым оруденением. Также было произведено микроскопическое исследование минералогического состава главных интрузивных пород, а также золотосодержащих руд месторождения.

Диссертация написана на 61 страницах компьютерного текстового набора и состоит из аннотации, содержания диссертации, введения, шести глав, заключения и списка использованной литературы, включающих 28 наименований. Диссертация включает в себя всего 19 рисунков и 2 таблицы.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 2 статьи:

1. Жаксылыкова Ж.Ж., Жунусов А.А., «Минералогические особенности руд месторождения Балажал», в материалах «Сатпаевские чтения»

КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2021г.

2. Жаксылыкова Ж.Ж., Жунусов А.А., «Изучение роли беретизации в кварцево-жильном оруденении на примере месторождения Балажал», Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, экологии и химии с использованием современных образовательных технологий» посвященный Т.Н. Жаркинбекову, Алматы: КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2022г.

## 1 Общие сведения о районе работ

### 1.1 Географо-экономическая характеристика района

Месторождение Балажал расположено в Восточно-Казахстанской области, в 70 км на восток от железнодорожной станции Жангизтобе и в 225 км юго-восточнее г. Семей, также 65 км от с.Георгиевка. Самой ближайшей к месторождению шоссейной дорогой является Омск-Майкапчагай, которая проходит в 20 км к западу. От месторождения до шоссе проходит полевая дорога, труднопроходимая в зимний и осенний периоды. Ближайшие бывшие золотодобывающие предприятия: рудники Боко (пос. Юбилейный) и Акжал, которые находятся в 55 км и в 60 км к запад-северо-западу соответственно, бывший рудник Вера-Чар расположен в 3 км к югу [1].

В орографическом отношении район месторождения расположен на юго-западном склоне Калбинского хребта. Основной тип рельефа определен как низкогорный. Абсолютные отметки изменяются от 750м (район месторождения Балажал в северной части участка), до 1050м (гора Балажал на севере участка), относительные превышения составляют от 50-100 до 300м, характерны крупные (до 30°) склоны, переходящие в пологие плоские равнины.

Гидрографическая сеть представлена небольшими реками (р. Балажал) и ключами (кл. Березовый), правыми притоками р.Чар. Как правило они полноводны лишь только в этап снеготаяния и буквально пересыхают в сухое время года.

Климат резкоконтинентальный. Количество выпадающих осадков доходит до 250-280мм, наибольшее количество их выпадает в январе (24мм) и июле (32мм) месяцах. С июня по август месяцы довольно часто идут временные дожди и грозы. Снежный покров образуется к концу октября и сохраняется до начала мая. Среднегодовая температура +35 °С, наиболее жаркий месяц – июль (+40 °С).

Растительность региона представлена видами, соответствующими для сухих степей (кипчак, полынь, чий и др.). В равнинах ручьев и рек замечаются береза, осина, тальник, а по склонам гор кустарниковые (всевозможные виды шиповника, акации и т.п.). Район не отличается разнообразием фауны, животный мир крайне бедный. Для него свойственны степные и лесостепные воды. Почвенный слой имеет мощность 0,1- 0,2м и представлен щебнистыми почвами.

Исследованный участок входит в состав Приколбинского экономическо-географического района, характеризующегося большим количеством высокопродуктивных пастбищ.

Пос. Николаевка находится в 25 км к северо-западу, а пос. Чигилек в 15 км к юго-востоку от месторождения. В этих поселках имеются сети государственного электроснабжения. Непосредственно на месторождении никаких сооружений не сохранилось.

## 1.2 Обзор, анализ и оценка ранее проведенных исследований

Месторождение открыто старателями в 1884 году. А эксплуатация началась с 1903г. золотопромышленным бароном Мендель. Описание производится по материалам геологоразведочных работ (В.И. Наливаев и др.).

Горные работы проводились преимущественно на верхних горизонтах до уровня грунтовых вод, бессистемный метод эксплуатации только богатых руд, недостаточность геологоразведочных работ и оборудованности в скором времени привели к выработке богатых участков с поверхности, соответственно содержание золота снизилось в рудах и большинство шахт закрылись.

В 1930г. было организовано Балажалское рудоуправление треста «Алтайзолото» и с этого времени разведочные и эксплуатационные работы приняли более слаженный характер. Разведка осуществлялась тяжелыми горными выработками и колонковым бурением, рудники оснащались механизмами, привлекались кадры.

1945г. на месторождения Балажал был построен перколяционный завод производительностью 100м в сутки, основывающийся на эффективном хозяйстве амальгационной фабрики. В дальнейшие годы в районе месторождения Балажал практически геологических исследований не проводились.

Геологическая изученность района месторождения Балажал выделяется высокой степенью изученности. В этом месте выполнены огромные объемы съемочных, поисковых, геофизических и ревизионных работ.

В 1965 г. при оценке перспектив месторождения Балажал Старовой М.М. и Старовым В.И. установлено, что основными минералами-концентраторами золота в березитах являются пирит и арсенопирит.

Наиболее значительную оценку месторождения в плане возможного расширения запасов руды и золота за счет вовлечения в эксплуатацию золотосодержащих березитов сделали Дыкуль В.Р., Носков Л.М., Князев Л.Ф., но результатом общих поисковых золоторудных месторождений в пределах участка Балажал, проведенных партией Алтайской геолого-геофизической экспедицией ПГО «Востказгеология» в 1978-80г.г.

Вскрывая скважинами мощную зону в углистых алевро-песчаниках, насыщенных кварцевыми жилами и прожилками с золото-сульфидной минерализацией, авторы отчета (Дыкуль В.Р. и др. 1980г.) считали эту зону Балажалским разломом, типа надвига, который «срезая Балажалский шток, является пострудной структурой, сама зона разлома золота, отмеченные в участке, где разлом срезает Балажалский шток, объясняется вовлечением в зону разлома пород с золотом».

В 1981-83 гг. геологами ПГО «Востказгеология» на северо-западном фланге месторождения бурением выявлено объемное прожилково-вкрапленное золото-сульфидное оруденение в березитах по диоритам и

габбро-диоритам. Выявленная минерализация размещается в приконтактной зоне габбро-диоритов с перекрывающими ороговикованными песчаниками, слагающими провес кровли интрузии. Зоны березитизации прослежены более чем на 500 м по простиранию и имеют, при бортовом содержании 0,4 г/т, мощность от 30 до 55 м, при средних содержаниях золота от 2,2 до 4,5 г/т. При этом не все скважины пересекли минерализованные породы на полную мощность. Подсчитанные ресурсы в березитах по категории  $P_1$  составили 0,29 млн.т руды золота, при среднем содержании 3,8г/т. Изучение выявленных золотосодержащих березитов было продолжено в 1985-96 гг. Алтайской ГРЭ ПО «Каззолото» (Масленников и др.). На основе временных кондиций (бортное содержание золота составило 3,0 г/т, минимально промышленное 3,7 г/т) выделено 6 рудных тел, в которых подсчитаны запасы по категориям  $C_1+C_2$  в количестве 1246 кг, при среднем содержании 5,6 г/т; прогнозные ресурсы по категории  $P_1$  составили 897 кг, среднее содержание – 6,8 г/т.

Запасы утверждены РКЗ ПО «Каззолото» (Протокол №36 от 27.06.1991 г.) и поставлены на баланс ГОКа «Алтайзолото». Основная доля золота (примерно 70-75 %) находится в виде мелких включений в пирите и арсенопирите или на границе срастания этих минералов. Часть золота (25-30%) является свободным и наблюдается по прожилкам в кварце или в виде вкраплений в калинатровых полевых шпатах.

Размеры золотин колеблются от 1-10 микрон до 0,05-0,1 мм. В результате лабораторных технологических исследований методами гравитации и флотации получено золота 95%. Но химический анализ продуктов обогащения показал наличие большого количества мышьяка, не отвечающее техническим условиям на концентраты. На основании проведенных исследований специалисты Казахского филиала «ГИНалмазолото» рекомендовали вовлечение в переработку руд месторождения Балажал с расшихтовкой полученных концентратов - концентратами с других месторождений, имеющими низкое содержание мышьяка.

ТОО «Чаралтын» в 2007 г. выполнил анализ имеющихся геологических материалов с целью оценки перспектив золота в прожилково-вкрапленных рудах месторождения Балажал и изучения извлекаемости золота из этих руд цианированием. Работы проводились по договору о консалтинговых услугах с Наливаевым В.И. Опытные работы показали, что в целом, извлечение золота низкое – от 3,2 до 30%. Только в одной из проб извлечение составило 52,1% [2].

Предполагается, что обе залежи сужаются на глубину. Оценка ресурсов произведена до глубины 200-250 м от поверхности. Прогнозные ресурсы месторождения Балажал составили по категориям  $P_1+P_2$  29124 кг, при среднем содержании золота 3,239 г/т

Распределение золота имеет столбовой характер. Протяженность рудных столбов от 40 до 100 м. Наиболее благоприятными для рудных

столбов являются роговики и диориты. В общем балансе запасов кварцево-жильной руды основную ценность представляют рудные столбы. В них содержится около 50% общих запасов золота.

Выделяются три участка скоплений рудных столбов, прослеженных на глубину до 120 м. На глубине содержание золота уменьшается и кварцево-жильный тип оруденения становится бесперспективным.

При отработке кварцево-жильных руд на месторождении всего было добыто более 2300 кг золота, в т. ч. по состоянию на 1918 г. – 437 кг

В 2011г. геологами ОАО «Семгео» (Наливаев В.И., Белецкая Л.А.) был собран и обобщен, проанализирован обширный фондовый и архивный материал рудника Балажал, Алтайской ГРЭ по «Каззолото», Алтайской ГРЭ ПГО «Востказгеология» и совместно с ТОО «Геос» составлен «отчет по геолого-экономической оценки золоторудного штокверка месторождения Балажал». Указанный отчет был рассмотрен на заседании территориальной комиссии по запасам полезных ископаемых при ТУ «Востказнедра» и апробирован государственной комиссией по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан.

### 1.3 Особенности геологического строения рудного района

Балажальское рудное поле располагается в области сопряжения Чарско-Горностаевского офиолитового пояса и Калбинского прогиба, где герциниды вытягиваются вдоль Балажальского глубинного разлома северо-западного простирания. Стратифицированные образования представлены терригенными породами аркалыкской и калбинской свит. Несмотря на небольшие размеры рудного поля и незначительный объем интрузий, принимающих участие в его строении, среди последних выделены образования трех разновозрастных интрузивных комплексов: субвулканического, кунушского и дельбегетейского. Субвулканический комплекс визейского возраста сложен силлообразными телами основных пород, перекрывающими отложения аркалыкской свиты, которые сосредоточены в юго-западной части рудного поля. Кунушский габбро-плагиогранитный комплекс представлен несколькими мелкими штоками габброидов первой фазы внедрения. Размещение этих интрузий контролируется зоной Балажальского разлома. Дельбегетейский интрузивный комплекс пермского возраста представлен дайкой плагиогранитов. Геологическое строение района и месторождения изучено достаточно полно. Здесь выполнены значительные объемы съемочных, поисковых, геофизических и ревизионных работ. Однако граница распространения зоны окисления не достаточно обоснована; неопределенность положения границы зоны окисления ставит под сомнение правильность определения объемов окисленных и первичных руд [3].

На площади рудного поля расположено собственно месторождение Балажал, приуроченное к штоку габброидов, и ряд рудопроявлений. В пределах месторождения Балажал выделено два типа руд – выходящее на дневную поверхность кварцево-жильное (в теле габброидного штока и за его пределами среди ороговикованных терригенных толщ), и слепое прожилково-вкрапленные (только в теле габброидного штока).

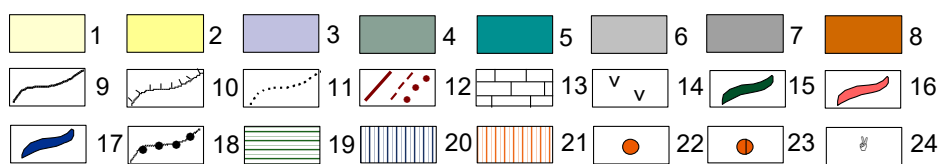
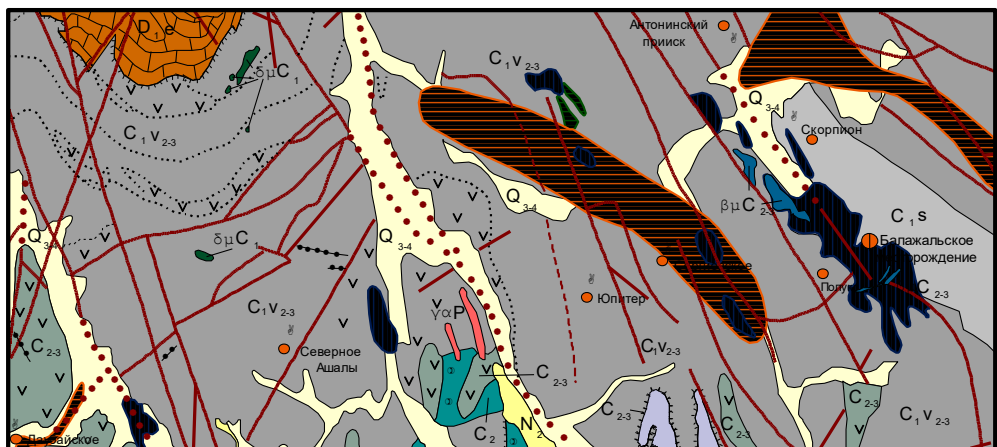
Зона Балажальского субширотного разлома подчеркивается ореолами гидротермально измененных пород аркалыкской свиты, а в его оперяющих мелких разрывах субмеридионального направления локализованы кварцевые жилы. Как видно, на данном объекте карбонатно-терригенные отложения аркалыкской свиты оказались благоприятной средой для размещения кварцевых жил, тогда как в существенно песчаниковую толщу серпуховского яруса они практически не распространяются (рисунок 1). На современном уровне среза Балажальский массив (шток) представлен четырьмя выходами размером от 70 × 10 м до 240 × 230 м, которые по данным разведочных и эксплуатационных работ на глубине сливаются в один массив.

Месторождение Балажал является наглядным примером сочетания жильного и штокверкового типов золотого оруденения в лиственитах и березитах. Пространственное положение золотосульфидно-кварцевой руды ограничено штоком габбро-диоритов. В его пределах разместились



золоторудные кварцевые жилы (порядка 40), окруженные ореолами штокверковых руд. Все жилы группируются в пределах трех пространственных сближенных участков (рисунок 2).

Здесь на площади рудного поля около 400км<sup>2</sup> сосредоточено 8 золото-кварцево-жильных и золото-сульфидных березитовых проявлений, наиболее крупное из которых Балажалское месторождение сопровождается золотоносной россыпью.

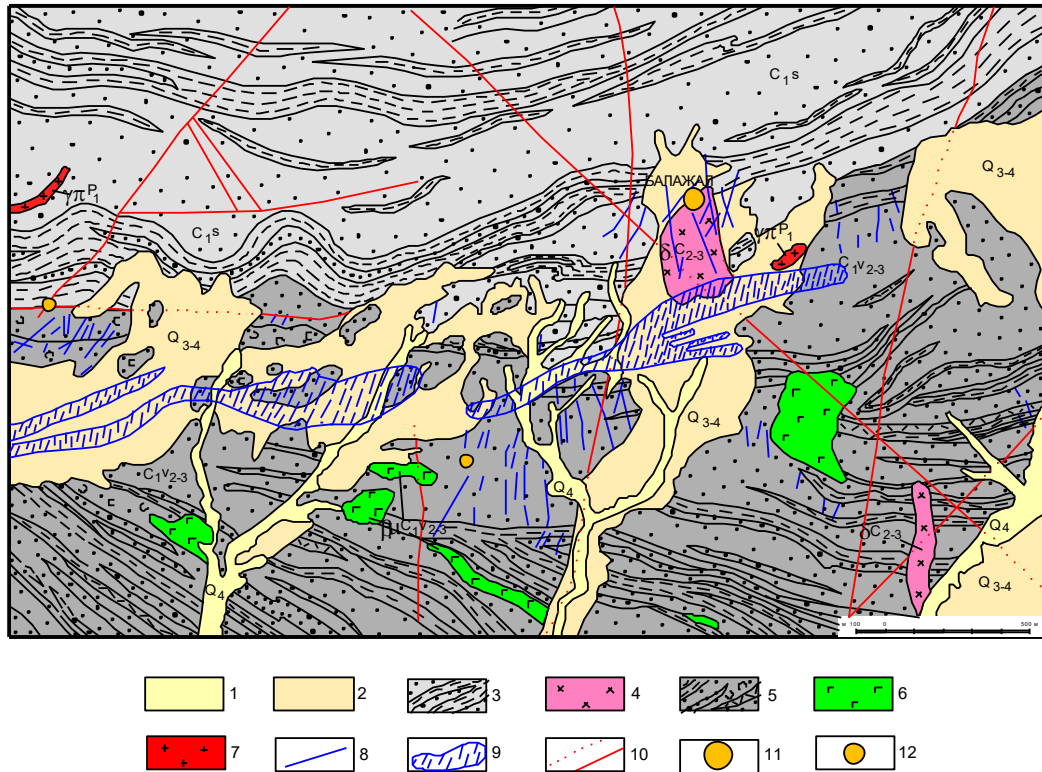


1 – четвертичная система: верхний - современный отделы; 2 – неогеновая система; 3 – майтубинская, 4 – даубайская, 5 – буконьская, 6 – аганактинская, 7 – аркалыкская и 8 – андреевская свиты; границы: 9 – нормальная достоверная, 10 – несогласная и 11 – фациальная; 12 – разрывные нарушения (установленные, предполагаемые, перекрытые рыхлыми образованиями); 13 – известняки; 14 – андезитовые порфириды; 15 – субвулканические образования; 16 – гранитоидные малые интрузии; 17 – средневерхнекаменноугольные субвулканические тела микродиоритов и диоритовых порфиридов; 18 – кварцевые жилы; геохимические аномалии (19-22): 19 – свинца и меди; 20 – мышьяка; 21 – золота. Рудопроявления и месторождения: 22 – золото-кварцевые; 23 – золото-березитовые; 24 – отработанные.

Рисунок 1 – Геологическая карта района месторождения Балажал (по материалам геолого-съёмочных работ)

Район месторождения сложен вулканогенно-терригенными породами аркалыкской свиты визейского яруса, в котором выделено три пачки. Нижняя представлена массивными кварц-полевошпатовыми туфогенными и полимиктовыми песчаниками, средняя - ритмично-слоистыми песчаниково-алевролитовыми пород с прослоями кремнистых и яшмовидных образований, верхняя – сланцевая пачка. Породы интенсивно дислоцированы, их ориентировка осложнена флексурной складкой. Северное и южное крылья флексуры имеют северо-западное 320-330°, падение на юго-запад под углом 40-70°. Соединительный отрезок крыльев

имеет северо-восточное простирание  $70^\circ$  и северо-западное падение под углом  $30-40^\circ$ . Изгибание слоистой толщи привело к заложению радиальной системы сколовых трещин, представляющих зоны повышенной проницаемости, которые послужили путями внедрения интрузивных пород и проникновения гидротермальных растворов.



1 - аллювиальные отложения, Q<sub>4</sub>; 2 - делювиально-пролювиальные отложения, Q<sub>3-4</sub>; 3 - гравелиты, песчаники, переслаивание песчаников с алевролитами, алевролиты, углистые сланцы, линзы кварцитов, C<sub>1s</sub>; 4 - габбро, диориты, кварцевые диориты, δC<sub>2-3</sub>; 5 - песчаники, известняки, прослои красноватых алевролитов, крупнообломочные туфы, линзы кварцитов, C<sub>1V2-3</sub>; 6 - диабазы, габбро-диабазы, диабазовые порфириды, βC<sub>1V2-3</sub>; 7 - гранитоиды, γTP; 8 - кварцевые жилы; 9 - зоны гидротермально измененных пород; 10 - разрывные нарушения достоверные и предполагаемые; 11 - месторождения; 12 - рудопроявления.

Рисунок 2 - Схема геологического строения рудного поля месторождения Балажал (по материалам геолого-съёмочных работ)

В тектоническом отношении район приурочен к центральной части зайсанской складчатости, образовавшейся в результате герцинского тектогенеза. В пределах района выделяется Западно-Калбинский мегасинклиорий, представленный своей южной частью, где по особенностям геологического развития и характера структур выделяется Чарский горс –антиклинорий и Сарыжальско–Дубайская мульда. Первый представляет собой срединную структуру обращенного типа, сформировавшуюся на месте раннегерцинского унаследованного прогиба.

Ширина его до 12-18 м. протяженностью до 1000 км. В пределах описываемого района он представлен своим юго-восточным окончанием. В его строении участвуют образования ранне - среднегерцинских этажей.

Начало герцинского цикла развития фиксируется накоплением морской кремнисто-карбонат-спилит-диабазовой (D<sub>1-3</sub>) и углеродисто-терригенной аспидной (D<sub>3</sub>) формаций глубокоководных желобов и рифтогенных прогибов.

Далее, в условиях задуговых бассейнов, были сформированы базальтовая известняково-терригенно-кремнистая (D<sub>3fm3-C<sub>1t</sub></sub>), известняково-терригенная (C<sub>1t1-v1</sub>), базальт-андезитовая, известняково-терригенная и флишеидная карбонатно-терригенная (аркалыкская свита C<sub>1v2-3</sub>), граувакковая алевролитопесчаниковая остаточных морей (аганактинская, бывшая калбинская, свита C<sub>1s</sub>) формации.

В среднем карбоне окраинноморско-островодужная обстановка сменилась коллизионной. Переход к этому режиму зафиксирован в образованиях молассовой лимнической угленосной формации. Косая коллизия привела к магматической активности – в среднем-позднем карбоне была образована вулканоплутоническая риодацит-гранодиоритовая гипабиссальная плагиогранит-гранодиоритовая ассоциация (кунушский и салдырминский комплексы C<sub>3</sub>). Ранее, в состав кунушского габбро-диорит-плагиогранитного комплекса включали все интрузии средне-позднекаменноугольного возраста.

Отложения раннегерцинского этажа слагают ассиметрично-построенную антиклиналь северо-западного простирания 320° с крупным падением осевой плоскости на северо-восток. Ширина складки до 5 км. Образования среднегерцинского этажа представлены породами аркалыкской свиты, слагают юго-восточное крыло вышеописанной антиклинали.

Сарыжальско-Дубайская мульда положена на образования среднегерцинского этажа. На севере ограничена Сарыжальским и Южно-ашалинским глубинными разломами, на западе и востоке за пределами описываемой площади, соответственно, Терсарыкским и Чарско-Горностаевским разломами.

В пределах района разрывные нарушения пользуются широким развитием. Играют значительную роль в размещении магматических образований, метасоматически измененных пород и золотого оруденения. По степени значимости выделяются четыре группы разрывных нарушений:

- глубинные разломы субширотного простирания входят в систему Чингиз-Нарышского минаэна;
- глубинные разломы северо-западного простирания входят в систему Зайсанского минаэна;
- глубинные разломы северо-восточного простирания входят в систему Зырянского минаэна;
- прочие разрывные нарушения. К ним отнесены разнонаправленные разломы, продолжительностью порядка 1,5-2 км. Эти разломы имеют незначительные мощности.

## 2 Геолого-геофизическая характеристика месторождения

Месторождение Балажал располагается на юго-западе Западно-Калбинского пояса, в пределах Кедей-Балажальской золоторудной зоны в юго-восточной части Кедей-Балажальской золоторудной зоны. Оно приурочено к северо-восточному склону Чарского палеостроводужного поднятия, над западной частью Центрально-Калбинского останца сиалической коры и скрытогранито-гнейсового купола, в зоне экзоконтакта Тастауской кольцевой вулcano-плутонической базит-гранитоидной структуры  $C_2-P_1$ . Месторождение локализовано на визейском стратоуровне, в зональном массиве диоритов кунушского комплекса. Характерна приуроченность месторождения к флексурному развороту регионального Чарского глубинного разлома.

Рудоконтролирующей структурой является зона тектонического срыва, сформированная на контакте отложений карбонатно-терригенной формации (аркалыкская свита,  $C_{1V2-3}$ ) и граувакковой молассоидной (аганактинская свита,  $C_{1s}$ ). Золотое оруденение генетически связывается с гипабиссальной габбро-диоритовой интрузией (бижанский комплекс,  $C_{2-3}$ ) и представлено золотосульфидно-кварцевым типом в листовниках и березитах, а также золото-кварцевыми жилами.

Интрузивные образования представлены штоком овальной формы (500x400м) кунушского комплекса  $P_1$ . В верхней части массива контакт интрузива с вмещающими породами пологий (угол 25-30°), на глубине становится круче. В юго-западной и корневой части массив ограничен Чарским глубинным разломом, представляя собой типично приразломное образование. Массив имеет зональное строение: центральная часть сложена кварцевыми диоритами, краевые части – диабазами и габбро-диабазами, промежуточная – диоритами и габбро-диоритами с постепенными переходами. В экзоконтактовой зоне мощностью 200-250 м вмещающие вулканогенно-осадочные породы превращены в роговики (рисунок 3).

Поскольку ороговикованы только отложения низов кокпектинской свиты и Балажальская интрузия, локализуемая в пределах взброшенного блока, то учитывая мощности этой свиты и отложений среднего карбона, глубина формирования интрузии соответствовала порядка 3-6 км. Это означает, что формирование интрузии и неизбежная дифференциация ее на такой глубине привели к достаточно спокойному расслоению интрузивной массы на две-три основные составляющие: габбровую, диабазовую и диоритовую. При этом по региону в целом для интрузий габбро-плагиогранитовой формации преобладающая роль принадлежала диоритам (в 2 раза по сравнению с габбро и в 1,5 раза по сравнению с габбродиоритом).

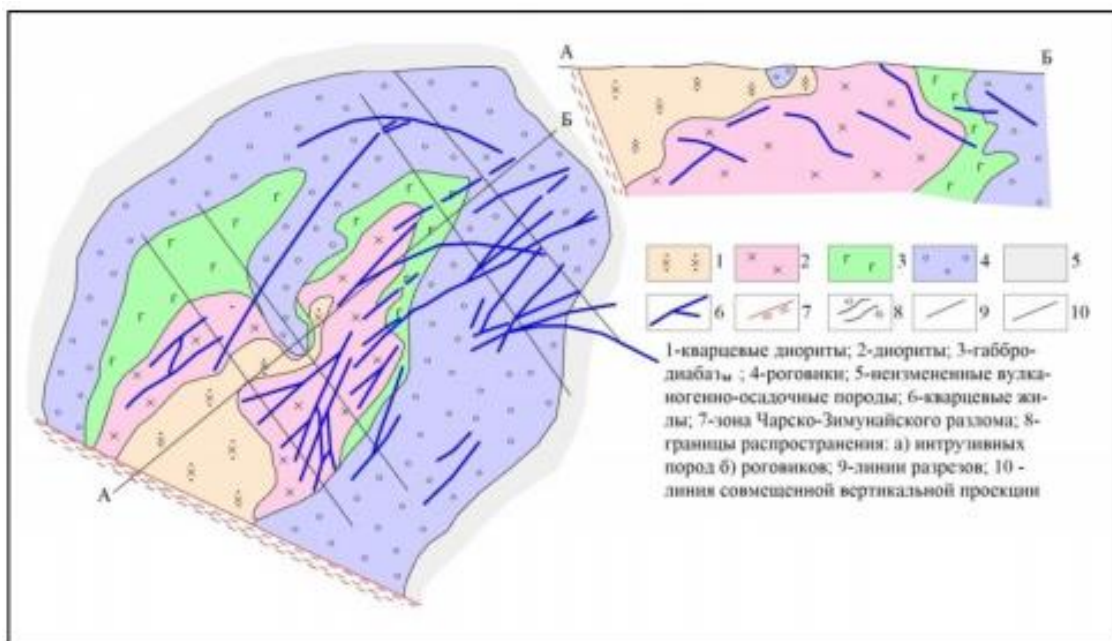


Рисунок 3 – Распределение жильных образований на месторождении Балажал (по Т.М. Жаутикову)

В разрезе интрузив имеет форму лакколита, краевые части которого осложнены мелкими апофизами, в юго- западной и корневой частях он ограничен Чарско-Горностаевским глубинным разломом. Эндоконтакты штока сложены диабазам и габбро-диабазам, промежуточная область-диоритами и габбро-диоритами, внутренняя - кварцевыми диоритами с постепенными переходами. Породы Балажалского массива подвержены процессам березитизации и лиственитизации в контактах кварцевых жил (мощностью до 20 м) и в виде самостоятельной зоны северо-восточного простирания в центральной части массива с промышленным вкрапленным оруденением. Вмещающие породы в зоне экзоконтактов ороговикуются в ореоле мощностью 200- 250 м [4].

Анализируя объемное размещение основных петрографических разновидностей внутри Балажалского штока установлено, что порядка 70% объема его принадлежит диоритам, 20% - габбро и 5-8% - диабазам. Остальные разновидности, слагающие интрузию, составляют в целом порядка 2-5%. Геолого-петрографический состав интрузива свидетельствует о гипабиссальных условиях его становления.

В формировании тектонических структур участвуют ранне-среднегерцинский геосинклинальный и орогенный этапы. В связи с пермско-мезозойской тектоно-магматической активизацией в плане дизъюнктивных структур главенствующее положение занимают разломы ранне-среднегеоцинского этапа развития. Разрывные нарушения в пределах месторождения представлены тремя системами: северо-западной, северо-восточной и субширотной. К северо-западной системе относится Чарский глубинный разлом и параллельные ему локальные Северо- и Южно-Балажалский. Чарско-Горностаевский разлом представлен зоной

рассланцевания северо-западного (310-320°) простирания с падением к северо-востоку под углом 70-80°. Он является главной рудоконтролирующей структурой, служил подводящим каналом для Балажальской интрузии. Система нарушений северо-восточного (30-70°) простирания и северо-западного падения (60-70°) представлена сколовыми трещинами, несущими золото-кварцево-жильное оруденение и линейные зоны березитизации с вкрапленным золото-сульфидным оруденением. Субширотная система представлена нарушениями межпластового срыва. Азимут простирания этой системы 80- 100°, падение к северу под углом 50-60°. К ней приурочены жилы Параллельная, Осевая, Софийская в зоне роговиков [5].

К глубинным разломам субширотного простирания, зафиксированным на глубине четкими зонами градиента силы тяжести, а на поверхности зонами дробления, брекчирования и гидротермального метаморфизма мощностью 20-25м, относится ряд мелких разломов. Они относятся к орогенному этапу развития, а в связи с их активизацией в верхне-карбонно-пермский период, непосредственно связаны вулcano-плутоническая активизация и структурная перестройка участка.

Ранее на месторождении проводились геофизические исследования в скважинах методами гаммы-каротажа(ГК), горизонтальных скважин (ГС), а также использовался метод скользящих контактов(МСК). Кроме того осуществили геофизические исследования методами гравиразведки и магниторазведки.

Балажальский габбро-аргишбайский комплекс является представителем кунушско-аргишбайского комплекса габбро-плагиогранитовой формации, который по магнитным данным образует на глубине крупные массивы пород, имеющих неровную поверхность кровли с многочисленными выступами и углублениями. Одним из таких выступов является Балажальский шток, выходящий на поверхность.

В магнитном поле массив четко выделяется аномалией сложной конфигурации интенсивностью до 230 гамм, а поле вызванной поляризации выхода Балажальской интрузии фиксируется повышенным (до 8%) значением поляризуемости. На глубине четкими зонами градиента силы тяжести зафиксированы глубинные разломы.



## 2.1 Космоструктурная позиция месторождения

Космоструктурная позиция рудного поля Балажал, полученная по результатам дешифрирования среднемасштабных космических снимков LandsatETM+, определяется приуроченностью к внутренней части телескопированной кольцевой структуре диаметром 7-10 км, положение которой определяется областью сопряжения линеаментов северо-восточного, северо-западного и субширотного простирания (рисунок 4).

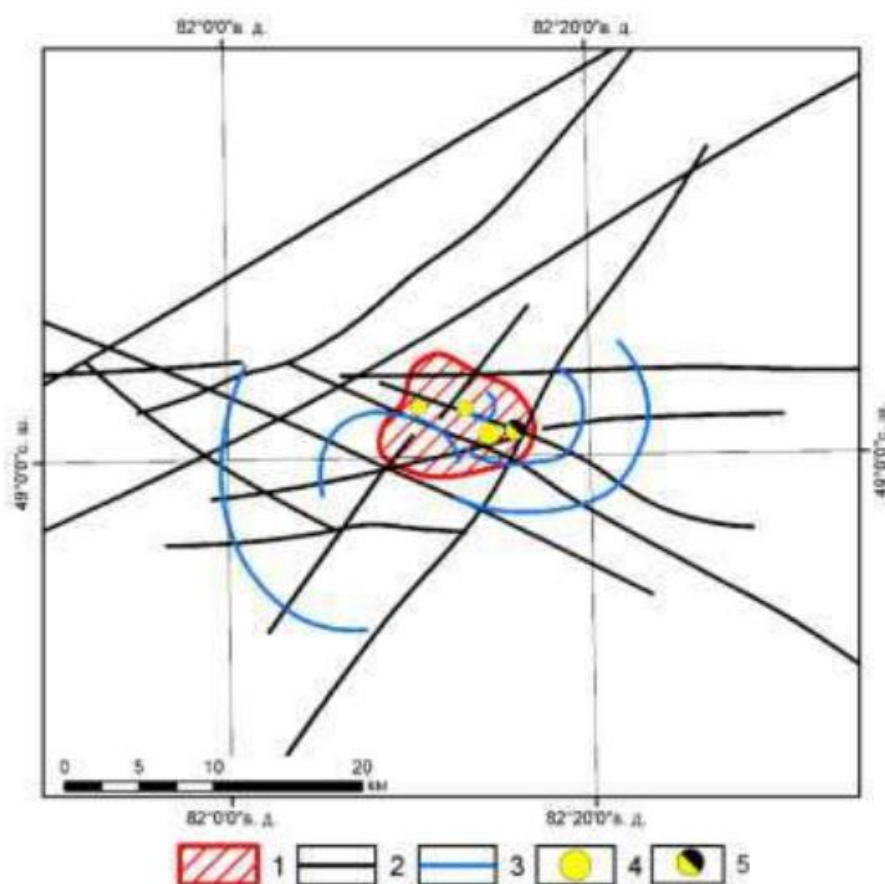
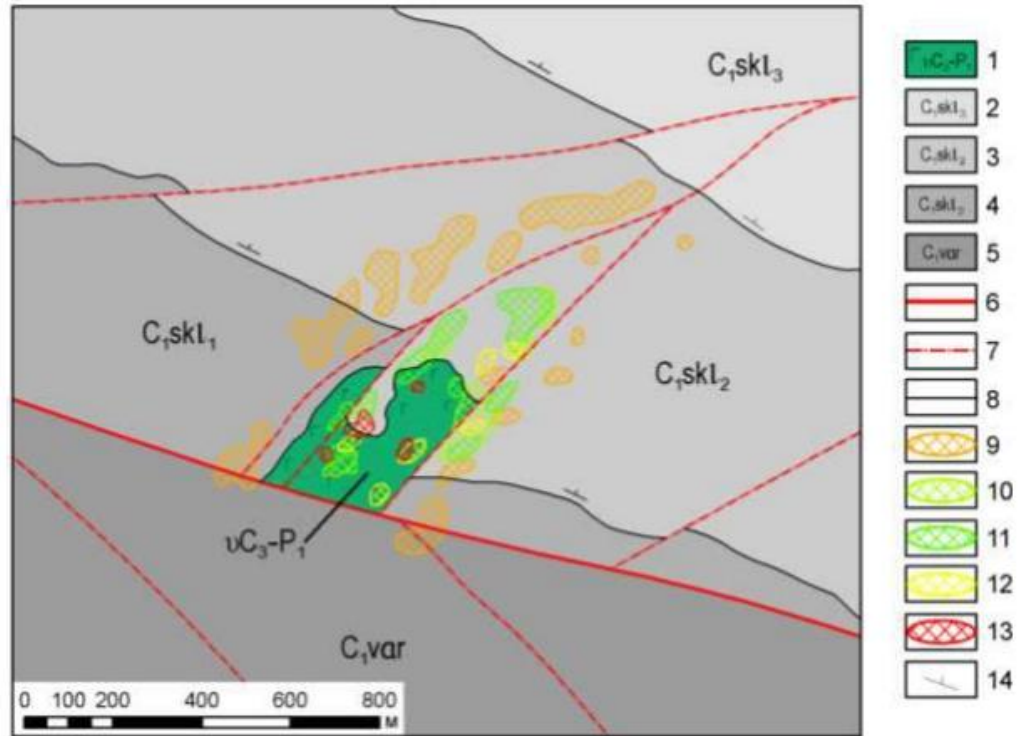


Рисунок 4 - Космоструктурная модель Балажалского рудного поля (по данным дешифрирования Landsat ETM+)

В пределах месторождения Балажал проведено геологическое дешифрирование и картирование минеральных парагенезисов методом расчета минеральных индексов на основе спектрозональных снимков Aster и детальных снимков компании DIGITALGLOBE (рисунок 5).

Проведенные исследования показали, что в районе месторождения отчетливо выделяются два тектонических блока, разделенных Балажалским разломом – северный и южный. В пределах южного блока на дневную поверхность выходят сложнодислоцированные стратифицированные образования аркалыкской свиты визея. Северный блок образуют три пачки терригенных образований калбинской свиты серпуховского возраста падающие на северо-восток. Стратифицированные образования прорваны

штоком основного состава. Главным разрывным нарушением месторождения является Балажальский разлом северо-западного простирания. Эта структура осложняется оперяющимися северо-восточными и северо-западными разрывами, по которым в отдельных случаях отчетливо фиксируются смещения.



1 – шток габбро кунушского комплекса; 2–4 – стратифицированные образования калбинской свиты в пределах рудного поля: 2 – верхняя пачка; 3 – средняя пачка; 4 – нижняя пачка; 5 – стратифицированные образования аркалыкской свиты; 6 – зона Балажальского разлома; 7 – прочие разрывные нарушения; 9–13 – значимые величины минеральных индексов (по данным обработки спектрозональных снимков Aster): 9 – трехвалентное железо; 10 – железистые силикаты; 11 – эпидот-хлорит-кальцитовый; 12 – мусковит-серицит-глинистый; 13 – «железная шляпа» (гематитовый); 14 – падение стратифицированных образований.

Рисунок 5 - Схема геологического строения и минеральной зональности месторождения Балажал (по данным дешифрирования космических снимков Aster и детальных снимков компании DIGITALGLOBE)

Картирование минеральных парагенезисов методом спектральных индексов показало, что наиболее информативными являются железистые, эпидот-хлорит-кальцитовый и мусковит-серицит-глинистый минеральные индексы. Анализ положения информативных минеральных индексов позволяет наметить минеральную зональность, в которой выделяются: внешняя зона, определенная по индексу трехвалентного железа; промежуточная зона, фиксируется по индексам «железистые силикаты» и эпидот-хлорит-кальцитовый; внутренняя – определяемая по мусковит-серицит-глинистому и гематитовому показателям [6].



## 2.2 Строение рудных тел

На месторождении Балажал сочетаются два типа золотого оруденения, а именно жильный и штокверковый типы в березитах по габбро-диоритам.

Здесь отчетливо прослеживается прямая вертикальная золотоносность оруденения: кварцево-жильный в верхней части, штокверковый березитовый в средней и нижней частях, стволовой березитовый – в корневой части. Мощность оруденения березитов достигает 140 м, протяженность 500-600 м, глубина не прослежена (по морфологии приразломного гранитоидного штока не менее 500 м). Мощность оруденения в стволовой зоне рудоподводящего разлома 5-25 м.

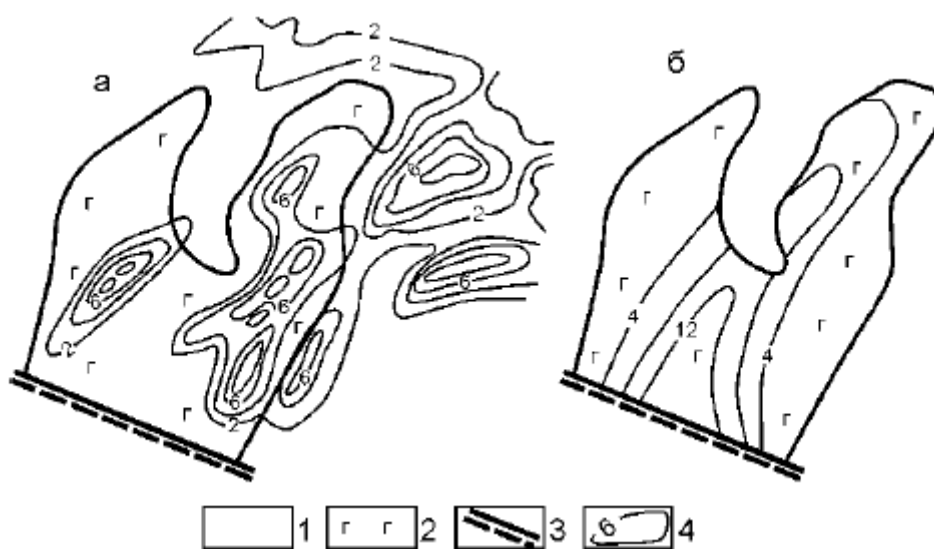
Золоторудные линейные штокверки протяженностью до 600–800 м и шириной десятки метров (максимально до 100–150 м) выполнены гидротермально измененными породами с наложенными на них сближенными кварц-сульфидными жилами и прожилками. Залежь вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд локализуется в теле габброидного штока в блоке, границами которого на флангах являются кварцевые жилы первой и второй ветви в пределах интрузивного штока. Распределение золота в жилах столбовое. В рудных столбах протяженностью 40–100 м заключено около 50 % общих запасов золота. Для локализации рудных столбов наиболее благоприятны диориты и роговики экзоконтактной зоны. Рудные столбы с содержаниями золота десятки г/т, иногда более, прослежены на глубину до 120 м. На среднем и глубоком горизонте содержания золота уменьшаются, жильно-прожилковый и штокверковый типы оруденения сменяются прожилково вкрапленным и вкрапленным [7].

Пространственное положение золотосульфидно-кварцевой руды ограничено штоком габбро-диоритов. В его пределах разместились золоторудные кварцевые жилы, окруженные ореолами штокверковых руд. Все жилы группируются в пределах трех пространственных сближенных участков. В морфологическом плане система кварцевых жил представляет собой пучок, веерообразно раскрывающийся в юго-западном направлении. Внутри пучка можно наметить три ветви. Жилы первой ветви характеризуются субширотным простиранием, третьей – северо-восточной ориентировкой, а жилы второй ветви занимают промежуточное между ними положение (рисунок 6). Максимальные концентрации кварцевых жил характерны для диоритов юго-восточной части массива. При переходе от диоритов к габбродиабазам насыщенность кварцевыми жилами снижается. В роговиках кварцевые жилы имеют более широкое распространение, чем во фронтальной части интрузива.

Рудное тело локализуется на контакте габбро-диоритового штока с вмещающими ороговикованными песчаниками кокпектинской свиты, захватывая частично центральную часть штока, простирание 420м.

Рудное тело имеет сложную форму в виде зоны, вытянутой в северо-восточном направлении на 500 м при мощности от 60 м до 140 м на уровне VI эксплуатационного горизонта (глубина 130 м) с тенденцией увеличения на глубину (по данным одиночных скважин). Общее падение зоны рудоносных березитов на северо-запад по углом  $70^\circ$ ; ее простирание по падению – 160 м, до эксплуатационного горизонта VI.

Падение рудного тела юго-западное под углом  $60^\circ$ . Указанное рудное тело, расположенное на контакте габбро-диоритового штока, неоднородно. Образует отдельные зоны с более тесным расположением трещин, отдельные зоны слабо развитой трещиноватости, дополненных маломощными кварцевыми жилами и прожилками штоковеркового характера.



1 – роговики, 2 – габброиды, 3 – зона Балажальского разлома, 4- изолинии концентраций оруденения в усл. ед.

Рисунок 6 - Закономерности размещения кварцево-жильного (а) и вкрапленного (б) типов оруденения на Балажальском месторождении (Попов, 1984).

Кварцевые жилы более четко проявлены на верхних гипсометрических уровнях. Прожилково-вкрапленный и вкрапленный типы руд ассоциируют с кварцевыми жилами и прожилками, но они образуют и самостоятельные тела, занимающие как согласное, так и секущее положение относительно директивного направления кварцевых жил.

### **3 Особенности вещественного состава золото-березитового типа оруденения**

#### **3.1 Отличительные минералогические характеристики руд**

Принято выделять на месторождении два природных, геолого-промышленных типа рудных тел: золоторудные кварцевые жилы и прожилково-вкрапленные золото – сульфидно-кварцевые метасоматиты кварц-альбит-амфиболового состава и кварц-полевошпатового состава, называемые березитами и пропилитами.

Метасоматиты отчетливо подразделяются по вещественному составу на пропилиты, характеризующиеся окварцеванием всей породы в целом, сопровождающимся распыленной, иногда густой вкрапленностью пирита. Обычно такие метасоматиты альбит-кварцевого состава. Распространены эти метасоматиты в незначительном количестве, преимущественно в апикальных частях неровной поверхности штока.

Вторая разновидность метасоматитов, наиболее распространена на месторождении, отличается от первой наличием густой сети тонких, типичных прожилков кварца, более значительными сульфидизацией и золотоносностью.

Минералогический состав таких березитов: кварц 20-30% пирит 4-5% гидроокислы железа, магнетит и сфалерит менее 1%. Березитизированные породы состоят из окварцованных и пиритизированных диабазов, из кварца и обломков березита, сульфидов.

Основным объектом отработки на месторождении Балажал до последнего времени являлись кварцевые жилы, характеризующиеся высоким содержанием золота. Тем не менее с большой глубиной отработки (600 – 800 м) и с возросшей себестоимостью добычи этих руд актуальным стал вопрос вовлечения в эксплуатацию более бедных руд, доступных для отработки открытым горным способом. К ним относятся руды, представленные березитизированными породами.

На месторождении Балажал все ореолы березитизированных пород являются в различной степени золотоносными. Золотоносность березитизированных пород определяется как развитием золота в самих изменённых и сульфидизированных породах, так и развитием золота в кварцевых прожилках, имеющих место в ореолах березитизированных пород.

Золотоносность самих березитизированных пород обусловлена наличием самородного тонкодисперсного золота во вкрапленных сульфидах (пирит и арсенопирит). Золото в карбонатно-кварцевых с сульфидами прожилках в ореолах березитизированных пород представлено макро- и микроскопическими выделениями самородного золота с подчинённым значением тонкодисперсного золота с сульфидами. Главным фактором, определяющим уровень золотоносности березитизированных пород, является наличие долгоживущих тектонически активных зон проницаемости, обеспечивающих сопряжённость трёх процессов: в преджилковой

березитизации, более поздней кристаллизации сульфидов и последующего отложения минералов кальцитполиметаллической с золотом стадии минерализации.

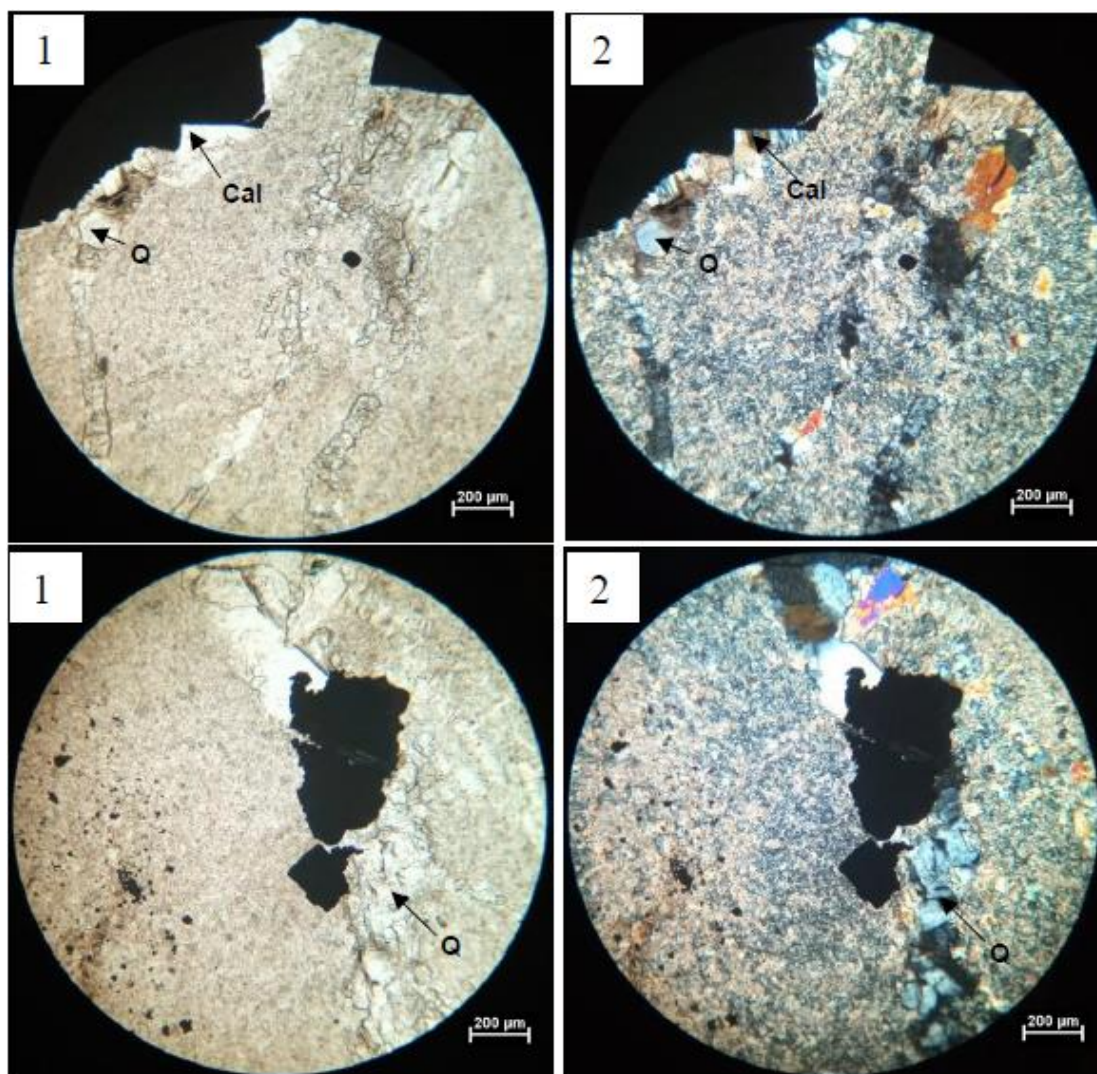
В формировании метасоматитов и руд месторождения в целом выделяется четыре этапа (таблица 1).

Таблица 1 – Этапность минерального образования и связанного с ней золотого оруденения месторождения Балажал.

Этапы	Минеральные ассоциации
<p>I. Гидротермально-метасоматитический ранний;</p> <p>березитизация диоритов и кварцевых диоритов;</p>	<p>Березитовая ассоциация: серицит, кварц, карбонаты, альбит, метакристаллами пирита и арсенопирита, несущие дисперсное золото (присутствуют реликты магматического кварца)</p>
<p>II. Гидротермально-метасоматический поздний;</p> <p>формирование вкрапленного золото-сульфидного оруденения в березитах</p>	<p>Дорудные ассоциации: магнетит-титаномагнетит-ильменит; рутил-сфен-лекоксен-серицит-кварц I.</p> <p>Рудные ассоциации: Золото–арсенопирит–пирит–кварц; золото–герсдорфит–арсенопирит–пирит-кварц (золото тонкодисперсное, в пирите и арсенопирите)</p>
<p>III. Гидротермальный ранний;</p>	<p>Рудная ассоциация: золото-блеклая руда-сфалерит-халькопирит-кварц</p>
<p>IV. Гидротермальный поздний;</p>	<p>Рудные ассоциации: золото–кварц–кобальтин-арсенопирит; кальцит-марказит–галенит-пирит–калаверит (Au,Ag)Te<sub>2</sub></p>

В ранний гидротермально-метасоматический этап в центральной части интрузивного массива, сложенной кварцевыми диоритами и диоритами, проявилась березитизация, в периферийных породах основного состава – листвинизация. Березиты, представлены новообразованиями серицита, кварца, карбонатов, альбита, метакристаллами пирита и арсенопирита, концентрирующих дисперсное золото (рисунок 7). Листвениты представлены новообразованиями доломита, анкениита, кальцита, кварца, хлорита, имеют редкую вкрапленность пирита и арсенопирита. В березитах сохранился реликтовый магматический кварц, за счет которого образовался метасоматический кварц в тесной ассоциации с серицитом (вплоть до кварц-

серицитовых агрегатов) в парагенезисе с карбонатами и пиритом, который явился продуктом замещения раннего пирротина, магнетита и ильменита.



1 – в одном николе; 2 – в скрещенных николях.

Рисунок 7 - Березитизированный, серицитизированный, карбонатизированный, окварцованный метасоматит. Рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом и халькопиритом.

С поздним гидротермально-метасоматическим этапом связано формирование золото-сульфидного вкрапленного оруденения в березитах. Главные минеральные ассоциации в этом типе: дорудные – магнетит-титаномagnetит-ильменит и рутил-сфен лейкоксен-серицит-кварц; рудные ассоциации: золото–пирит-арсенопирит–кварц; золото–герсдорфит–арсенопирит–пирит-кварц. В целом руды состоят из кварца - 25-30%; полевых шпатов - 35-40%, пирита и арсенопирита - 4-5% [8].

Пирит в этой разновидности руд возник гидротермально-метасоматическим путем, широко распространен. Для него характерен пентагон-додекаэдрический габитус, высокие содержания As и золота – 50-150 г/т (является аналогом пиритов других месторождений золота Калбы).

Распределение золота в пирите контролируется внутренней структурой минерала. Форма золота самородная пылевидная, амебовидная, в виде неправильных обособлений между зонами роста и в микродислокациях. В микротрещинах пирита присутствуют поздние новообразования кварца и сульфидов цветных металлов.

Арсенопирит в березитах слагает среднезернистые кристаллы бипирамидального и призматически-бипиромидального облика. Содержание золота в нем от 30 до 250 г/т. Характер распределения золота зависит от внутреннего строения минерала, в более деформированных кристаллах укрупняется до десятков микрон, тяготея к микродислокациям, двойниковым швам. В нем повышенные содержания Sn, Zn, W, Se, Te, Bi, увеличены параметры элементарной ячейки, понижена микротвердость, ТЭДС до -200 мкВ/град. Арсенопирит I слагает среднезернистые кристаллы бипирамидального и призматически-бипиромидального облика. Содержание золота в нем от 30 до 250 г/т. Характер распределения золота зависит от внутреннего строения минерала, в более деформированных кристаллах укрупняется до десятков микрон, тяготея к микродислокациям, двойниковым швам. В нем повышенные содержания Sn, Zn, W, Se, Te, Bi, увеличены параметры элементарной ячейки, понижена микротвердость, ТЭДС до -200 мкВ/град.

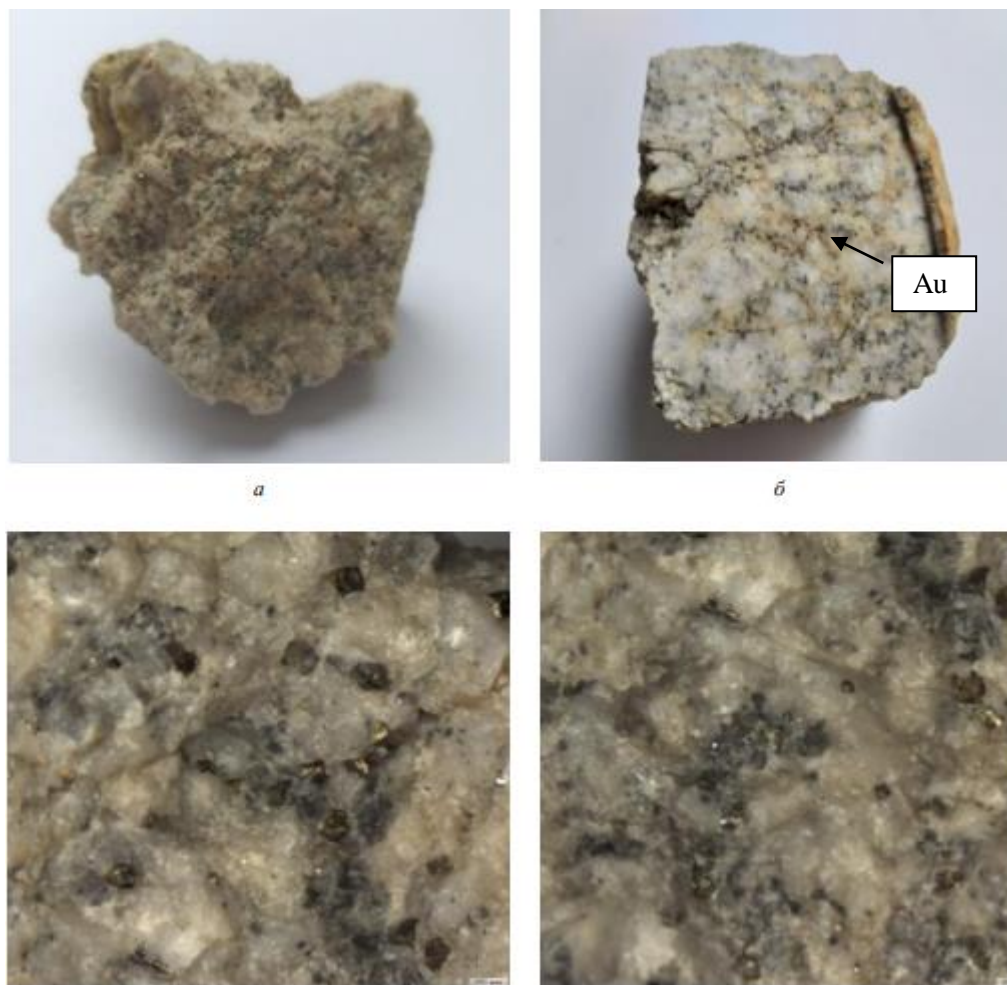
Для вкрапленных березитовых руд характерно тонкодисперсное золото в тесном сростании с пиритом и арсенопиритом (рисунок 8). Насыщенность березитов золотоносными сульфидами определяет его содержание в рудах. Так, в березитах с вкрапленностью пирита и арсенопирита до 10% содержание золота составляет 10-12 г/т, с вкрапленностью 3 % - 4 г/т, с вкрапленностью сульфидов 2-1% - 2 г/т, в лиственитизированных габбро-диабаззах с редкой вкрапленностью сульфидов – 0,3 г/т, с единичными вкраплениями – следы. В целом в пирите и арсенопирите содержится 70-75% золота руды, остальная часть - 20-25%, свободное золото. Среднее содержание мышьяка в рудах 0,53%.

Золотоносные березиты с вкрапленным оруденением наследуют общее направление Балажалского массива, располагаясь в его центральной части. Наиболее благоприятными породами для вкрапленного оруденения являются кварцевые диориты и диориты. Габбро-диабазы одинаково неблагоприятны для обоих морфологических типов оруденения [9].

Ранее считалось, что березиты развиты только в зальбандах кварцевых жил и имеют малую мощность. Анализ материалов эксплуатационной разведки и обработки данных опробования свидетельствует о площадном развитии золотоносных березитов. Горизонтальными скважинами, а также квершлагами на разных горизонтах выявлены мощные зоны березитов с промышленными содержаниями золота. Оконтуривание золотоносных березитов с целью изучения их морфологии приведено на четырех поперечных разрезах. В результате этих построений выявлена зона березитов



с промышленным вкрапленным оруденением от 4 до 12 г/т в центральной части интрузива (В.А. Глоба, 2006 г).



а – березиты с пиритом; б – прожилки пиритов в березитизированных породах (полировка); в – рассеянная вкрапленная минерализация (золотоносные пириты); г – прожилково-вкрапленная минерализация месторождения Балажал.

Рисунок 8 – Золотосодержащие березиты месторождения Балажал

Рудное тело имеет сложную форму в виде зоны, вытянутой в северо-восточном направлении на 500 м при мощности от 60 м до 140 м на уровне VI эксплуатационного горизонта (глубина 130 м) с тенденцией увеличения на глубину (по данным одиночных скважин). Общее падение зоны рудоносных березитов на северо-запад по углом  $70^\circ$ ; ее простирание по падению – 160 м, до эксплуатационного горизонта VI.

Распределение золота в березитах более равномерное, чем в жилах. Более богатые руды с 12 г/т золота тяготеют к кварцевым диоритам. Основная часть рудного тела с концентрацией 4 г/т располагается в диоритах. Краевая часть габбро-диабазов непродуктивна.

Определенный интерес на вкрапленное оруденение представляет Чарский рудоконтролирующий разлом в интервале приращения к нему

Балажадского массива протяженностью по простиранию и падению более 500 м. В шовной зоне разлома кварцлаг VI горизонта на глубине 130 м пересек гидротермально-измеренные породы аркалыкской свиты мощностью до 5 м с содержаниями золота 3-8 г/т. На V горизонте скв. 4 в косом сечении зоны разлома встречены гидротермальные метасоматиты мощностью 25 м с промышленными содержаниями золота. Скважина из руд не вышла.

Для переработки золото-березитовых руд рекомендована гравитационно-флотационная схема обогащения, позволяющая извлекать 97% золота. Судя по химическому составу продуктов обогащения (таблица 2), в концентраты практически полностью переходят пирит и арсенопирит.

Таблица 2 - Химический состав продуктов обогащения золото-березитовых руд Балажала

Компоненты	Ед. изм.	Гравитационный концентрат	Флотационный концентрат	Хвосты обогащения
Мышьяк	%	3,74	6,63	0,08
Сера	%	24	30	0,16
Кремнезем	%	28,6	19,63	61,82
Глинозем	%	8,26	6,04	16,53
Золото	г/т	22	37	0,2
Серебро	г/т	2,5	8	0,3

Данный тип оруденения является главной пока не востребованной промышленностью ценностью месторождения.

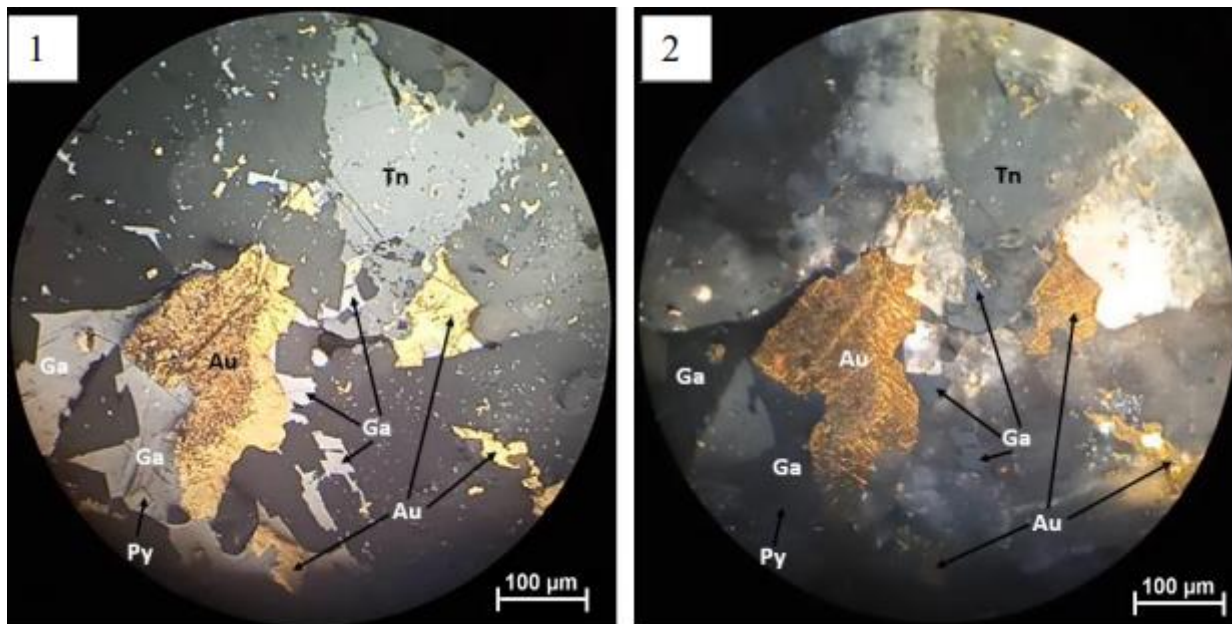
Гидротермальный ранний этап привел к формированию золото-кварц-сульфидного жильного оруденения с самородным золотом в кварце и в сульфидах цветных металлов. Главная минеральная ассоциация: золото-блеклая руда-сфалерит-халькопирит-кварц. В виде небольшой примеси в рудах присутствуют пирит, арсенопирит, галенит, шеелит, альбит, карбонаты и другие минералы. В золото-кварцевых жилах в значительном количестве присутствуют дробленные реликты золото-березитовой ассоциации; на них также наложены минеральные ассоциации следующего гидротермального этапа, сформировавшего золото-кварц-карбонатное прожилково-жильное оруденение.

Кварц слагает главным образом золотоносные жилы и цементирует обломки березитов с вкрапление ранних сульфидов, тесно ассоциирует с серицитом и кальцитом с убогой сульфидной минерализацией и самородным золотом.

Пирит в кварцевых жилах является второстепенным минералом, присутствует в тесной ассоциации с халькопиритом, сфалеритом, пирротином, блеклой рудой, золотом. Он имеет кубическую и комбинированную форму кристаллов, повышенную микротвердость, пониженное значение ТЭДС (до +250 мкВ/град.), повышенные содержания Zn, Sn, Ag. Арсенопирит пользуется незначительным распространением.



Блеклые руды присутствуют в составе минерализации полиметаллической стадии. По химическому составу блеклые руды представлены преимущественно теннантитом (рисунок 9), реже тетраэдритом. Встречается в виде включений размером до 200 мкм в кварце, иногда совместно с самородным золотом, халькопиритом. Отмечены в виде свободных зерен с эмульсионными включениями галенита и самородного золота.



1 - в одном николе; 2 - скрещенных николях.

Рисунок 9 – Прожилково-вкрапленные выделения золота III (Au) в сростании с галенитом (Ga), теннантитом (Tn) в кварц-карбонатном прожилке. Увеличение 200

Золото присутствовало в самородном виде, представлено более крупными обособлениями в кварце и в сульфидах цветных металлов. Пробность золота 888, параметры кристаллической решетки 4,665А, микротвердость 75 кг/мм<sup>2</sup>, содержит примесь Ag, Cu, Zn, Sb.

Золото-кварц-сульфидное жильное оруденение полностью отработано и представлено своей корневой частью. Содержания золота в жилах сильно колебались: по данным эксплуатационного опробования от 1,5 до 83 г/т, в отдельных случаях достигало 200-600 г/т. Наблюдались обогащенные золотом участки, рудные столбы, кусты, гнезда. Золотом были обогащены жилы в юго-восточной части месторождения. Измельчение руды проводилось до 50 мм. Руды характеризовались крупным золотом и почти не связанным с сульфидами, что подтверждалось его хорошей извлекаемостью в процессе измельчения внутренней амальгамацией. Имелись случаи, когда из чаш извлекались самородки золота весом до 80 г и размером до 40 мм; только 38,5% золотин были размером менее 0,074 мм.

Наиболее богаты кварцево-жильные руды локализуются в местах осложнения структурных и морфологических элементов. Выделяются три

участка, скопления рудных столбов в диоритах и роговиках. Общая рудоносная колонна с вертикальным размахом до 120 м полого склоняется на юго-запад. На глубину кварцево-жильный тип бесперспективен.

В поздний гидротермальный этап сформировалось золото-теллуридный прожилково-жильный тип оруденения. Он характеризуется двумя минеральными ассоциациями: золото–кварц–кобальтин-арсенопирит; кальцит-марказит–галенит– калаверит (Au,Ag)Te<sub>2</sub> (арсенопирит отмечается в единичных случаях). Данный тип руд цементирует обломки предыдущих разновидностей, слагая тонкие кварц-кальцитовые прожилки и жилки с дисперсным самородным золотом, сульфидами и теллуридами. Они секут образования всех предыдущих этапов.

### 3.2 Минералогические свойства золотого оруденения

В кварцево-жильной руде главными рудными минералами являются пирит, арсенопирит и золото; второстепенными – блеклая руда, халькопирит, сфалерит, галенит и шеелит; из нерудных, кроме кварца (до 90%), отмечаются карбонаты и альбит.

Прожилково-вкрапленное оруденение приурочено к березитам в центральной части интрузивного массива. К главным минералам относятся пирит, арсенопирит, золото, ильменит, титаномагнетит, пирротин, висмутин, сфалерит, блеклая руда, герсдорфит, марказит, кобальтин, сфен, рутил, лейкоксен, ильменит и шеелит, встречен теллурид золота - калаверит.

Пирит образует три морфогенетические разновидности. Пирит-I является продуктом замещения раннего пирротина, магнетита и ильменита. Пирит-II наиболее распространенный минерал, характеризующийся пентагон-додекаэдрическим габитусом, высокими содержаниями мышьяка и золота (50-150 г/т). Распределение золота-I определяется внутренней структурой пирита-II (рисунок 10). Форма золота пылевидная, амёбовидная в виде неправильных выделений между зонами роста и в микродислокациях. Пирит-III образует агрегативные срастания в кварцевых жилах в тесной ассоциации с халькопиритом, сфалеритом, реже пирротином-II, блеклой рудой и золотом-II, он нередко обрастает пирит- II (рисунок 11).

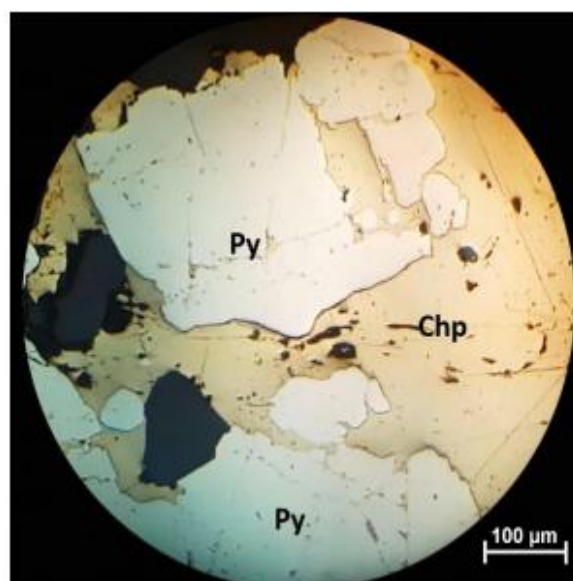
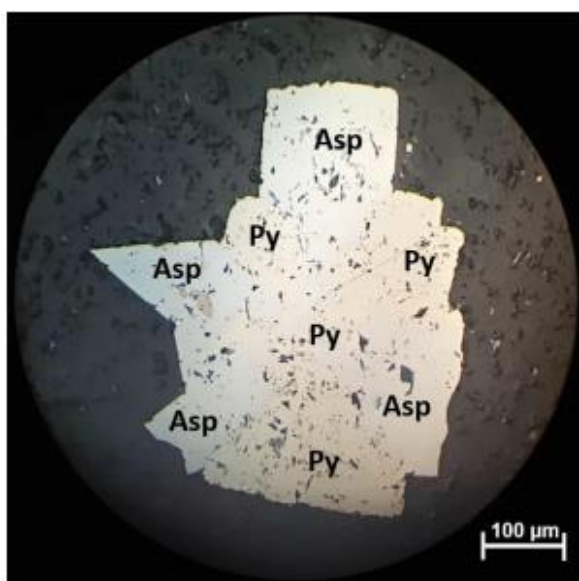


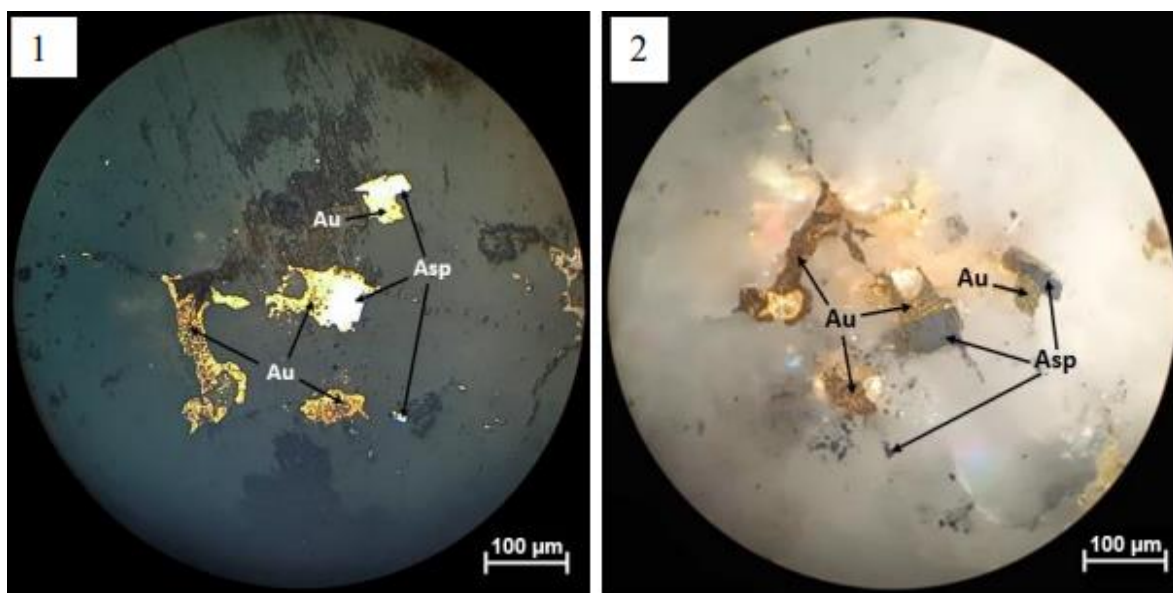
Рисунок 10 – Корродированные не рудными минералами вкрапленные выделения сростков агрегативных пирита I (бледно желтый) и арсенопирита I (белый) во вмещающей метасоматический измененной породе. Увеличение 200

Рисунок 11 – Гнезда из вкрапленников агрегативного пирита II (Py) и прожилков халькопирита (Chp) в кварцевой жиле. Увеличение 200

Арсенопирит-I слагает среднезернистые кристаллы бипирамидального и призматическо-бипирамидального облика. Содержание золота в нем варьирует от 30 до 250 г/т, характер его распределения зависит от внутреннего строения минерала-концентратора, в более деформированных кристаллах золото укрупняется до десятков микрон. Арсенопирит-II пользуется незначительным развитием в прожилковых и жильных образованиях, содержит пойкилитовые вростки халькопирита, пирротина, в редких случаях имеет коррозионные контакты с герсдорфитом и шеелитом. Арсенопирит-III установлен в единичных случаях в кварцево-карбонатных жилах.

Золото является единственным промышленным компонентом в обоих типах руд (рисунок 12). Концентраторами основной массы золота являются кварц, пирит (кубы, пентагондодокаэдры, комбинированные формы) и арсенопирит призматического псевдобипирамидального облика. Примеси в пирите и арсенопирите: Au, As, Sb, Ag, W, Se, Te, Pb, Zn, Ni, Co.

Устанавливается три его морфогенетических типа. Золото I- раннее тонкодисперсное, присутствует в мышьяковистом пирите -II и арсенопирите - I, характерно для вкрапленных березитовых руд, а в кварцевых жилах присутствует в ксенолитах березитов. Его содержание в минерализованных березитах определяется насыщенностью последних золотоносными сульфидами. Золото II типично для кварцевых жил, оно более крупных размеров. Ассоциирует с кварцем и полиметаллами; в прожилково-вкрапленной руде встречается по микротрещинам в золотоносных сульфидах и кварце. Примеси – серебро, медь, сурьма и цинк. Золото III отмечается в единичных случаях в поздних кварц-кальцитовых прожилках. Встречается также гипергенное золото в лимонитах и кварце[10].



1 – в одном николе; 2 – в скрещенных николях  
Рисунок 12 – Тонкие вкрапленники золото II (Au) в сростании с арсенопиритом II (Asp) в кварцевой жиле. Увеличение 200

На месторождении в течение 50 лет (с перерывами) отработано 45 золото-кварцевых жил. Было добыто 2010 кг коренного золота со средним содержанием 13,8 г/т и 485,7 кг россыпного золота по р. Балажал. Извлечение золота из кварцево-жильных руд методом цианирования и амальгамации составляло 76,2-82,5%.

Второй тип минерализации - золотоносные березиты, открыто и разведано 6 рудных тел со средним содержанием золота 2,7-6,3 г/т. Рудное поле разбурено 82 скважинами глубиной около 150 м по сети 40x50 м, пройдено 30 канав средней длины около 100 м. Золотоносные березиты разведаны скважинами по сети 25x25 м. В 1991-1995 годы. продолжилась разведка прожилково-вкрапленных руд в березитах сетью скважин 25x25 м до глубины 150 м. Запасы балансовых руд по категориям  $C_1+C_2$  составили 1246,6 кг золота при среднем содержании 5,6 г/т (запасы руды 22411 тыс. т). Основная часть золота сосредоточена в двух линзообразных рудных телах на глубине 60-100 м.

Во вкрапленном березитовом типе руд золото залечивает микротрещинки в ранних сульфидах - пирите-II, арсенопирите-I. Пробность золота - II - 888 ‰, содержит примесь Ag, Си, Zn, Sb. Золото-III установлено в единичных случаях в кварце-IV в поздних кварц- кальцитовых прожилках в ассоциации с теллуридом золота - калаверитом. Оно образует каплевидные выделения размером до 0,2x0,3 мм, располагаясь на стыке зерен кварца- IV. ЗолотоIV - гипергенное, образует выделения в лимонитах по сульфидам, в агрегатах гидроокислов железа, выполняя трещинки. Основные запасы золота в рудах связана с ранним золотом-I (до 90%)[11].

Установлено присутствие платиноидов минераграфическими исследованиями (М.М. Старова, в метасоматическом раннем пирите), а также по данным А.Ф. Коробейникова (Os – 1,9 г/т).

Среднее содержание серебра в рудах в 5-10 раз ниже золота. В 1939 г. Ф.С. Котюком в шлихе был обнаружен минерал содержащий платину и иридий, в 6 пробах из березитов и песчаников полиграфическим методом установлены осмий и палладий. Оруденение в березитах приобрело комплексный золото-платиноидный состав, что требует постановки специализированного детального изучения.

### 3.3 Типоморфные особенности самородного золота месторождения

Основная масса видимого золота месторождения Балажал связана с кварцевыми жилами, где оно образует неправильные мелкие выделения в интерстициях зерен кварца, в микротрещинах, на стенках полостей выщелачивания сульфидов. Часто оно образует пылеватые скопления в синем кварце. Иногда наблюдается обрастание кристаллов пирита золотом. Размеры золотинок колеблются от сотых долей мм до 0,5 – 1,0 мм. Иногда отмечаются небольшие самородки размером до 1-3 см. С глубиной размер золотой уменьшается (рисунок 13) .

Форма золотинок довольно разнообразная, чаще всего неправильных очертаний с неровной поверхностью, с причудливыми ответвлениями или изогнутые проволочкоподобные образования, чешуйки, крючковатые индивиды с прихотливыми зазубренными краями. Нередко наблюдаются ноздреватые, амёбовидные, дендритовидные, губчатые и другие формы. Форма золотинок обычно наследует занимаемое пространство, поэтому золотинок часто несут на себе отпечатки граней или иных поверхностей соседних минералов. Часто отмечаются раскристаллизованные образования с неясно выраженными гранями куба, покрытыми штриховками послойного роста. Очень редко встречаются кубические кристаллы со слабо развитой гранью октаэдра. Цвет золота золотисто-желтый, от светло- до ярко-желтого. Иногда наблюдается зеленоватый оттенок. Проба золота, по данным разных исследователей, колеблется от 865 до 920.

Ранее был выполнен микронзондовый анализ золотинок Ананьевым Ю.С. и Пшеничкиным А.Я. из разных жил рудного поля. Проводилось определение содержаний золота и серебра. Установлено, что проба золота колеблется от золотинок к золотинок даже в одной пробе. Разброс колебаний пробы колеблется от 800 до 953. Наблюдаются колебания пробы золота, проанализировано в разных частях золотинок. Проба краевых частей золотинок оказывалась выше, чем ядерная. Золото из кварцевых жил, локализованных в песчано-сланцевой толще, имеет пробу ниже, чем в жилах, локализованных в габброидном штоке[12].

Содержание серебра в золотинках колеблется от 4,36 до 19,77 %, а в ядерных зонах золотинок его несколько больше чем в краевых. Максимальные содержания серебра выявлены в золотинках кварцевых жил, локализованных в песчано-сланцевых толщах. Отношение серебра к золоту колеблется в пределах от 1:4 до 1:16.

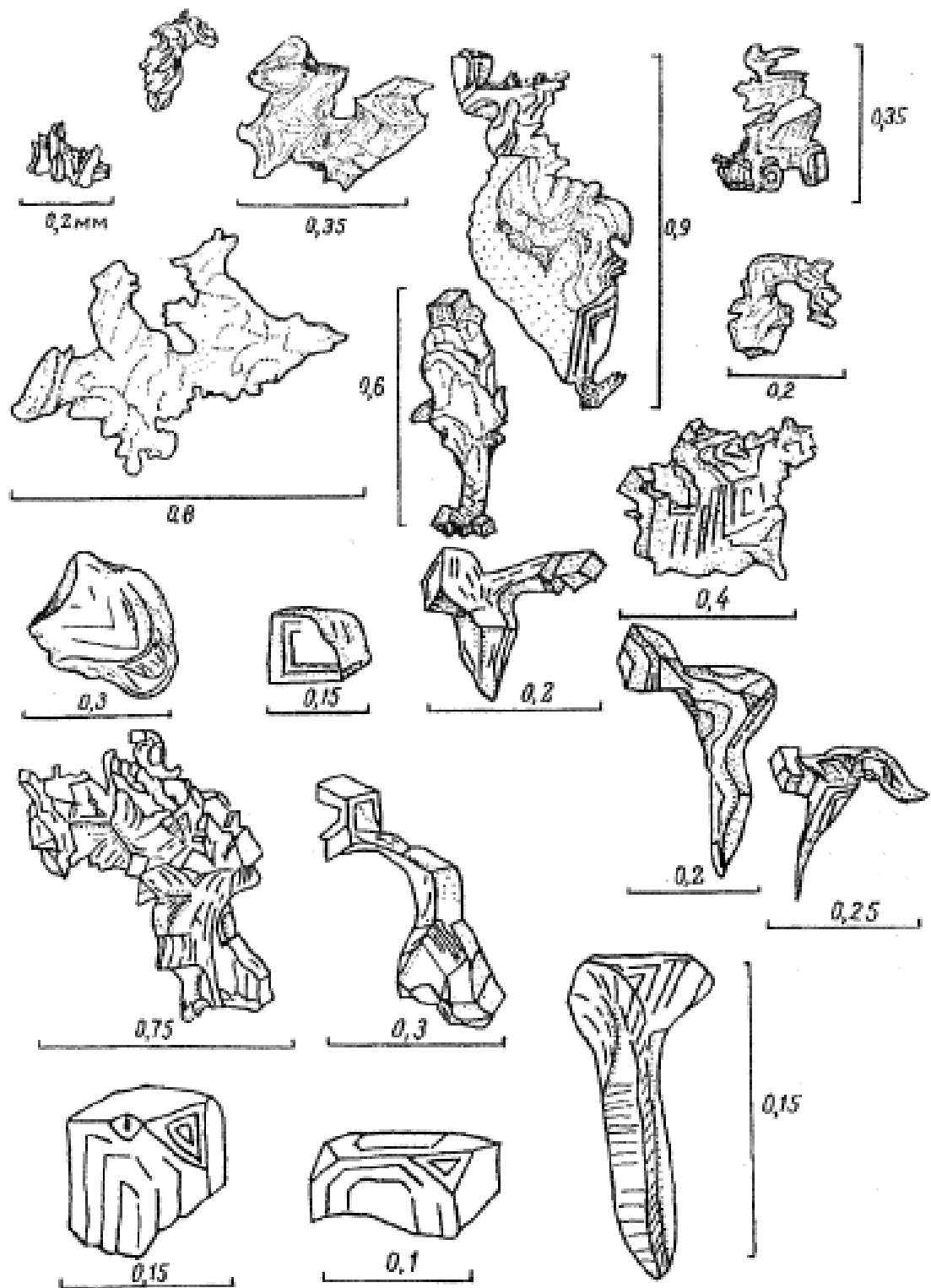


Рисунок 13 - Морфология золотин кварцево-жильных и штокверковых руд Балажальского месторождения (по материалам Ананьева)

Проведено исследование характера распределения золота в рудах, метасоматитах и минералах рудного поля сцинтилляционным методом. Анализ изложенного материала позволяет сделать ряд выводов.

1. Жильные и штокверковые руды содержат в основном видимое



золото в кварце и тонкодисперсное в кварце и сульфидах – около 10-15% золотин крупностью 0,5-1,0 и более мм, а 85-90% тонкодисперсного в кварце и сульфидах. Во вкрапленном типе руд 100% золота в тонкодисперсном состоянии концентрировалось в пирите и арсенопирите. В жильных кварцах, так же как и во вкрапленном типе руд, золотины размером 1-10 мкм. Вероятно это свидетельствует в пользу вывода о близких условиях формирования пирит-арсенопиритовой минерализации как прожилково-вкрапленных, так и кварцево-золоторудных тел.

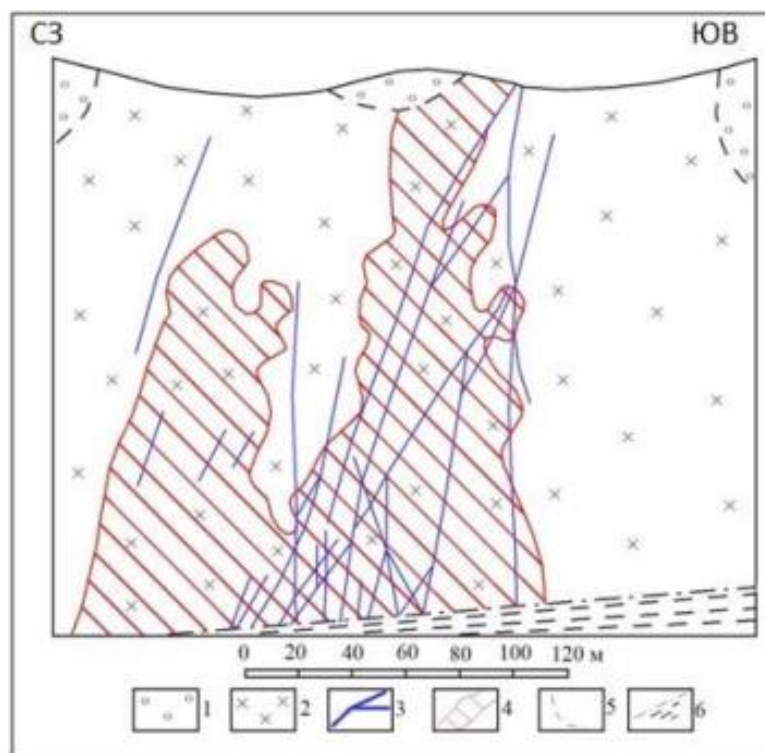
2. Сульфиды из березитов кварцевых жил отличаются от сульфидов березитов вкрапленного типа руд повышенными концентрациями золота и большими размерами золотин. В кварцево-жильном типе проба золота растет с глубиной, в прожилково-вкрапленном и вкрапленном – изменение пробы носит сложный волнообразный характер.



### 3.4 Морфологические особенности и условия залегания рудных тел

На месторождении Балажал развито четыре морфологических типа золотого оруденения (В.И. Наливаев, 1992 год): золото-кварц-полисульфидный жильный в верхней части, золото-сульфидно-березитовый вкрапленный - в средней, золото-сульфидный зон минерализации - в корневой части и наложенный золото-кварц-карбонат-теллуридный жильно-прожилковый.

Рудное тело имеет сложную форму в виде зоны, вытянутой в северо-восточном направлении на 500 м при мощности от 60 м на поверхности до 140 м на глубине с тенденцией дальнейшего увеличения (рисунок 14). Общее падение зоны рудоносных березитов северо-западное под углом  $70^\circ$ ; ее протяженность по падению - 160 м. По данным В.В. Масленникова, распределение запасов золота по структурно-морфологическим типам рудных тел следующее: зоны золотоносных березитов (2 рудных тела) - 52,2%, золоторудные кварцевые жилы (51 рудное тело) - 47,8%.



Условные обозначения: 1 - роговики; 2 - диориты; 3 - кварцевые жилы; 4 - березиты с вкрапленным оруденением; 5 - линия контакта интрузии с вмещающими породами;

6 - зона Балажалского разлома

Рисунок 14 - Морфология тел золотоносных березитов в разрезе месторождения Балажал (по материалам Т.М. Жаутикова)

Стержневое место в структуре штокверка занимают известные золоторудные кварцевые жилы (порядка 40), окруженные ореолами

штокверковых руд. Все перечисленные жилы группируются в пределах трех пространственных сближенных участков.

Первая группа жил (Валентиновские № 1, 2, 3, Андреевская, Евгеньевская, Ивановская и ряд без названий) локализуется со стороны западного крутого контакта габбро-диоритового штока смещающимися ороговикованными алевролитами, песчаниками кокпектинской свиты, захватывая частично центральную часть штока. Их простирание северо-восточное, близкое к

меридиональному ( $25-30^\circ$ ), углы падения, как правило, крутые ( $60-80^\circ$ ). На восточном флангештока к ним можно отнести также жилы Параллельную, Ново-Параллельную, Лево-Бортовые, Покровскую. Здесь перед жилой Андреевская жила Евгеньевская осложнена серией параллельно залегающих тектонических нарушений юговосточного падения, по которым она смещается в лежачий бок с амплитудами от 1,0 до 8,0 м. В большинстве же случаев амплитуды перемещения жил по этим нарушениям не превышают 3-4 м. Мощности жил изменяются от 0,05 м до 2,0 м. Наиболее выдержанными жилами по мощности является жила Ивановская. Мощность их по всей длине близка к средней 0,25-0,30 м.

Указанные жилы распределяются субпараллельно направлению линейной ориентировки габбро-диоритового штока, ритмически неоднородно, образуя отдельные зоны с более тесным расположением трещин, разделенные зонами слабо развитой трещиноватости, заполненных маломощными кварцевыми жилами и прожилками штокверкового характера. Некоторые трещины вмещают маломощные дайки аплитов, плагиогранит-порфира и даже тела лиственитов по ультрабазитам. Все вместе взятое указывает на их древнее прототектоническое заложение в тесной связи с продольными прототектоническими трещинами, которые подновлялись в первую очередь и благоприятно «работали» при орогенном мезозойском этапе тектономагматической активизации.

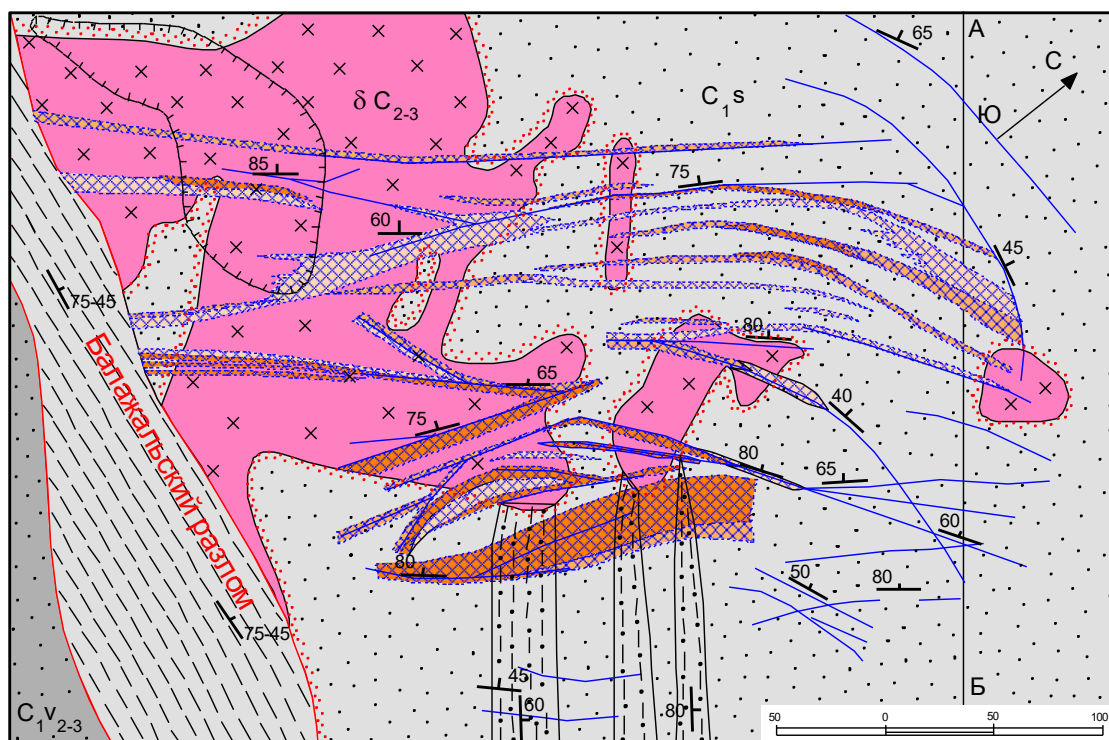
Вторая группа жил. Наибольшее развитие кварцевые золоторудные жилы получили в восточной части габбро-диоритового штока, со стороны его пологолежащей части (жилы № 1, Кок-Иссык, Джембас, Бортовая, Никольская, Ново-Никольская, Левый Развил, Западная и множество других менее масштабных). Простираясь здесь под острым углом к линейной ориентации штока и к полосе кварцевых жил первой группы, они локалируются в трещинах северо-восточного направления по азимутам  $55-70^\circ$ , с пологими углами падения ( $25-65^\circ$ ). Эти жилы, включая жилы первой группы, образуют в этой части месторождения свиты субпараллельных, иногда пересекающихся, сближенных тел, в результате чего вся жильная система представляется взаимосвязанной [13].

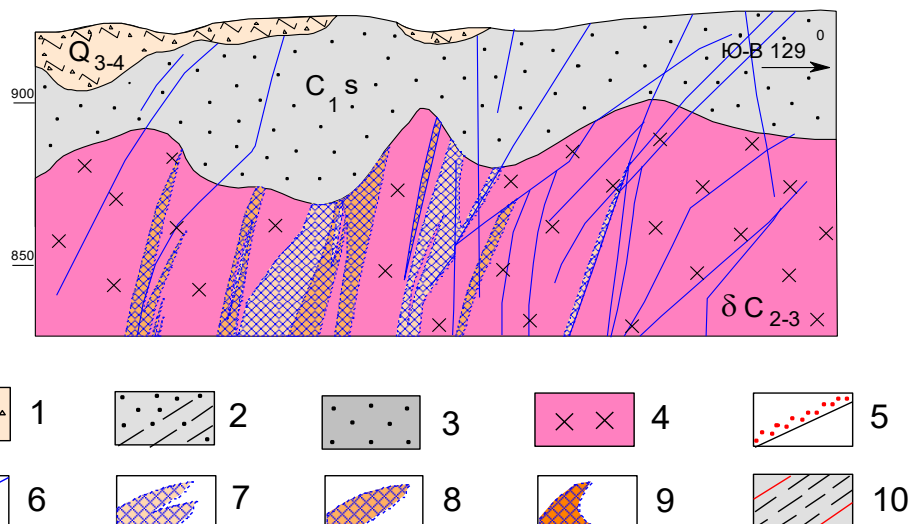
Морфология поперечных прототектонических трещин характеризуется значительной протяженностью (180-300 м), жилы сравнительно прямолинейны. Окруженная со стороны висячего и особенно лежачего боков обилием мелких и маломощных, нитевидных кварцевых жил и прожилков во

вещающих метасоматитах (березитах), импрегнированных кристаллами золотосодержащих сульфидов, вся эта система образует северо-восточную полосу протяженностью порядка 55 м и шириной 70-100 м ярко выраженного штокверка в березитах по кварцевым диоритам (рисунок 15).

Третья группа представлена жилами Перспективной, Комсомольской, Софийской-I, Софийской-II, залегающими субширотно (азимут простирания 100-110°), с углами падения 40-45° на север. Все эти жилы имеют протяженность на поверхности в пределах 200-250 м и откартированы среди роговиков и осадочных образований кокпектинской свиты, а в пределах габбро-диоритового штока они приурочены к местам смены с глубиной диабазов, кварцевых габбро, перекрываемыми ими диоритами. По своему генезису они близки с поперечными трещинами, их формирование связано с орогенными этапами развития региона. В пределах габбро-диоритового штока эти жилы также сопровождаются штокверковыми березитовыми ореолами.

Золоторудные кварцевые жилы трех групп размещены друг от друга на незначительные расстояния. Все они окружены ореолами штокверковых руд различной мощности, которые ввиду значительного количества главных кварцевых жил, на незначительной площади месторождения (0,068 км<sup>2</sup>), соприкасаются друг с другом, сливаясь в единый золоторудный штокверк. По падению морфологическая характеристика жил этой системы примерно такая же, как и по простиранию. Анализ подсечений их буровыми скважинами ниже горизонтов горных работ показал, что с глубиной они выглядят примерно так же, как и на уже вскрытых горизонтах.





1 - делювиально-пролювиальные отложения,  $Q_{3-4}$ ; 2 - песчаники, алевролиты,  $C_{1s}$ ; 3 - песчаники,  $C_{1v2-3}$ ; 4 - кварцевые диориты,  $\delta C_{2-3}$ ; 5 - ороговикование; 6 - кварцевые жилы; 7-9 - подзоны золоторудного штокверка (7 - прокварцевание (10-30%) и сульфидизация (1-5%) с содержаниями Au 3,5-5,0 г/т; 8 - прокварцевание (30-50%) и сульфидизация (1-5%) с содержаниями Au 5,0-10,0 г/т; 9 - интенсивного прокварцевания (>50%) и сульфидизации (>5%) с содержаниями Au 10-20 г/т и > 20 г/т); 10 - тектоническая зона Балажальского разлома.

Рисунок 15 - Схематическая геологическая карта и геологический разрез месторождения Балажал

### 3.5 Метасоматические процессы и закономерности проявления на месторождении

Гидротермальные изменения вмещающих пород являются неотъемлемой частью благородно-металльного оруденения в черносланцевых толщах Западно-Калбинской металлогенической зоны.

Продукты гидротермальной деятельности в пределах Западно-Калбинской металлогенической зоны, на основании минералогических особенностей и характера проявления, можно объединить в четыре формации: альбит-амфиболовые метасоматиты (метадиориты), кварц-полевошпатовые (щелочные) автометасоматиты, пропилиты, лиственито-березиты. Внутри формаций выделяются фации и субфации, различающиеся по минералогическому составу. Их дифференциация обусловлена различными температурами и глубинами минералообразования, эволюцией гидротермальных растворов во времени и пространстве и, отчасти, составом вмещающих пород [14].

В пределах месторождения выявлено и описано 4 типа метасоматических преобразований: альбит-амфиболовые метадиориты, кварц-полевошпатовые автометасоматиты, пропилиты и лиственито-березиты.

Альбит-амфиболовые метасоматиты (метадиориты) Балажальского месторождения. Образование метадиоритов обусловлено воздействием просачивающихся сквозь магматических флюидов на вмещающие породы еще в магматический этап.

Внешне метасоматиты имеют черты сходства с нормальными магматическими диоритами, но существенно отличаются от последних характером проявления, структурами и акцессорной минерализацией.

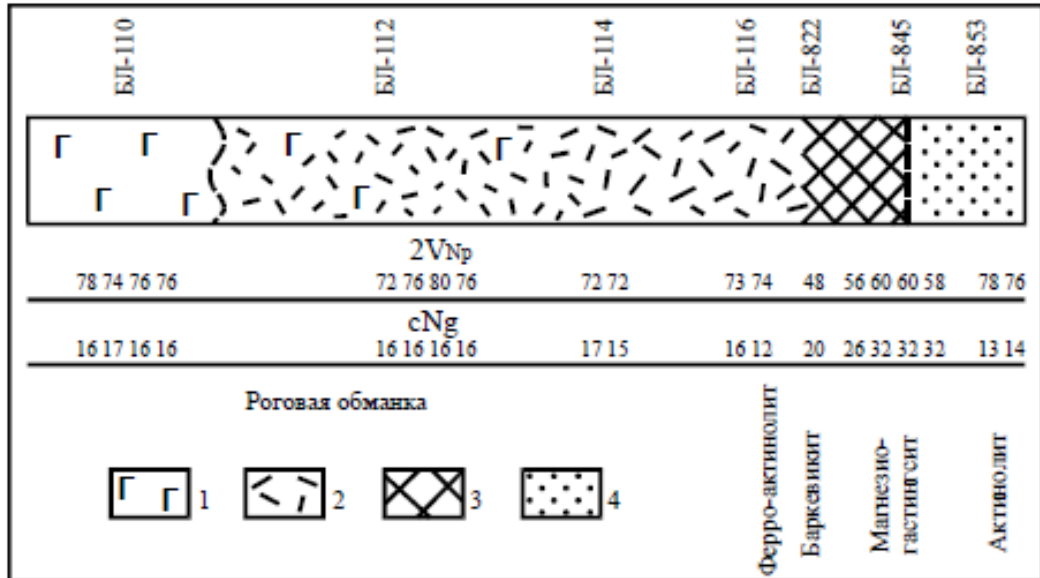
Ранее детально метадиориты изучались на месторождении Балажал, которое располагается на контакте одноименного габброидного штока с вулканогенно-осадочными породами карбона.

Характерной чертой метадиоритов Балажальского месторождения является отсутствие четких магматических контактов с интрузивными и вулканогенно-осадочными породами. Метасоматиты слагают тела неправильной формы, которые тяготеют к приконтактной части габброидного штока и обычно выходят за пределы последнего. Судя по реликтам вмещающих пород, метадиориты развивались как по интрузивным, так и по вулканогенно-осадочным породам.

Макроскопически породы имеют сероватую окраску, неоднородные текстуры, мелкозернистые структуры. Микроскопически альбит-амфиболовые метасоматиты проявляют микро-конституционно-такситовые текстуры, микрогранитовые, коррозионные структуры. Неоднородность обусловлена присутствием отличающихся по составу участков породы: отдельные блоки обогащены амфиболом, либо кварцем, либо реликтами вмещающих пород. Основная масса породы состоит из альбита, различного

по составу амфибола и кварца. Соотношение этих минералов весьма неустойчиво.

Амфибол метадiorитов представлен двумя разновидностями – обыкновенной роговой обманкой, которая замещает темноцветные минералы габброидного массива, и ферро-актинолитом, который сменяет роговую обманку по мере выхода метасоматитов во вмещающие вулканогенно-осадочные породы (Рисунок 16).



1– габброиды Балажальского массива; 2 – метадiorиты; 3– метагорнблендиты; 4– роговики

Рисунок 16 - Схематическая колонка метадiorитов и состав амфиболов Балажальского месторождения

В метадiorитах постоянно присутствуют тонкая сыпь рудного минерала – ильменита, вторичные хлориты, эпидоты и характерный для данных метасоматитов циркон (в протолочках по неизменным габброидам циркон не установлен).

Вблизи контактов метадiorитов с вулканогенно-осадочными породами карбона нередко наблюдается перекристаллизация метадiorитов с пространственным обособлением лейкократовой (метадiorиты) и меланократовой (метагорнблендиты) частей породы с частичным укрупнением размеров кристаллов амфибола.

Амфибол метагорнблендитов представлен баркевикитом и магнезиогастингситом. При микроскопическом изучении устанавливается, что выделения амфиболов представлены агрегатом разно ориентированных зерен, частично растворенных, дробленых и цементированных тем же амфиболом.

Верхний возрастной предел образования метадiorитов определяется наличием их ксенолитов в габброидах эндоконтакта. Обломки метасоматитов

не несут следов ороговикования. Наблюдается лишь отгонка мафической части из зоны реакции. Подобное переотложение можно наблюдать в отдельных случаях в пределах одного образца и даже одного шлифа.

Подобные метасоматические изменения характерны для массивов габбро – диорит - гранодиоритового ряда и обычно трактуются как результат воздействия сквозьмагматических флюидов на вмещающие породы основного состава

Кварц-полевошпатовые метасоматиты довольно широко распространены в апикальных частях Балажальского и Акжальского массивов и, как правило, не выходят за пределы интрузивов. Они образуют жилоподобные тела незначительной протяженности (10–30 м) и малой мощности (до 3–5 м). Этот автометасоматический процесс выражается в образовании калий-натриевых полевых шпатов и кварца с проявлением пегматоидных кварц полевошпатовых образований. Это крупнозернистые породы, розового и мясо-красного цвета, массивной текстуры. На основании характера проявления и количества новообразованных минералов внутри тел кварц-полевошпатовых метасоматитов можно выделить следующие три метасоматические зоны: внешнюю, промежуточную и внутреннюю. Они различаются между собой и визуалью по цвету слагающих их минералов.

Внешняя зона представлена слабоизмененными породами. Здесь проявляются следующие новообразованные минералы – розовый альбит и апатит с коэффициентом удлинения 2–4. Новообразованные минералы располагаются в изменяемой породе хаотически, но пронизывают весь эдукт довольно равномерно. Количество новообразованных минералов не превышает 10 %. Первичные темноцветные минералы остаются практически неизменными.

Промежуточная зона отличается от внешней зоны тем, что начинается укрупнение размеров зерен альбита, кроме этого широко развиты гнездообразные обособления альбита и кварца между кристаллами последнего. Появляются графические структуры. Количество апатита возрастает до 1 %, его коэффициент удлинения 4–6. Первичный темноцветный минерал замещается хлоритом. Количество новообразованных минералов достигает 30–50 %.

Внутренняя зона это уже кварц-альбитовый метасоматит. Цвет породы розовый. Микроструктура породы – графическая. Состав метасоматита: альбит, кварц 30 – 35 %, апатит 2–3 %. Коэффициент удлинения апатита 5–12, а иногда и более. Кристаллы апатита игольчатые. Они образованы гранями гексагональной призмы и дипирамиды. Пинакоид отмечается редко. Иногда на кристаллах появляется слабо развитая вторая гексагональная призма или дигексагональная дипирамида. Первичные минералы как фемические так и салические не сохранились.

Под термином «пропилиты» предлагаем понимать продукты площадного до рудного гидротермального процесса преобразования средних

и основных магматогенных пород и сопряженных с ними осадочных образований.

Наиболее типичные апогаббровые пропилиты актинолит-эпидот-альбитовой фации, установлены на месторождении Балажал.

Внешняя зона. Породы этой зоны почти не отличаются от неизмененных габброидов, и лишь при микроскопическом изучении можно обнаружить, что порода разбита редкой сетью микроскопических кварц-карбонат-эпидотовых прожилков.

Первая промежуточная зона. У пород зоны появляется светло-зеленый оттенок и уже визуально можно различить кварц-карбонат-эпидотовые прожилки. Породы зоны характеризуются хлоритизацией пироксенов и слабой эпидотизацией полевых шпатов. Количество новообразованных минералов не превышает 20 %.

Вторая промежуточная зона. Цвет породы становится зеленым. Зона характеризуется наличием кварц-карбонат-эпидотовых прожилков, полной

хлоритизацией пироксенов, слабой актинолитизацией роговых обманок, средней степени эпидотизации полевых шпатов. Количество новообразованных минералов достигает 50 %.

Внутренняя зона. Ее породы имеют характерный травяно-зеленый цвет. Визуально создается впечатление, что порода целиком сложена эпидотом. Микроскопически зона характеризуется множеством кварц-карбонат-эпидотовых прожилков, практически полной эпидотизацией полевых шпатов, частичной актинолитизацией роговых обманок, исчезновением хлорита, появлением небольшого количества альбита. Эпидот относится к железистой разновидности – пистациту. Количество новообразованных минералов достигает 100% [15].

Лиственито-березиты - эти околорудные метасоматиты сопровождают жильные, штокверковые и прожилково-вкрапленные руды, а также образуют самостоятельные жилообразные тела и контролируются разрывными нарушениями и зонами трещиноватости. Они представлены существенно карбонатными породами (листвениты) с зеленой слюдой, или серицит-кварц-пиритовым агрегатом (березиты). Во внешних зонах колонок обычно обнаруживаются продукты предыдущих метасоматических процессов.

Апогаббровые березиты можно наблюдать на месторождениях Балажал, Бижан, Акжал. На основании детального микроскопического изучения выделено четыре метасоматические зоны: внешняя, первая и вторая промежуточная, внутренняя.

Внешняя зона по внешнему облику пород мало отличается от неизмененных габброидов. Однако при микроскопическом изучении устанавливается хлоритизация темноцветных минералов. Если в породе содержался эпидот, то он также хлоритизируется. Акцессорный магнетит остается неизмененным.



Первая промежуточная зона. Процесс выразился в осветлении исходных пород. Хлорит замещается мусковитом и анкеритом, полевые шпаты серицитизируются. Акцессорный магнетит замещается пиритом.

Вторая промежуточная зона. Породы этой зоны становятся еще более светлоокрашенными, при этом кое-где можно наблюдать шелковистый отлив. Плагиоклаз, помимо серицита замещается анкеритом и альбитом. Темноцветных минералов в породе не сохраняется.

Внутренняя зона. Это уже светло-серые породы. В метасоматите присутствуют серицит, мусковит, анкерит, альбит, кварц, пирит куб-пентагондодекаэдрического габитуса. Серицит преобладает над мусковитом. Первичные минералы не сохраняются.

В рудном поле Балажал проявлены щелочные метасоматиты этапа магматического замещения, представленные альбит-амфиболовыми метадиоритами, и постмагматического этапа – кварц-полевошпатовыми метасоматитами и пропилитами. Метасоматиты стадии кислотного выщелачивания, которые накладываются на ранние гидротермальные образования, представлены березитами (рисунок 17).

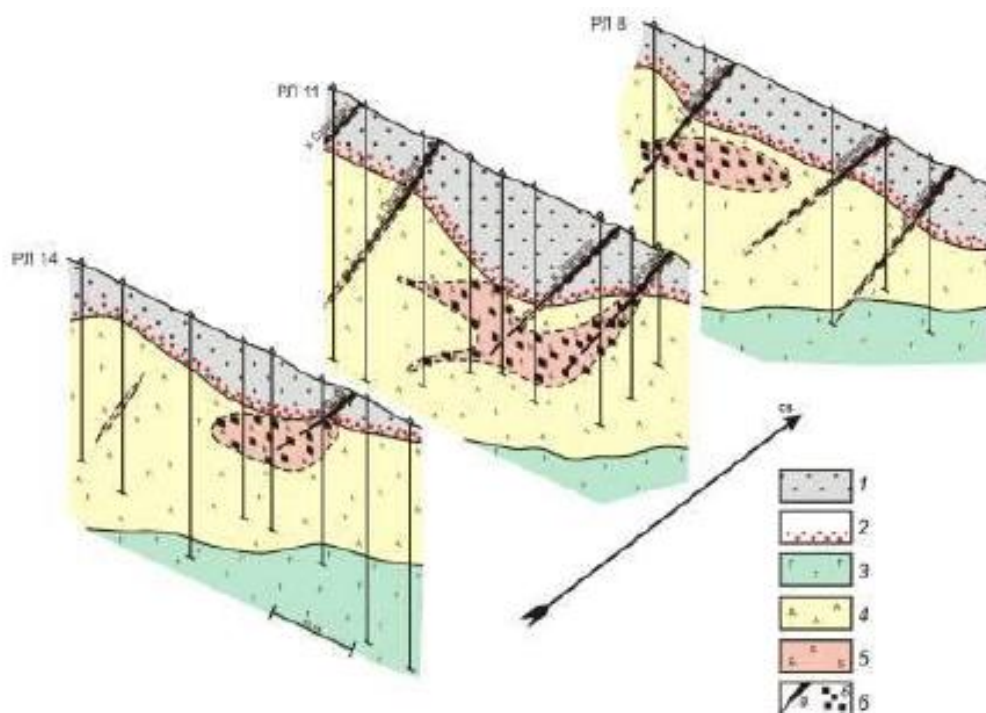


Рисунок 17 - Схематические геологические разрезы через Балажалское рудное поле: 1 – вулканогенно-терригенные отложения аркалыкской свиты карбона; 2 – контактовые роговики; 3 – габброиды кунушского габбро-плагиогранитного комплекса; 4 – апогаббровые кварц-полевошпатовые метасоматиты; 5 – березиты; 6 – рудные тела: а – кварцево-жильные и б – прожилково-вкрапленные

Метадиориты слагают тела неправильной формы, которые тяготеют

приконтактовым частям габброидного штока. Кварц-полевошпатовые автометасоматиты, представленные в основном кварцево-альбитовыми разностями, обычно формировались в апикальных частях интрузивного массива. Пропилиты представлены образованиями актинолит-эпидот-альбитовой фации и контролируются разрывными нарушениями различных типов. Для последних установлено закономерное снижение железистости пистацита от нижних горизонтов юго-западного фланга рудного поля к верхним горизонтам северо-восточного.

Березиты (кварц-карбонат-мусковит-серицитовой с альбитом фации) проявляются локально по интрузивным породам, ранним метасоматитам, роговикам, осадочным породам и контролируются трещинами скола и зонами повышенной трещиноватости. В первом случае формировались зоны березитизации, сопровождающие кварцевые жилы, а во втором – самостоятельные тела гидротермально измененных пород в теле габброидного штока, в той или иной мере продуктивных на золото. Кварцевые жилы, завершающие во времени рудно-метасоматический процесс, формировались в проницаемых тектонических структурах как габброидного штока, так и за его пределами. Именно в этот период образовалась основная масса золотоносных сульфидов, образующих прожилково-вкрапленные руды рудного поля.

В пределах рудного поля установлены проявления двух продуктивных стадий минерализации: ранней – кварц-золото-пирит-арсенопиритовой и поздней – кварц-золото-полиметаллической. Основной продуктивной минерализацией является ранняя кварц-золото-пирит-арсенопиритовая. Продукты отложения этой стадии встречаются как в прожилково-вкрапленных, так и в кварцево-жильных образованиях. Поздняя стадия минерализации встречается только в кварцевых жилах, локализованных в песчано-сланцевой толще, и пространственно совпадает с участками повышенной золотоносности.

Самыми распространенными минералами рудных ассоциаций являются пирит и арсенопирит. Соотношение пирита и арсенопирита с глубиной рудно-метасоматических зон меняется с 3:1 в кварцевых жилах до 5–7:1 в прожилково-вкрапленных и вкрапленных рудах. При этом следует отметить, что в прожилково-вкрапленных рудах в участках повышенной золотоносности количество арсенопирита резко возрастает и величина пирит/арсенопиритового отношения меняется до 1:3–5.

Установлено, что для кварцево-жильного и прожилково-вкрапленного типов оруденения характерно увеличение количества морфологических типов кристаллов пирита по мере продвижения от неизмененных пород к рудам.

В пиритах в различных количествах установлены примеси Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn, Ti, Zr, Ag, Sb, Sn, As, La, Bi, Y, Yb, Sr, Ba, Au, Ce, Cr, Sc, Eu, Th, Hf, Ta, Sm, Lu. С глубиной соотношение этих элементов меняется для кварцево-жильного и прожилково-вкрапленного оруденения волнообразно,

отмечая тем самым структурно-морфологические типы руд. При этом установлено, что пириты рудоносных зон отличаются от пиритов вмещающих пород повышенными концентрациями Au, As, Sb, Pb, Ag, Zn, Cu, Eu, Sr, Sm и пониженными содержаниями Ni, Co, Mn, Zr, Cr, Th, Ta. Геохимический показатель, рассчитанный для прожилково-вкрапленных руд закономерно увеличивается с глубиной рудных тел.

Вторым по распространенности рудным минералом рудного поля является арсенопирит. Наибольшее распространение получили короткопризматические и призматические кристаллы, а так же двойники прорастания. По падению рудно-метасоматической зоны закономерно меняется количество морфологических типов кристаллов и габитус кристаллов арсенопирита: в кварцевых жилах, как правило, развиты не более трех морфологических типов кристаллов и преобладают короткопризматические кристаллы, тогда как в прожилково-вкрапленных рудоносных зонах количество морфологических типов кристаллов достигает 6 с преобладанием короткопризматических и удлиненно призматических кристаллов.

В арсенопирите в различных количествах установлены примеси Ce, Cr, Sc, Co, Eu, Th, Hf, Sb, Ag, Sm, La, Lu, Au. Намечается закономерное уменьшение содержания элементов-примесей Cr, Sc от кварцево-жильного типа к прожилково-вкрапленному. Концентрации Ce, Eu, Th, Hf, Sb минимальны в прожилково-вкрапленных рудах, тогда как Sm, La, Lu преимущественно накапливаются в них. Арсенопирит – основной концентратор золота в прожилково-вкрапленных рудах. Концентрации Au в нем достигают 36 г/т и более.

Золото прожилково-вкрапленных руд так же образует выделения неправильной формы в интерстициях кварца и сульфидов, в микротрещинах. Часто наблюдается обрастание золотом кристаллов пирита и арсенопирита. Размер золотин прожилково-вкрапленных руд лежит в пределах от сотых долей до 2 мм.

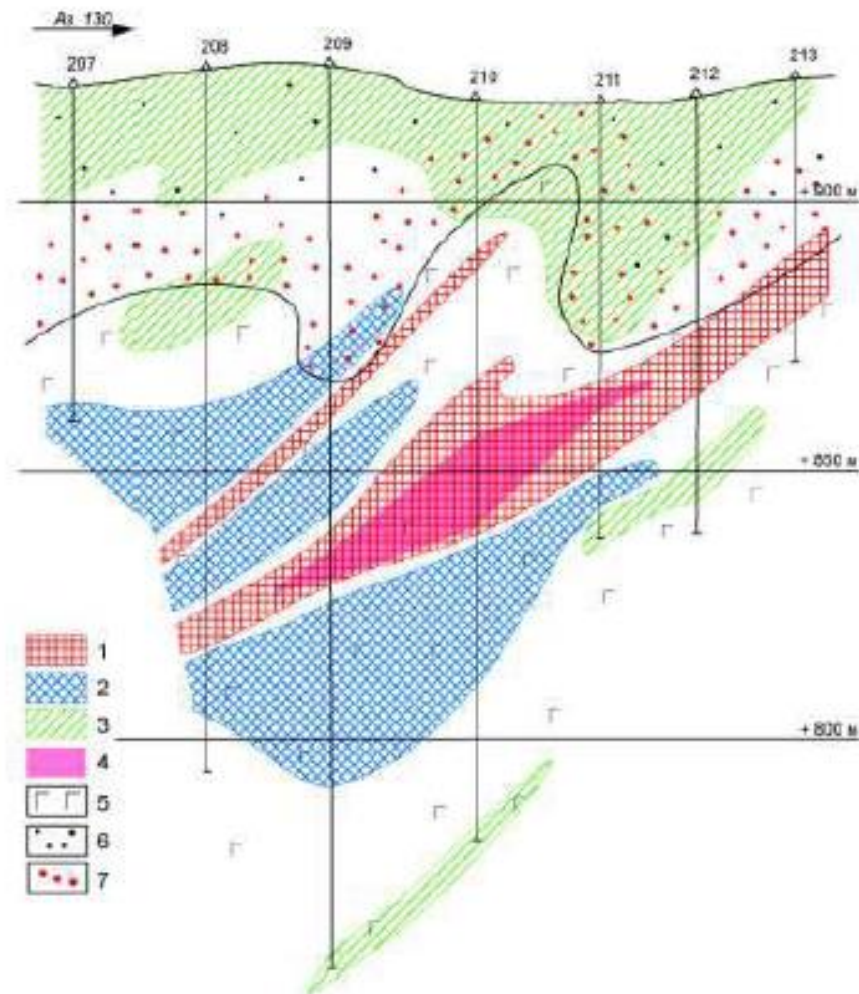
В рудном поле проявлены геохимические ореолы Ba, Cu, Pb, Zn, Au, As, W, Ni, Co, V, Li, Sr. Морфология аномалий элементов отвечает струйчатой, линзовидной и редко линейно-пластовой конфигурациям. В северо-восточной части рудного поля, где господствуют малосульфидные кварцевые жилы среди березитов закартированы слабоконтрастные ореолы Cu, Pb, As, Ba, W, Ni редко Zn.

Прожилково-вкрапленная пирит-арсенопиритовая продуктивная минерализация на месторождении уверенно отличается от вмещающих пород повышенными концентрациями As, W, Zn, Pb, Li, Sr, Ba. При этом процедура факторного анализа (R-метод с вращением факторов методом варимакс) позволила выявить аномальную структуру геохимического поля этого типа минерализации (рисунок 18).

В ранге рудного тела геохимическая ассоциация As, W, Au (ядерная зона концентрирования) фиксирует участки развития продуктивной пирит-

арсенопиритовой с золотом прожилково-вкрапленной минерализации. Ассоциация Zn, Pb, Li, Sr, Ba (зона транзита) отражает области развития безрудных березитов. Геохимическая ассоциация Cr, Ni, V (фронтальная зона концентрирования) пространственно совпадает с участками распространения внешних зон березитовой колонки с хлоритом и метасоматическим пиритом II.

В черносланцевых толщах карбона рудно-метасоматическая зональность проявилась менее контрастно. Здесь проявились пропилиты и лиственито-березиты, которые сопровождают вкрапленные, прожилково-вкрапленные, штокверковые и жильные структурно-морфологические типы оруденения.



1–3 – геохимические ассоциации: 1 – As+W+Au; 2 – Zn+Pb+Li+Sr+Ba; 3 – Cr+Ni+V; 4 – прожилково-вкрапленное рудное тело с содержанием Au > 3 г/т; 5 – габбро и разноформационные апогаббровые метасоматиты; 6 – вмещающие черносланцевые толщи карбона; 7 – контактовые роговики

Рисунок 18 - Аномальная структура геохимического поля по разведочной линии IX месторождения Баладжал.

#### 4 Генезис месторождения

Северо-восточные нарушения вмещают основную массу кварцево-жильного и вкрапленного оруденения. Субширотный разлом является контролирующим. Резкий разворот структур с северо-западного направления на северо-восточное обусловил оптимальный режим магмо- и рудообразования.

Разломы глубинного золотоотложения откартированы в виде зон дробления и брекчирования, интенсивного расщепления и гофрирования. Наиболее крупные из них отмечаются непосредственно вблизи месторождения Балажал, а так же в районе рудопроявлений. В частности к северному разлому приурочены кварцевые жилы рудопроявления Полукс и мощная дайка беретизированных прожилков порфира, расположенная в 1 км к западу от месторождения Балажал. Жилы распределяются субпараллельно направлению линейной ориентировки габбро-диоритового штока, ритмически неоднородно, образуя отдельные зоны с более тесным расположением трещин, разделенные зонами слабо развитой трещиноватости, заполненных маломощными кварцевыми жилами и прожилками штокверкового характера. Некоторые трещины вмещают маломощные дайки аплитов, плагиогранит-порфира и даже тела лиственитов по ультрабаазитам. Все вместе взятое указывает на их древнее прототектоническое заложение в тесной связи с продольными прототектоническими трещинами, которые подновлялись в первую очередь и благоприятно работали при орогенном мезозойском этапе тектономагматической активизации.

Рудоносные зоны месторождения золота сопровождаются гидротермальными изменениями вмещающих пород. Околорудные гидротермально-метасоматические изменения зависят от состава вмещающих пород. Геолого-петрографический состав интрузива свидетельствует о гипабиссальных условиях его становления.

Гидротермальный метаморфизм пород связан с процессами беретизации и собственно рудной стадии. Наиболее четко зоны гидротермальной проработки северного простирания фиксируются в диоритах. Мощность сульфидной минерализации, сопровождающих трещинки, от нескольких сантиметров до 2-5 м. Непосредственно данное месторождение Балажал относится к гидротермальному среднетемпературному генезису.

Гипотеза о гидротермальном происхождении золотого оруденения, которая обосновывается, следующими фактами:

- Наложение золотого оруденения на интрузии кунушского комплекса.
- Отсутствие областей выноса золота из вмещающих пород.
- Пространственная ассоциация руд с дайками кунушского комплекса.
- Четко проявленная метасоматическая, минеральная зональность, зональность пробности золота.

## 5 РЗЭ в метасоматитах золоторудного месторождения Балажал

В пределах месторождения выявлено и описано 4 типа метасоматических преобразований: альбит-амфиболовые метадiorиты, кварц-полевошпатовые автометасоматиты, пропилиты и лиственито-березиты.

Формирование метадiorитов, ранних кварц-полевошпатовых и пропилитовых метасоматитов сопровождалось довольно значительным выносом золота из зон метасоматоза, и, лишь процесс образования лиственито-березитов, особенно сульфидизированных разностей, приводил к значительному накоплению металла.

Все формационные типы метасоматических образований (альбит-амфиболовые метадiorиты, кварц-полевошпатовые, пропилитовые, березитовые) характеризуются преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми. Аномалии церия в метасоматитах не выражены, что позволяет предполагать участие магматогенных флюидов в формировании месторождения. В целом, тренды распределения РЗЭ в метасоматитах отчетливо унаследуют особенности распределения элементов в подвергшихся метасоматическим преобразованиям габброидах кунушского комплекса. При этом максимальные суммарные концентрации РЗЭ обнаруживают кварц-полевошпатовые автометасоматиты (242–221 г/т), а минимальные – березиты (88–78 г/т). Наблюдается закономерное снижение уровня концентраций РЗЭ от ранних щелочных кварц-полевошпатовых к поздним кислотным лиственито-березитам, что указывает на низкую концентрацию РЗЭ во флюиде и определенную подвижность РЗЭ в гидротермальном процессе.

При формировании альбит-амфиболовых метасоматитов в магматический этап в щелочной обстановке происходил общий вынос РЗЭ. При этом максимально выносились промежуточные элементы (Sm, Eu, Gd, Tb). Минимальную подвижность при этом проявляют крайние легкие (La, Ce) и, в чуть меньшей степени, крайние тяжелые (Yb, Lu) элементы.

Наименьшая подвижность у РЗЭ проявляется при кварц-полевошпатовом автометасоматозе. Дифференциация между легкими, промежуточными и тяжелыми РЗЭ незначительная.

Пропилитизация, протекавшая в слабо щелочных условиях, также характеризуется общим выносом РЗЭ. При этом процессе максимальную подвижность, и соответственно вынос, проявляют легкие элементы (La, Ce, Pr, Nd), минимальную – тяжелые (Er, Tm, Yb, Lu), т.е. происходит относительное обогащение метасоматитов тяжелыми лантаноидами относительно легких.

Максимальную подвижность РЗЭ проявляют при березитизации в условиях кислотного выщелачивания. В этом метасоматическом процессе наблюдается максимальная подвижность, и соответственно вынос,

промежуточных лантаноидов (Sm, Gd, Eu, Dy), средняя у тяжелых (Yb, Lu) и минимальная у легких (La, Ce).

Внедрение габброидного штока, вмещающего Балажальское месторождение, контролировалось сопряжением зоны Балажальского разлома с

разрывными нарушениями субширотного простирания. Еще в магматический этап, под воздействием просачивающихся сквозьмагматических флюидов, здесь формировались ранние альбит-амфиболовые метасоматиты. Их тела, тяготеют к приконтактной части штока и выходят за его пределы. В связи с этим, магмато-генно-флюидную систему этого этапа метасоматизма следует считать «открытой». Сумма нормированных значений содержаний РЗЭ этого этапа – 4,90.

По мере кристаллизации габброидного штока происходило накопление флюидной фазы, и затем формирование кварц-полевошпатовых автометасоматитов.

Формирование пропилитовых метасоматитов проходило вокруг эпидот-микроклин-кварцевого прожилкования как в пределах габброидного штока, так и за его пределами, что указывает на достаточно высокую степень проницаемости флюидной системы с показателем  $\sum \text{РЗЭ}_n = 7,21$ .

Березиты на месторождении образуют как самостоятельные тела вне интрузива, так и сопровождающие оторочки кварцевых жил и прожилков в теле габброидного штока. Следовательно, в этот этап флюидная система проявилась максимально в трещинных зонах и характеризуется показателем  $\sum \text{РЗЭ}_n = 3,79$ .

Таким образом, результаты изучения распределения РЗЭ в метасоматических образованиях Балажальского золоторудного месторождения указывают на то, что гидротермальные образования на начальном этапе формировались из относительно окисленных флюидов, обогащенных легкими лантаноидами. В дальнейшем, развитие гидротермально-флюидной системы шло со слабым относительным восстановлением и увеличением доли легких РЗЭ. С другой стороны особенности распределения РЗЭ в гидротермально-метасоматических образованиях отражает степень «проницаемости» системы – ранние альбит-амфиболовые метадиориты формировались в проницаемой среде, кварц-полевошпатовые автометасоматиты в «закрытой» системе, а поздние пропилиты и березиты – в среде, проницаемость которой увеличивалась. Вероятно, процесс определяющий «проницаемость» системы, влияет на относительную восстановленность/окисленность гидротермально-флюидной фазы.

## 6 Закономерности распространения золотого оруденения

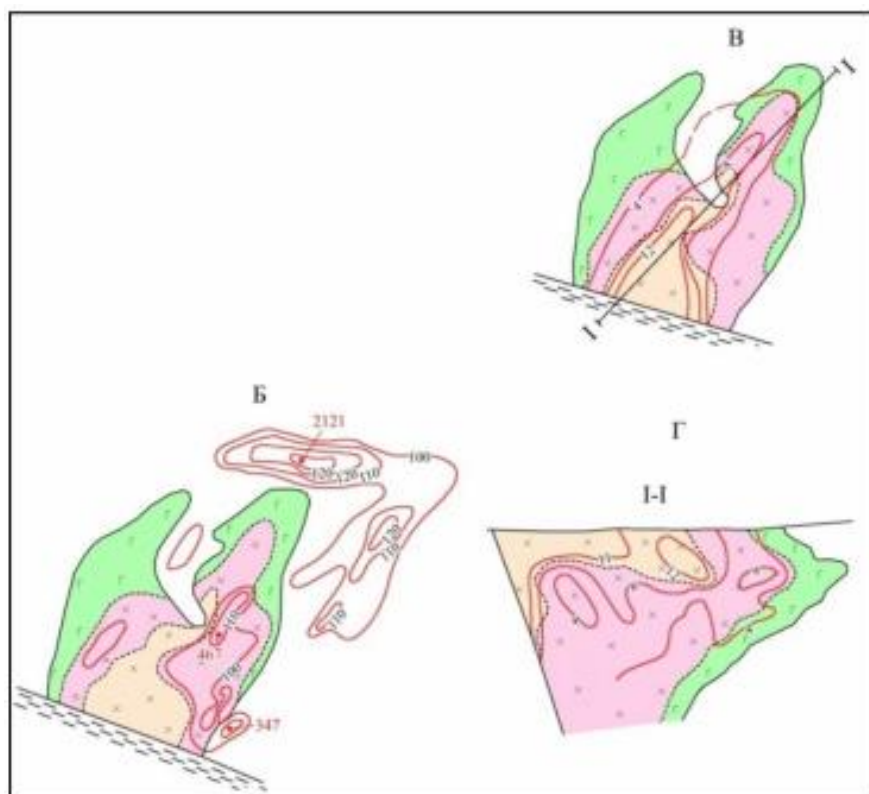
Представленные в данной работе материалы по изучению распределения золота по крупности его частиц в рудах Балажальского месторождения можно рассматривать как один из возможных вариантов опытно-технологических исследований некоторых проблем опробования, контроля качества руды и продуктов ее добычи и переработки простой и доступной методикой выделения свободного золота и его гранулометрического анализа. Данная аналитическая работа, вместе с тем, требует большой скрупулезности, точности и профессионализма, как и другие методы анализа, в частности пробирный анализ. В то же время, результаты опытно-технологических исследований дают более богатую и представительную информацию о самом золоте и его распределении по крупности, особенно в сочетании с такими методами, как пробирный анализ [16].

Для того, чтобы решить конкретную задачу по оценке действительного содержания золота предполагаемой руды, необходимо выбрать технико-методический комплекс опробования. Основой технико-методического комплекса опробования являются навески, рядовые пробы и опробовательские выборки. Результаты изучения распределения золота по крупности его частиц в рудах показывают, что золото в них представлено частицами разной крупности. Распределение числа золотин по крупности близко соответствует гиперболической зависимости, кривые распределения массы металла по крупности золотин характеризуются правосторонней асимметрией, которая выражена тем резче, чем меньшей крупностью представлено золото в рудах.

Закономерности распространения золотого оруденения кварцевожильного типа представлены рисунком 19Б, где показаны ореолы распределения средних содержаний золота жильной части месторождения. Как видно, области распространения высоких содержаний золота контролируются диоритами и роговиками, причем площадные ореолы в диоритах резко уступают по своим абсолютным значениям ореолам зоны роговиков. Здесь, на фоне стограммового контура выделяются два центра с содержанием 342 и 467 г/т и один участок в экзоконтакте массива — 347 г/т.

Второй ореол, обрамляющий апикальную часть интрузива, характеризуется наибольшим площадным распространением с повышенными содержаниями золота (до 2121 г/т, ж. Параллельная). Общая рудоносная колонна с вертикальным размахом до 120 м полого склоняется на юго-запад. На глубину кварцево-жильный тип выклинивается.





Б – ореолы распределения средних содержаний золота по жилам; В – распределение золотоносных березитов в Балажальской интрузии в изолиниях содержаний (проекция на горизонтальную плоскость); Г – распределение вкрапленного оруденения в проекции на вертикальную плоскость.

Рисунок 19- Закономерности распределения кварца и золота на месторождении Балажал (по Т.М. Жаутикову)

Характер распределения вкрапленного оруденения показан на рисунках 19Б, 19Г. Ореол распространения золотоносных березитов (рисунок 19В) располагается в центральной части интрузива, он вытянут в северо-восточном направлении. Основная часть оруденения при содержаниях до 4 г/т располагается в диоритах и кварцевых диоритах. Вкрапленное оруденение характеризуется площадным развитием, на разных горизонтах выявлены мощные зоны березитов с промышленным содержанием золота, достигающим 12 г/т в центральной части интрузивного массива.

Характер распределения золота в изученной части штокверка прожилково-вкрапленных березитов свидетельствует о выдержанности золотого оруденения по простиранию и падению, что подчеркивает в общем плане целостность объекта. Однако геолого-структурные особенности месторождения, а также связь оруденения с гидротермально измененными породами, вещественный и минералогический состав руд охарактеризованы в отчете с недостаточной полнотой. Эти особенности, так же как размещение зон интенсивного развития кварцевых прожилков не получили обобщенного отображения на разрезах и планах, в связи с чем внутреннее строение штокверковой зоны не раскрыто.

## 6.1 Перспективы золотого оруденения месторождения

Единичными скважинами и горными выработками в пределах Чарского разлома (юго-западная фланг месторождения, корневая часть), как уже отмечалось, подсечена зона минерализации мощностью от 3 до 25 м с содержанием золота от 3 до 8 г/т. Учитывая рудоконтролирующую роль Чарского разлома, данный тип оруденения заслуживает постановки поисково-оценочных работ.

Выделенные типы золотого оруденения проявляют четкую вертикальную зональность. Золото-кварц-сульфидные жилы локализованы в верхней части разреза, золотое-березитовое вкрапленное оруденение – в средней, золото-кварц-карбонат-теллуридное прожилково-жильное оруденение – в корневой части.

Прогнозные ресурсы оценены только для вкрапленного золото-сульфидно-березитового оруденения. С ним связываются перспективы месторождения (В.А.Глоба, 2006 г.).

Объект прогноза представляет собой зону вкрапленной минерализации, характеризуется следующими объемными параметрами. Прослеженная протяженность рудной зоны по простиранию – от замыкания в северо-восточной эндоконтактной части массива до причленения к рудоподводящему разлому на юго-западе составляет 500 м. Рудное тело включает два блока.

Верхний блок по степени изученности комплексом разведочных, эксплуатационных выработок и буровых скважин при отработке кварцевых жил, отвечает категории  $P_1$ . При объемном весе руд  $2,6 \text{ т/м}^3$ , коэффициенте рудоносности ( $K_p$ ) – 0,5, среднем содержании 4 г/т прогнозные ресурсы золота категории  $P_1$  составляют:  $500 \times 160 \times 100 \times 2,6 \times 0,5 \times 4 = 51600 \text{ кг Au}$ , руды 12900 тыс. т. [17].

Прогнозные ресурсы нижнего блока подвешенного к нижней границе верхнего (уровень горизонт VI), разведанного одиночными скв, отнесены к категории  $P_2$ . Объемный вес руды  $2,6 \text{ т/м}^3$ ,  $K_p$  – 0,5 среднее содержание золота 4 г/т. Прогнозные ресурсы  $500 \times 90 \times 140 \times 2,6 \times 0,5 \times 4 = 32760 \text{ кг Au}$ , руды 8190 тыс. т.

Общие ресурсы категорий  $P_1 + P_2$  составляют золота 84,3 т, руды 21090 тыс. т. При глубине прогноза 200 м (по падению рудного тела 250 м) и среднем содержании золота 4 г/т, что отвечает крупному месторождению.

Заслуживает внимания золотоносность шовной зоны Чарского глубинного разлома, представляющей собой корневую часть месторождения Балажал с трехуровневой морфологической зональностью оруденения. Чарский глубинный разлом играл роль не только рудоконтролирующей структуры, но также рудоподводящей и рудовмещающей, что требует его детального изучения, в первую очередь, в интервале флексурного разворота в районе месторождения Балажал.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований поставленные задачи в начале работы были решены и исходя от них сделаны следующие выводы:

- Золото-концентрирующая система формировалась в герцинскую металлогеническую эпоху развития Зайсанской складчатой системы в различных геодинамических обстановках.

- Месторождение Балажал рассматривается как крупный штокверк прожилково-вкрапленных золотосульфидно-кварцевых руд в березитах (метасоматитах) по габбро-диоритам.

- Принято выделять на месторождении два природных, геолого-промышленных типа рудных тел: золоторудные кварцевые жилы и прожилково-вкрапленные золото – сульфидно-кварцевые метасоматиты кварц-альбит-амфиболового состава и кварц-полевошпатового состава.

- В ходе микроскопического исследования руд кварцево-жильный тип оруденения был подтвержден и выяснялось, что свободное золото отлагалось преимущественно во вторую и в третью стадию золотого оруденения.

- Гидротермальный метаморфизм пород связан с процессами березитизации и собственно рудной стадии. Непосредственно данное месторождение Балажал относится к гидротермальному среднетемпературному генезису.

- Общие ресурсы категорий  $P_1 + P_2$  составляют золота 84,3 т, руды 21090 тыс. т. При глубине прогноза 200 м (по падению рудного тела 250 м) и среднем содержании золота 4 г/т, что отвечает крупному месторождению.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Щерба Г.Н. Большой Алтай / Г.Н. Щерба, Х.А. Беспаяев, Б.А. Дьячков и др. - Алматы, 2000. -Кн. 2. Металлогения. - 400 с
- 2 Ваулин О.В. Восточно-Казахстанская область. Золото.— Усть-Каменогорск – Бишкек, 2016. – Справочник.-192 с.
- 3 Рафаилович М.С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства / М.С. Рафаилович, М.А. Мизерная, Б.А. Дьячков. - Алматы, 2011. - 272 с.
- 4 Жаутиков Т.М и др. Отчет о НИР «Создание научной основы оценки золотоносных структур и объёмных моделей главных типов месторождений золота». - Алматы, 2013. – 123 с.
- 5 Мыслик А.М. Западно-Калбинский пояс // Большой Алтай. Алматы. Кн. 2. 2000.
- 6 Ананьев Ю. С. Золото-концентрирующие системы южного складчатого обрамления Западно-Сибирской плиты (на примере Западной калбы).-Томск, 2017.- 126 с.
- 7 Дьячков Б.А. Оценка территории Восточного и Юго-Восточного Казахстана на большеобъемное благороднометалльное (золото-платиноидное) оруденение в черных сланцах / Дьячков Б.А., Париллов Ю.С., Мизерная М.А.- Алматы, 2020.
- 8 Черненко З.И., М.А.Мизерная. Особенности образования и перспективная оценка золото-березитового типа месторождения Баладжал (Западная Калба). Усть-Каменогорск , 2019.
- 9 Акылбаева А.Т. Малые и средние золоторудные месторождения – перспективное направление развития минерально-сырьевой базы золота Восточного Казахстана. - Усть-Каменогорск , 2020.
- 10 Оразбекова Г.Б. Диссертация «Прогнозирование золоторудных месторождений в пределах Южного Алтая (Западно-Калбинский и Южно-Алтайские районы) на основе системного подхода». – Усть-Каменогорск, 2018. – С. 40-41.
- 11 Дьячков Б.А. О геологической позиции и возрасте золоторудных месторождений Восточного Казахстана / Б.А. Дьячков, Н.А. Зимановская. - Изв. НАН РК. - Сер. Геология и технические науки. - 2013. - № 5. - С. 21-33.
- 12 Ананьев Ю.С. Типоморфные особенности самородного золота Западной Калбы / Ананьев Ю.С., Пшеничкин А.Я. – Томск, 2001.
- 13 Париллов Ю.С., А.В.Третьяков, В.И.Роднова. Золотоносность Юго-Восточного Казахстана. – Алматы, 2020.
- 14 Беспаяев Х.А., Глоба В.А. Прогнозно-поисковые модели месторождений золота черносланцевой формации (на примере месторождения Бақырчик). Изв. Ан РК, сер.геол. № 5, 2004 г. – 42 с.

15 Б.А. Дьячков. О минералого-геохимических поисковых индикаторах золоторудных объектов (Восточный Казахстан) / Б.А. Дьячков, М.А. Мизерная, А.Т. Акылбаева. - Алматы, 2021.

16 Mizernaya M.A., Miroshnikova A.P., Pyatkova A.P., Akilbaeva A.T. "The main geological-industrial types of gold deposits in east Kazakhstan"// Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2019, №5, с.5-9.

17 Дьячков Б. А., Мизерная М. А., Ойцева Т. А., Кузьмина О. Н., Зимановская Н. А., Агеева О. В. Перспективные направления прогнозно-поисковых работ в Восточно-Казахстанском регионе / Научно-технологическое и информационное обеспечение оценки недр Казахстана: Матер. научн.-практ. Конф. – Алматы, 2019, 153-158 с.

18 Рассадкин В.В. About the prospect of gold-platinoid mineralization in black shale in the East and South-East of Kazakhstan / Рассадкин В.В., Уралбаев Е.А. -19-й международный мультидисциплинарный научный Geo Conference и ЭКСПО. SGEM 2019. Албена, Болгария, 2019 г, 11-16 с.

19 Методические указания по выполнению магистерской диссертации для магистрантов спец. 6М0706 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / А.А. Жунусов; Каз. нац. техн. ун-т им. К.И. Сатпаева, Геол.-разв. ин-т, каф. геол. съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. – Алматы: КазНТУ, 2010. – 23с.

20 Инженерная геология месторождений полезных ископаемых с основами геоинформатики/А.Б.Байбатша. Монография. Алматы: Ғылым, 2003– 320 с.

21 Байбатша А.Б. Модели месторождений цветных металлов. – Алматы: Асыл кітап, 2012. – 448 с.

23 Байбатша А.Б. Модели месторождений благородных металлов. Алматы: Асыл кітап, 2014. - 452 с.

24 Байбатша А.Б. Общая геология: учебное пособие. Алматы: КазНТУ, 2015. – 483 с.

25 Байбатша А.Б. Основы геологии (геологические дисциплины). Учебник. ISBN 978-601-228-918-3. Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. – 744 с.

26 Байбатша А.Б. Минералогия хвостов Жезказганской обогатительной фабрики. Алматы: Асыл кітап, 2018. – 160 с.

27 Байбатша А.Б. Инновационные технологии прогноза полезных ископаемых. Алматы: Асыл кітап, 2018. – 524 с.

28 Байбатша А.Б. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебник. Алматы: КазНТУ, 2019. – 432 с.

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию Жаксылықовой Жұлдызай

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

Тема: «Геолого-минералогические особенности золоторудного  
месторождения Балажал»

Магистерская диссертация посвящена изучению особенностей геолого-минералогического состава золоторудного месторождения Балажал, который является одним из объектов Западно-Калбинского золоторудного пояса.

На основании полученных данных по минералогии руд и петрографическим особенностям пород, а также изучению фондовых и литературных источников по месторождению автором сделаны обоснованные выводы по геологическому строению месторождения, определения ее геолого-структурной позиции, выявлению рудоконтролирующих толщ и рудовмещающих интрузивных и жильных пород, а также по вещественному составу руд и определению строения минерализованных зон и рудных тел.

Данные исследования логично изложены в работе ,выводы и заключения достаточно обоснованы. Работа выполнена с привлечением современных методов изучения минерального вещества и соответствует требованиям, представляемым к магистерским диссертациям по специальности.

Полученные в течение учебы знания в стенах университета позволили Жаксылықовой Жұлдызай выполнить магистерскую диссертацию в срок на достаточно высоком уровне, грамотно обосновать главнейшие условия, при которых происходили процессы минералообразования на месторождении Балажал. Работа апробирована в двух международных конференциях, где ее доклад занял призовое место.

Магистерская диссертация Жаксылықовой Жұлдызай может быть рекомендована к защите с заслуженной высокой оценкой, с присвоением ей академической степени магистра технических наук по специальности 7М07206 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

**Научный руководитель:**

к.г.м.н., ассоц. профессор  
кафедры ГСПиРМПИ



Жунусов А.А.

« 7 » июня 2022 г.

## **РЕЦЕНЗИЯ**

### на магистерскую диссертацию

Жақсылықовой Жұлдызай Жақсылыққызы

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

Тема магистерской диссертации: «Геолого-минералогические  
особенности золоторудного месторождения Балажал»

### **ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

Магистерская диссертация Жақсылықовой Жұлдызай Жақсылыққызы содержит все необходимые материалы, которые полностью раскрывают тему работы.

В работе отражены особенности геолого-минералогического состава золоторудного месторождения Балажал. С использованием материалов предыдущих исследователей определены его геолого-структурная позиция, рудоносные и рудоконтролирующие толщи, а также строение минерализованных зон и рудных тел. Она произвела микроскопическое исследование, участвуя в тематической работе ИГН им. К.И. Сатпаева, в результате которого ею был уточнен минеральный состав интрузивных, жильных и измененных пород, а также вещественный состав золотосодержащих руд. Результаты работы опубликованы в сборниках двух конференции. Работа прошла надлежащую апробацию.

Диссертация, написанная на базе анализа большого фактического материала, вполне соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям по специальности 7М07206 - «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

К замечанию можно отнести отсутствие сравнительного материала по аналогичным месторождениям Казахстана.

### Оценка диссертационной работы

В целом, магистерская диссертация написана грамотно, на достаточно профессиональном уровне, с четким описанием каждого раздела, освещающими все необходимые изучаемые геологические аспекты.


Магистрант довольно хорошо проанализировал все собранные материалы и произвел самостоятельное дополнительное изучение образцов (аншлифов и шлифов) с помощью лабораторных методов исследований рудных и нерудных минералов, что позволило ей получить нужные результаты.

### Оценка работы

Рецензент считает, что магистерская диссертация отвечает всем требованиям, а ее автор заслуживает оценки отлично и присуждения ему академической степени магистра технических наук по специальности 7M07206 - «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

#### Рецензент

Доктор PhD, старший научный  
Сотрудник Института геологических  
наук им. К.И. Сатпаева

 Р.Т. Баратов

« 15 » мая 2022 г.





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Жаксылыкова Ж.Ж.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения Балажал

**Научный руководитель:** Акылбек Жунусов

**Коэффициент Подобия 1:** 2

**Коэффициент Подобия 2:** 0.4

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 0

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

✓ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является 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:



Дата 07.06.2022 г

Подпись Научного руководителя

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Жаксылыкова Ж.Ж.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения Балажал

**Научный руководитель:** Акылбек Жунусов

**Коэффициент Подобия 1:** 2

**Коэффициент Подобия 2:** 0.4

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 0

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

- ✓ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является 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:** Заимствования добросовестные, признаков плагиата не обнаружено, допущен к защите

Дата 07.06.2022



Заведующий кафедрой

Бекботаева А.

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

Допущен к защите

Дата



Подпись заведующего кафедрой  
Бекботаева А.А.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

### Жаксылыкова Жулдызай Жаксылыккызы

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 им. К. Турысова  
Казахского Национального Исследовательского Университета им. К.И. Сатпаева

№ по 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	Минералогические особенности руд месторождения Балажал	Статья	«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2021» Секция «Повышение геологической изученности территории и восполнение минерально-сырьевого комплекса республики Казахстан»	3 страницы	Научный руководитель – Жунусов А.А. – к.г.м.н., ассоц. профессор кафедры ГСПиРМПИ
2	Изучение роли беретизации в кварцево-жильном оруденении на примере месторождения Балажал	Статья	Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, экологии и химии с использованием современных образовательных технологий» Секция-1 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых» Почетное 3-е место	2 страницы	Научный руководитель – Жунусов А.А. – к.г.м.н., ассоц. профессор кафедры ГСПиРМПИ

«09» июня 2022 года

Автор  
Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ



Жаксылыкова Ж.Ж.  
Бекботаева А.А.