

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова  
Кафедра геологической съемки, поиски и разведки месторождений  
полезных ископаемых

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Директор института геологии и  
нефтегазового дела имени К.Турысова

А.Х. Сыздыков

« 17 » 06 2024 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к магистерской диссертации

На тему: «Геолого-структурные и геодинамические особенности  
золоторудного поля Долинное и его перспективы».

ОП 7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых

Выполнил

Кузнецов А. А.

Рецензент,


кандидат геолого-минералогических  
наук, профессор

 А.А. Жунусов

« 17 » 06 2024 г.

Научный руководитель,

кандидат геолого-минералогических  
наук, профессор КазНТУ

 Я.К. Аршамов

« 14 » 06 2024 г.

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

Кузнецов А.А.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к магистерской диссертации

На тему: «Геолого-структурные и геодинамические особенности  
золоторудного поля Долинное и его перспективы».

ОП 7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова  
Кафедра геологической съемки, поиски и разведки месторождений  
полезных ископаемых

ОП 7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных  
ископаемых

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор института геологии и  
нефтегазового дела имени К.Турысова  
  
А.Х. Сыздыков  
« 12 » 05 2024 г.



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Кузнецову Александру Александровичу

Тема: Геолого-структурные и геодинамические особенности  
золоторудного поля Долинное и его перспективы

Утверждена приказом по университету № 408-П/О от 23.11.2022 г.

Срок сдачи законченной диссертации «19» июня 2023 г.

Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке  
вопросов):

1) Сбор и анализ геологических материалов, научных статей по району  
Долинного месторождения;

2) Изучение особенностей геодинамической эволюции района и  
магматизма;

3) Выделение потенциальных структур, а также геологических  
особенностей, которые могут оказывать влияние на повышение концентрации  
золота.

4) Изучение kernового материала месторождения Долинное и  
сопоставление содержаний золота с геологическими особенностями, которые  
потенциально могут влиять на повышение концентрации золотой  
минерализации;

5) На основании полученных данных сделать заключение о потенциально  
золотоносных структурах рудного поля.







## ГРАФИК

### подготовки магистерской диссертации

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Срок представления научному руководителю	Примечание
Сбор и анализ геологических материалов, научных статей по району Долинного месторождения	19.01.2024	
Изучение особенностей геодинамической эволюции района и магматизма	30.01.2024	
Выделение потенциальных структур, а также геологических особенностей, которые могут оказывать влияние на повышение концентрации золота	22.02.2024	
Изучение керна материала месторождения Долинное и сопоставление содержаний золота с геологическими особенностями, которые потенциально могут влиять на повышение концентрации золотой минерализации	14.03.2024	
Заключение о потенциально золотоносных структурах рудного поля Долинное.	29.03.2024	

### Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию

Наименования разделов	Научный руководитель, консультант, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическая характеристика золоторудного поля Долинное	кандидат геолого-минералогических наук, профессор КазНИТУ Я.К.Аршамов	14.06.2024	
Геодинамика и металлогенические процессы	кандидат геолого-минералогических наук, профессор КазНИТУ Я.К.Аршамов	14.06.2024	
Структуры месторождения Долинное	кандидат геолого-минералогических наук, профессор КазНИТУ Я.К.Аршамов	14.06.2024	
Структурный экспресс-анализ фотографий керна	кандидат геолого-минералогических наук, профессор КазНИТУ Я.К.Аршамов	14.06.2024	
Результаты сопоставления минерализации структурными элементами в скважинах	кандидат геолого-минералогических наук, профессор КазНИТУ Я.К.Аршамов	14.06.2024	
Нормоконтроль	кандидат геолого-минералогических наук, ассоц.профессор КазНИТУ С.К. Асубаева	18.06.2024 <sub>2</sub>	

Научный руководитель  Я.К.Аршамов

Задание принял к исполнению обучающийся  А.А.Кузнецов

Дата « 23 » 11 2022 г.

## АҢДАТПА

Соңғы жылдары құрамында алтын бар кенді өңдеу технологиялары құрамында 1 г/т және одан төмен алтын бар кедей кендерді өндіруге тартуға мүмкіндік берді. Бұл жағдайда алтын әдетте өте жұқа кластарда кездеседі, 75 микроннан аз және табиғи түрде көрінбейді. Алтын концентрациясы тек зертханалық талдау нәтижелері бойынша белгіленеді. Көбінесе мұндай нысандарда алтын еркін формада емес, сульфидті минералдармен, көміртекті заттармен және т.б. байланыста болады. Бұрын мұндай төмен мөлшерлі және осындай минералдану сипаты бар нысандар өндірілмеген. Осыған байланысты бұрын ашылған нысандарды қайта бағалау қажеттілігі туындайды, сондай-ақ бұрын коммерциялық қызығушылық тудырмаған жаңа нысандарды табу перспективалары пайда болады. Мұндай нысандар әдетте үлкен көлемді, үлкен аумақты алып жатыр және жоғары өнімділікпен өндіру жұмыстары үшін тиімді болып келеді.

Кварц-желілі құрылымдары, тоннасына ондаған және жүздеген грамм алтынның орташа мөлшері көптеген жылдар бойы тау-кен нысаны болды және өте жақсы зерттелген. Алайда, аз мөлшері бар алтынды кенденудің орналасу заңдылықтары зерттеу және қосымша геологиялық интерпретация тақырыбы болып қала береді. Мұндай нысандар үшін аймақтық деңгейден бастап кенді бақылайтын геологиялық құрылымдарды зерттеу өте маңызды.

Осы магистрлік диссертацияның соңғы зерттеулердің нәтижелері бойынша қорытындылар келтіріледі, Долинное кенорнының кенді алаңында құрамында алтыны бар минералданудың орналасу заңдылықтары және оның морфологиясы туралы талдау және жұмыс гипотезасы беріледі.

## АННОТАЦИЯ

В последние годы технологии переработки золотосодержащей руды позволили вовлекать в добычу бедные руды с содержанием золота около 1 г/т и ниже. При этом золото обычно находится в ультратонких классах, менее 75 микрон и естественно является невидимым. Концентрация золота устанавливается только по результатам лабораторных анализов. Нередко в таких объектах золото находится не в свободной форме, а в ассоциации с сульфидными минералами, углистым веществом и т.п. Современные технологии обогащения позволяют извлекать ультратонкое золото, находящееся в таких сложных связях. Ранее объекты с такими низкими содержаниями и таким характером минерализации не разрабатывались. В связи с этим возникает необходимость переоценки ранее открытых объектов, а также появляются перспективы обнаружения новых объектов, которые раньше не представляли коммерческого интереса. Такие объекты как правило крупнообъемные, занимают большую площадь и рентабельны для отработки с высокой производительностью.

Кварцево-жильные структуры, со средними содержаниями золота в десятки и сотни грамм на тонну являлись предметом для добычи многие годы и довольно хорошо изучены. Однако закономерности размещения золота с более низкими содержаниями остаются предметом для изучения и дополнительной геологической интерпретации. Для таких объектов чрезвычайно важным является изучение рудоконтролирующих геологических структур, начиная с регионального уровня.

В настоящей магистерской диссертации приводятся выводы по результатам последних исследований, дается анализ и рабочая гипотеза о закономерностях размещения золотосодержащей минерализации на рудном поле месторождения Долинное.

## ANNOTATION

In recent years, golden ore processing technologies have made it possible to involve poor ores with a gold content of about 1 g/t or lower in mining.

In this case, the gold is usually in the ultrafine grades, less than 75 microns and naturally invisible. Concentrations of gold are indicated only by the results of laboratory analysis. Often in such objects gold is not in a free form, but in association with sulfide minerals, carbonaceous matter, etc. Modern extraction technologies allow to extract ultrafine gold in such complex of mineral associations. Previously objects with such low grades and such character of mineralization have not been developed. This makes it necessary to re-evaluate previously discovered objects, and also raises the prospect of discovering new objects that were not of commercial interest before. Such objects are usually large-volume, occupy a large area and are profitable for mining with high productivity.

Quartz vein structures, with average gold grades of tens and hundreds of grams per tonne have been the subject of mining for many years and are quite well studied. However, the patterns of gold placement at lower grades remain a subject for study and additional geological interpretation. For such objects, it is extremely important to study ore-controlling geological structures, starting from the regional level.

This article presents conclusions based on the results of recent studies, provides an analysis and a working hypothesis about the common factors of the correlation between golden mineralization and geology in the ore field of the Dolinnoye deposit.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
1. Геологическая характеристика золоторудного поля Долинное	12
2. Геодинамика и металлогенические процессы	15
3. Месторождения Долинное	24
4. Структурный экспресс-анализ фотографий керна	32
5. Результаты сопоставления минерализации со структурными элементами в кернах скважин	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	46

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Магистерская диссертация «Геолого-структурные и геодинамические особенности золоторудного поля Долинное и его перспективы» направлена на определение связи между геодинамическими процессами, металлогенией золота и определением перспективных площадей для проведения поисково-оценочных работ.

Актуальность поставленной научной проблемы не вызывает сомнений, так как именно с точки зрения геодинамических процессов можно понять структуру рудных полей и проследить закономерности размещения в них потенциальных промышленных объектов.

В Казахстане крупнообъемные месторождения золота с высокими содержаниями давно открыты и отрабатываются или дорабатываются. Последние достижения в области технологий извлечения золота из бедных руд позволяют рассматривать объекты, ранее не интересовавшие промышленность. Закономерности распределения мелкого золота с низкими содержаниями изучались слабо в рамках тематических работ и на них никогда не акцентировались поисково-оценочные работы. В настоящей работе делается акцент на изучение закономерности распределения бедной золоторудной минерализации в пределах золоторудного поля Долинного, которая ранее не изучалась и которая потенциально является предметом для поисково-оценочных работ на ближайшие десятилетия.

**Цель работы.** Изучить закономерности распределения рассеянной золотой минерализации с низкими содержаниями и сделать заключение о потенциально золотоносных структурах рудного поля.

Задачи:

- 1) Сбор и анализ геологических материалов, научных статей по району Долинного месторождения;
- 2) Изучение особенностей геодинамической эволюции района и магматизма;
- 3) Выделение потенциальных структур, а также геологических особенностей, которые могут оказывать влияние на повышение концентрации золота.
- 4) Изучение кернового материала месторождения Долинное и сопоставление содержания золота с геологическими особенностями, которые потенциально могут влиять на повышение концентрации золотой минерализации;
- 5) На основании полученных данных сделать заключение о потенциально золотоносных структурах рудного поля.

**Предмет исследования.** Закономерности распределения бедной золотой минерализации в пределах месторождения Долинного.

**Фактический материал.** Данные структурного картирования месторождения. Отчеты советских исследователей. Керновый материал современного бурения.

**Практическое значение.** Проведенное исследование позволяет использовать месторождение Долинное как эталон в пределах золоторудного поля и при проектировании поисково-оценочных работ ориентировать разведочные выработки в соответствии с залеганием наиболее продуктивных структур, к которым теперь следует относить и элементы залегания полосчатости магматических массивов Саякского интрузивного комплекса.

**Новизна работы.** В пределах золоторудного поля Долинного были давно известны кварцево-жильные золоторудные месторождения, наиболее известным из которых является собственно месторождение Долинное, богатые кварцево-жильные руды которого и отрабатывались Балхашской артелью. Однако с повышением чувствительности анализов на золото и с получением новых технологий по переработке бедных руд, в добычу были вовлечены руды с низкими содержаниями. Закономерности распределения бедной золотой минерализации ранее в рассматриваемом районе не изучались, так как бедные руды вовлекать в добычу до сих пор было экономически нецелесообразно. Вмещающие золотую минерализацию магматические породы вне кварцевых жил были надежно опробованы лишь после 2014 года. Геологоразведочные работы современного периода были ориентированы только на оценку ресурсов и закономерности распределения бедной золотой минерализации не изучались. Многими авторами оценок ресурсов признается сложность геологического строения (например SRK Consulting MRE 2019) и недоизученность геологии месторождения.

**Составная часть и объем магистерской диссертации.** Диссертация написана на **46 страницах** компьютерного текстового набора и состоит из аннотации, содержания диссертации, введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 9 наименований. Диссертация включает в себя 23 рисунков.

## 1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ ДОЛИННОЕ

Месторождение золота Долинное располагается в породах палеозойского фундамента, примерно в 25–30 км к северу от озера Балхаш (рисунок 1). Согласно существующей геодинамической интерпретации, золоторудное поле Долинное находится в самом центре Казахстанского складчатого пояса среди палеозойских террейнов (аккреционных единиц), испытавших многоэтапные деформации (Sengor et al., 2018).

По описанию месторождения в предшествующих работах (Стасив и др., 1983; Сушков и др., 1992; Wonsop, 2018), объект добычи представляет собой систему крутых золотоносных жил, ориентированных в северо-западном направлении. Вмещающими породами для жил являются габбро, диориты и гранодиориты (саякский магматический комплекс).

Район золоторудного поля Долинное сложен породами двух палеозойских аккреционных единиц (Итмуруды-Казыкский и Северо-Балхашский антиклинории) согласно материалам геологических съёмок среднего (Стасив и др., 1983) и крупного (Сушков и др., 1992, рисунок 2) масштаба.

**Разрез Итмуруды-Казыкской аккреционной единицы, расположенной на юге,** начинается раннепалеозойским офиолитовым комплексом (Паталаха и др., 1988), состоящим из ультра-базит-базитового основания (O1-2), кремнистых алевролитов, вариолитов, базальтов с горизонтами пестроцветных яшм (итмурундинская свита, O2it).

Перекрываются породы итмурундинской свиты алевролитами и песчаниками с примесью туфового материала. Выше на них залегают лавы андезито-базальтов, туфы с прослоями кремней и известняков с конгломерато-брекчиями в основании (жаманшурукская свита, по Сушкову и др., 1992; кзыкская, торткудукская и жаманшурукская свиты (Стасив и др., 1983).

Более молодые палеозойские отложения Итмуруды-Казыкской аккреционной единицы обнажаются за пределами золоторудного поля Долинное. Они представлены яшмо-базальт-терригенными породами казыкской (O3kz) и тюретайской (S1tr) свит, сформировавшихся соответственно в позднем ордовике и раннем силуре. В течении раннего и среднего девона осадки не отлагались. Осадочные отложения начинают вновь формироваться в позднем девоне и представлены известняками и песчаниками с конгломератами в основании. Выше пород позднего девона залегают терригенные породы с горизонтами туфов и конгломератов (бурултасская и кунгисаякская свиты), сформированные в течение карбона и ранней перми (Стасив и др., 1983).

**Разрез Северо-Балхашский аккреционной единицы** на рудном поле Долинное начинается с позднеордовикского переслаивания алевролитов, кремней, песчаников и туффитов с пёстрыми конгломерато-брекчиями в основании. Эти отложения сопоставляются с жаманшурукской свитой.

Офиолитовое основание в пределах Северо-Балхашского антиклинория не обнаружено.

На позднеордовикских отложениях согласно залегают полимиктовые песчаники и алевролиты раннего силура (S1), которые с несогласием перекрываются позднесилурийскими полимиктовыми песчаниками и алевролитами и, в меньшей степени туффитами и известняками аканской (S2ak) и токрауской (S2tk) свит.

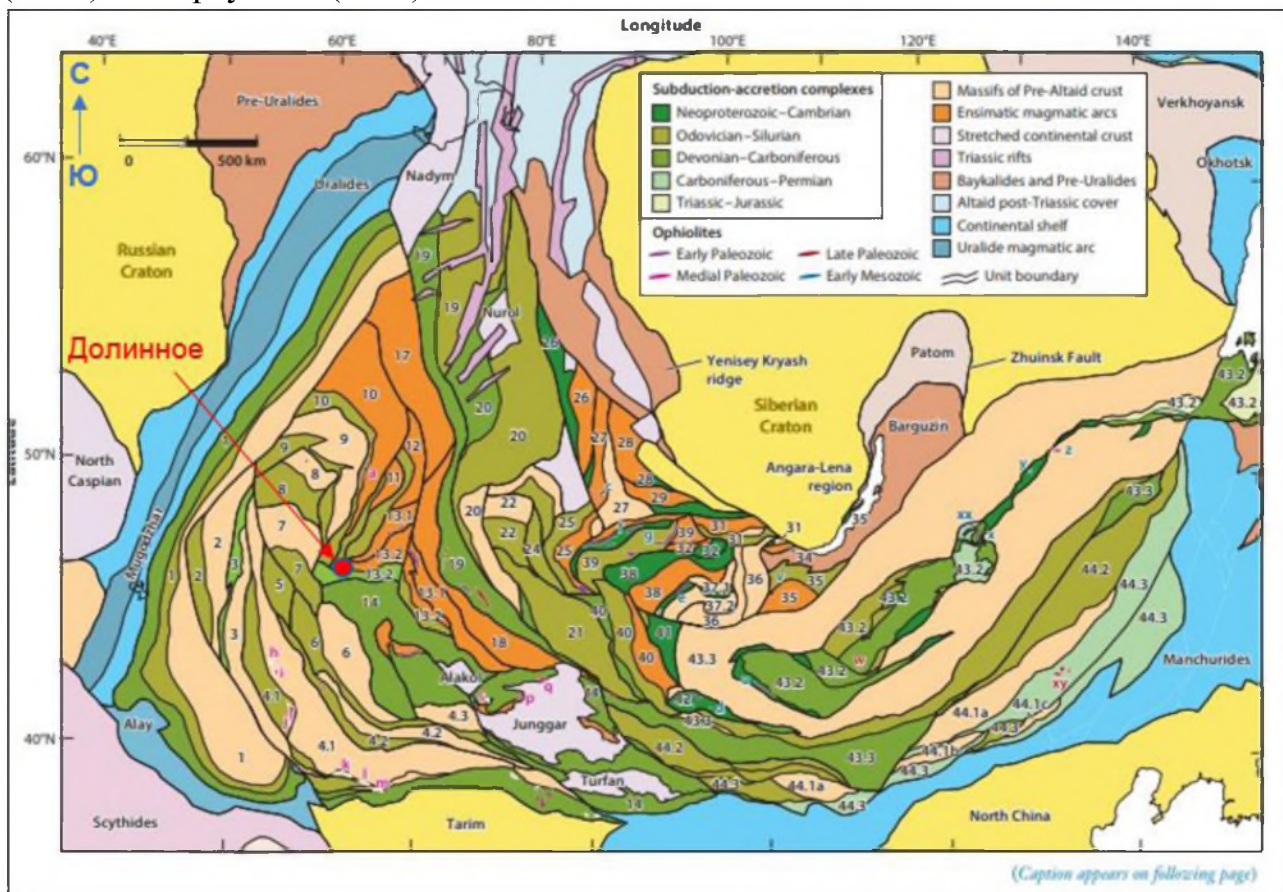


Рисунок 1: Карта палеозойских террейнов Центрально-Азиатского складчатого пояса (Sengor et al., 2018).

Девон представлен всеми тремя отделами, в отличие от Итмуруды-Казыкской аккреционной единицы. Песчаники, туффиты и алевролиты каражиринской серии (D1kz); песчаниками, туффитами, известковыми песчаниками и известняками прибалхашско-казахской свиты (D1pr-kz); туфогенными песчаниками, алевролитами, песчаниками и гравелитами такыртауской свиты (D2tr); песчаниками, известняками, туфопесчаниками живет-франского ярусом (D2gv-D3fr); песчаниками, известняками, туффитами фаменского яруса (D3fm).

В раннем карбоне вулканические породы практически исчезают из разреза и преобладают осадочные породы: известковые песчаники и алевролиты верхнетурнейского (C1t2) и нижневизейского подъярусом (C1v1). Вулканические породы появляются спорадически среди осадочных в конце раннего карбона, - кемельбекская (C1v1-2kb) и каркаралинская (C1s kr) свиты. Средне- и позднекарбоновые отложения полностью осадочные и



представлены конгломератами, песчаниками и известняками тастыкудукской (C2ts) и кунгисаякской (C2-3ks) свит.

Авторами региональных геологических карт отмечается существенное различие в последовательности пород каждой аккреционной единицы. Эти различия были объяснены их формированием на значительном расстоянии друг от друга и совмещением впоследствии путем шарьирования друг на друга, предположительно в меридиональном направлении, в конце карбона (Сушков и др., 1992).

Несмотря на длительную историю геологического изучения некоторые вопросы структуры рудного поля и месторождения остались дискуссионными, в частности временная последовательность формирования разломов относительно друг друга и золотой минерализации (Bonson, 2018).

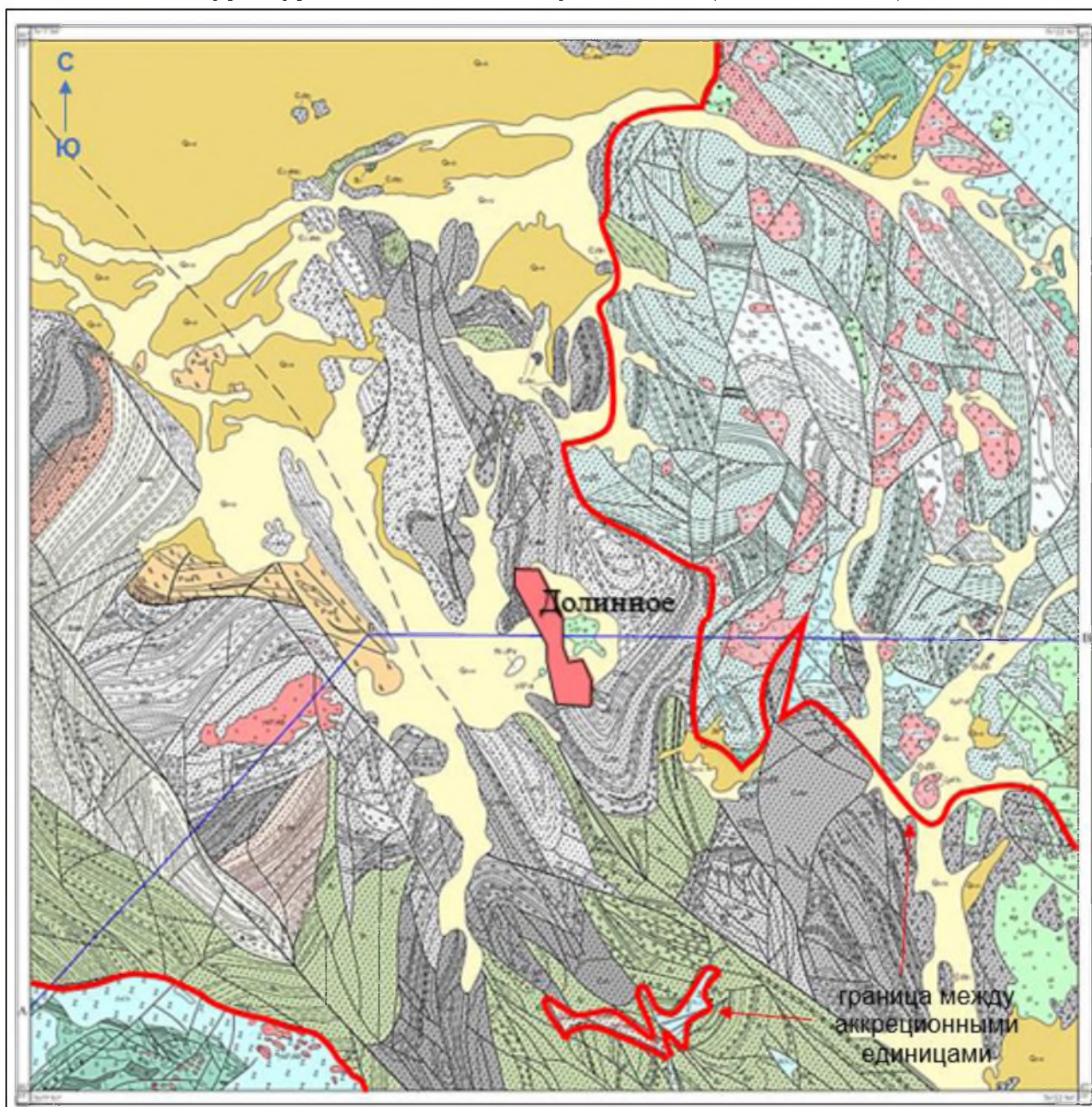


Рисунок 2: Геологическая карта рудного поля Долинное (Сушков и др., 1992).

## 2 ГЕОДИНАМИКА И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Существует достаточно много моделей геодинамического развития района, предложенных как в советский, так и постсоветский период изучения. Не вдаваясь в обзор достоинства и недостатков этих исторических моделей отметим, что наиболее полной считается модель А.М.С. Шенгера с соавторами (Sengor et al., 2004, 2018, *рисунок 3*).

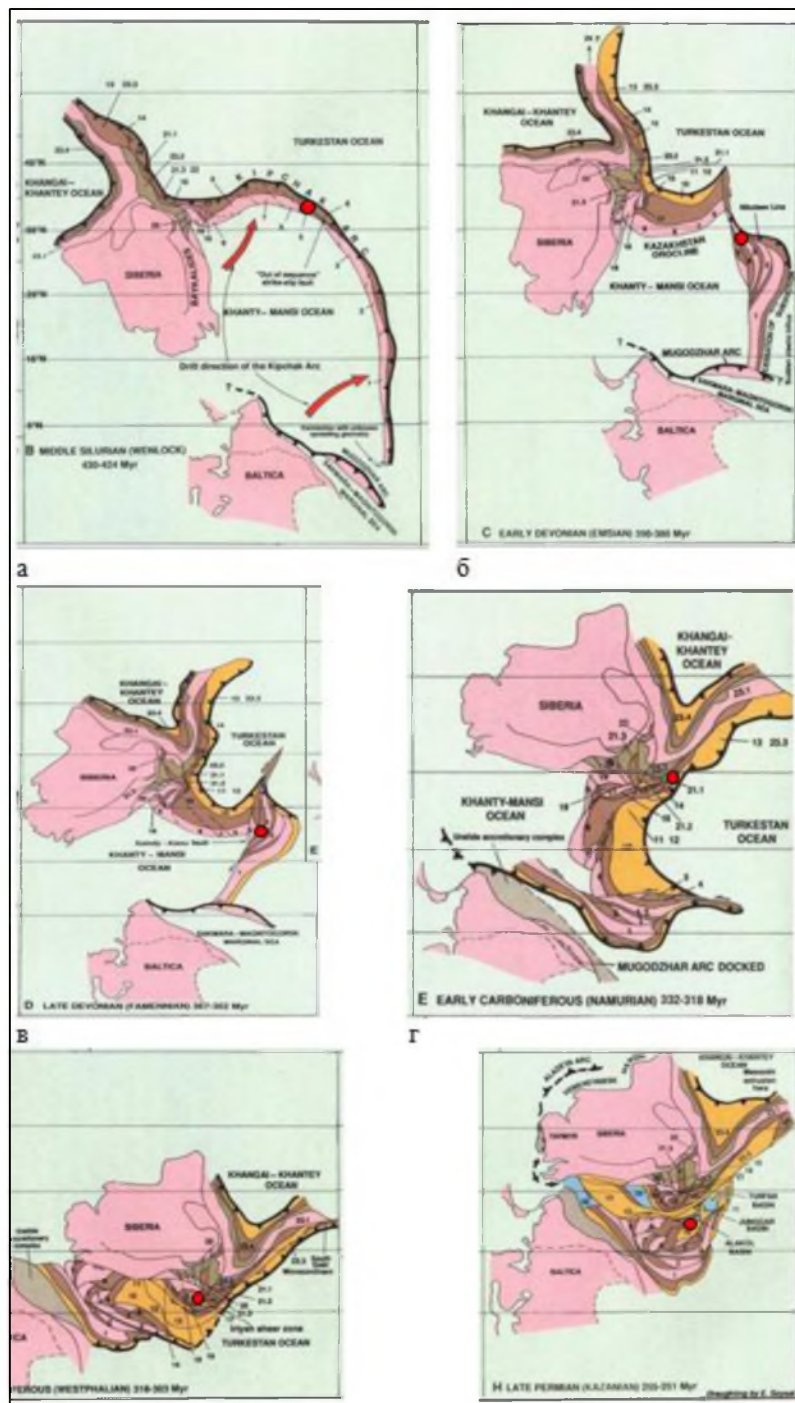


Рисунок 3: Реконструкция развития Ханты-Мансийского задугового бассейна, Туркестанского палеоокеана и Кипчакской островной дуги в палеозое.



Условные обозначения: а. силур, б. ранний девон, в. поздний девон, г. ранний карбон, д. поздний карбон, е. поздняя пермь. Красная точка показывает положение Северо-Балхашского рудного района.

Эта модель сводит в единое целое литолого-стратиграфические материалы среднемасштабных геологических съемок, научные данные по датировке магматических образований и палеомагнитные данные, опубликованные в мировой литературе. Модель основана на эволюции трех главных структур Центрально-Азиатского складчатого пояса: Ханты-Мансийского и Туркестанского палеоокеанов и разделяющих их Кипчакской островной дуги.

Согласно этой модели, геодинамическое развитие района может быть разделено на несколько этапов, в течение каждого из которых происходили крупные перестройки в процессе формирования коры и характере металлогенических процессов (рисунок 3.3):

**Ордовик-середина силура.** В ордовике было сформировано меланократовое основание Итмурунды-Казыкской аккреционной единицы. Оно слагало самую нижнюю часть коры бассейна океанического типа и, вероятно, являлся частью Туркестанского палеоокеана.

Меланократовый фундамент перекрывался андезитобазальтовыми лавами, глубоководными кремнистыми алевролитами и яшмами (итмурундинская свита, *O<sub>2it</sub>*). Глубоководный режим сохранился в бассейне до конца ордовика (жаманшурукская свита, *O<sub>3zs</sub>*), пока не завершился частичной аккрецией его коры к Кипчакской дуге в раннем силуре.

Породы Северо-Балхашской единицы формировались, вероятно, в тыловой части дуги на краю с Ханты Мансийским задуговым бассейном, в области аккумуляции кластического материала с островной дуги.

Аккреция происходила, по-видимому, только Итмурунды-Казыкской зоне и привела к формированию дуги в более завершенном виде (рисунок 3.3, а). В Северо-Балхашской единице позднесилурийского перерыва в осадконакоплении не наблюдается. В течение этого времени в ней продолжают формироваться смешанные вулканогенно-осадочные отложения.

Металлогенические процессы в Итмурунды-Казыкской зоне были наиболее разнообразными. С меланократовым основанием связана титаномагнетитовая и платиновая и никелевая минерализация, часто с золотом. Вулканическая часть разреза содержит свинцово-цинковые колчеданные проявления с золотом и редкоземельную минерализацию в глубоководных кремнистых осадках. В кластических осадках Северо-Балхашской зоны возможна минерализация рассеянного золота, связанного с углеродом.

**В девоне-раннем карбоне** начинается закрытие Ханты-Мансийского палеоокеанического бассейна, и конфигурация Кипчакской дуги меняется, размеры ее уменьшаются. Дуга распадается на два сегмента, разделенных трансформным разломом, косо ориентированным к положению дуги (рисунок 3.3 б).



В пределах рудного района Долинное скучивание материала в *Итмуруды-Казыкской* зоне привело к утолщению коры аккреционной единицы, увеличению ее площади и воздыманию (рисунок 3.3 в и 3.3 г). Это привело, в свою очередь, к ее эрозии в течении раннего и среднего девона. В позднем девоне и раннем карбоне осадконакопление в *Итмуруды-Казыкской* зоне происходило в морских условиях, на подводном склоне отмершей островной дуги.

В пределах *Северо-Балхашской* зоны морские кластические осадки накапливались в течение всего девона непрерывно, вероятно, в условиях подножья активной островной дуги. Осадки характеризуются насыщенностью пирокластическим материалом – туфами липаритового, дацитового и андезитового составов, осадочные прослои в них встречаются довольно редко.

Металлогеническая специализация пород девона и раннего карбона в обеих зонах детально не установлена. Предположительно, она могла определяться поступлением в бассейн металлов (золото, серебро, свинец и цинк) с островной дуги в кластогенной и хемогенной формах и накоплением их в грубообломочных, обломочных и тонких углеродистых осадках.

**В средний-поздний карбон – ранняя пермь** кора рудного района Долинное быстро утолщается за счет совмещения аккреционных единиц путем шарьирования и последующих сдвиговых деформаций. В среднем-позднем карбоне район превращается в мелководное море с накоплением преимущественно кластических и грубо кластических осадков.

В начале пермской эпохи, уже в континентальных условиях, в районе проявился вулканизм орогенного типа, для которого характерен «гнездовый» тип вулканических массивов и вулканотектонических структур, субгоризонтальное залегание вулканогенных покровов, заметное увеличение щелочности пород.

Пермские вулканы состоят из трахибазальтов, трахиандезитовых порфиритов и их туфов. В начале пермского периода надвиговая структура района была деформирована серией глубинных разломов северо-западного простирания, вдоль которых произошло внедрение многочисленных малых интрузий саякского комплекса – это небольшие по размерам, штокообразные тела диоритовых порфиритов, кварцевых диоритов, гранодиорит-порфиров. Интрузивы саякского комплекса рудоносны. Между ними и многими золоторудными проявлениями района установлена пространственная и генетическая связь. В число последних попадает и месторождение Долинное.

Металлогенические процессы в этот период определялись дегидратацией и плавлением фрагментов скученной коры. На начальном этапе дегидратация происходила вдоль пологих шовных зон формируя наклонные линейно-штокверковые залежи жильных пород и метасоматитов (Сушков и др., 1992; рисунок 3.4). Золото в жильные породы и метасоматиты поставлялось, по-видимому, из вмещающих пород Северо-Балхашской аккреционной единицы. Смена стиля деформаций с шарьирования на складчато сдвиговый привело к переориентации направления проницаемости коры на субвертикальное.

Участки приоткрывания разломов при сдвиговых деформациях заполнялись глубинным магматическим материалом и, в дальнейшем, золотоносными крутопадающими жилами.

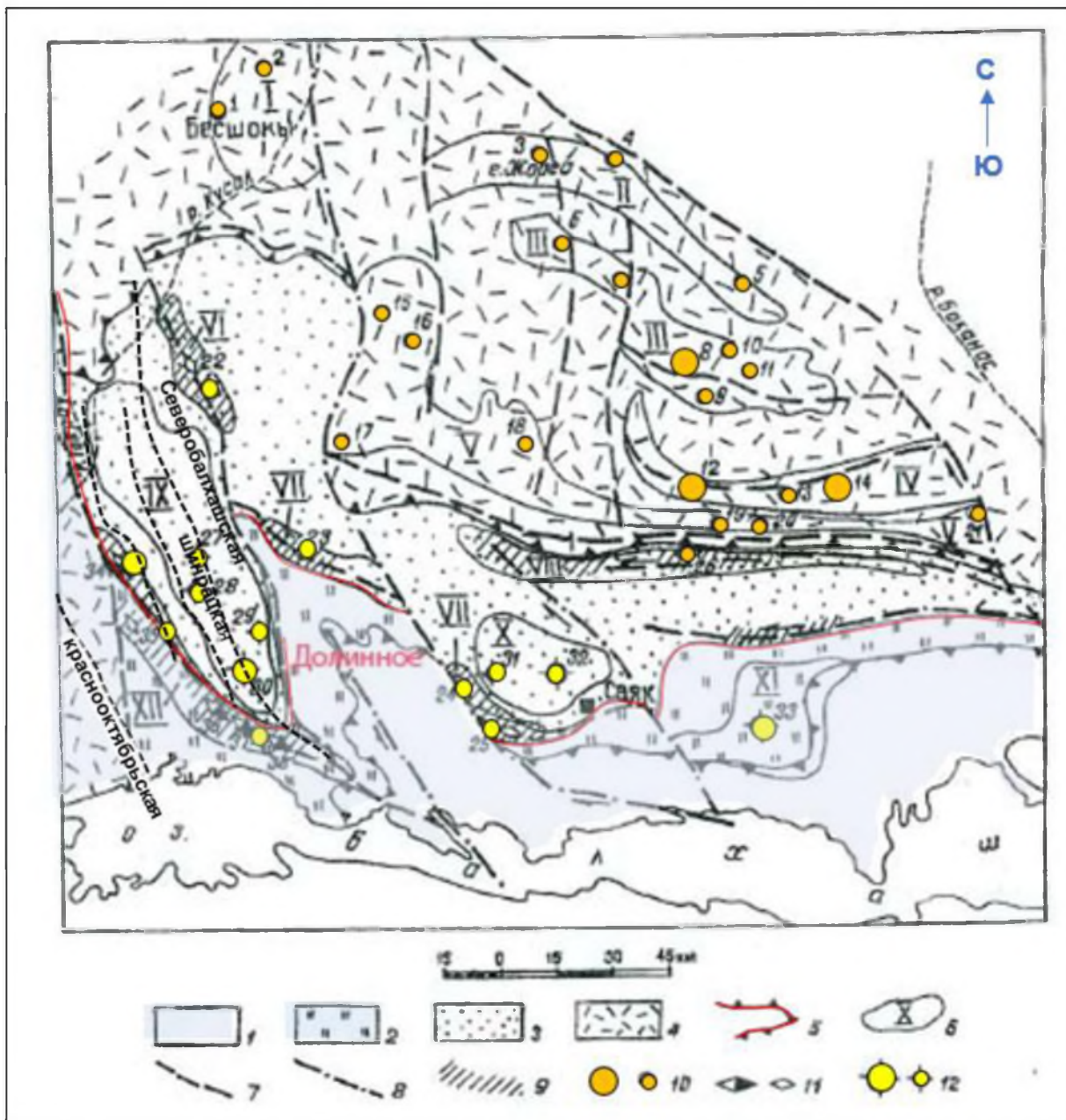


Рисунок 4: Схема размещения основных рудных зон и проявлений золота Центральной части Северного Прибалхашья (Сушков и др., 1992 с добавлениями).

Условные обозначения: Итмуруды-Казыкская аккреционная единица (палеоокеанический бассейн, О1-С3): 1-осадочный чехол, 2-океаническое основание, 3- Северо-Балхашская аккреционная единица (Катанбулак-Саякский прогиб); 4- вулканический пояс, С3-Р; 5-зона шарьяжа (офиолитовая сутура); 6-контур и номер золоторудной зоны; 7-главные палеозойские

разломы; 8-позднетриасовые и кайнозойские сдвиги; 9-минерализованные зоны; типы месторождений и проявлений золота: 10-вулканогенные; 11-минерализованные зоны; 12-кварцево-жильные и штокверковые зоны расланцевания; Золоторудные зоны, месторождения и основные рудопроявления: I – Бесшокинская: 1 – Бесшоки, 2 – Каиндышоки; II – Жоргинская: 3 – Жорга, 4 – Кызылтас, 5 – Тассу; III – Таскоринская: 6 – Кургантас, 7 – Алтынтас, 8 – Таскора, 9 – Шарык, 10 – Караоба, 11 – Беркудук; IV – Музбельская: 12 – Музбель, 13 – Узунтас, 14 – Туз; V – Калкэмельская: 15 – Пойнтак, 16 – Аяктуайт, 17 – Улькен-Табак, 18 – Керегетас, 19 – Жалтас, 20 – Шолатас, 21 – Акоба; VI – Кайрактинская: 22 – Кайракты; VII – Шоинтас-Саякская: 23 – Родниковое, 24 – Шат, 25 – Шагалы; 26 – Каракудук, IX – Катанбулакская: 27 – Андреевское, 28 – Чинрау, 29 – Турмалиновое, 30 – Долинное; X – Саякская: 31 – Актас, 32 – Саяк четвертый; XI – Шолькызыльская: 33 – Шолькызыл; XII – Иткудук-Бактайская: 34 – Бактай, 35 – Атбас, 36 – Пустынное-Западный, 37 – Карьерное, 38 – Ортасай.

Бимодальный состав магматических пород и калий-натровый профиль щелочности позволяют предполагать, что источником магмы и сопутствующего флюида могли являться глубоко погруженные фрагменты океанической коры (Ермолов и Jian, 2015).

Процесс формирования коры в Центрально-Азиатском складчатом поясе завершился образованием Лавразийской платформы.

**В поздняя пермь – средний палеоген.** В течение конца палеозоя, весь мезозой и начала кайнозоя происходил дрейф Лавразийской платформы в северном направлении.

С начала мезозоя территория рудного района Долинное представляла собой область прогрессивно развивающегося выветривания и эрозии пород. Этот тектонически спокойный этап способствовал формированию россыпей и латеритных месторождений.

**В поздний палеоген – четвертичный период.** Современный облик территория приобрела в результате деформации и горообразования, которые проявились после столкновения южного края Лавразийской платформы с Индийской плитой в палеогене (Buslov, 2004). Северный дрейф Индийской плиты и столкновение вызвало в олигоцене рост Гималаев, торошение коры южного края платформы на расстояние во многие сотни км вглубь Лавразии. Эта область торошения Лавразии известна в настоящее время как Тяньшанская горная система. Интенсивность торошения и горообразования постепенно уменьшаются в северном направлении. Тем не менее, признаки деформации обнаруживаются также на расстоянии более тысячи км в отдельных случаях. В результате на всем воздымающемся южном краю Лавразии образовалась мозаика продольных дугообразных блоков – субширотно ориентированных горных хребтов, которые ограничиваются поперечными северо-западными сдвигами (рисунк 5).

Реакция пород складчатого фундамента и чехла деформированного края Лавразии была двойкой (Buslov, 2004): преимущественно хрупкой в масштабе сотен метров и километров (месторождения и рудные поля), но в общей картине в масштабе десятков и сотен километров, - достаточно пластичной (рудные районы, области и металлогенические пояса). Во всех случаях (рисунки 6 и 7) они проявлялись как пострудные наложенные процессы, изменяющие облик позднепалеозойских месторождений.

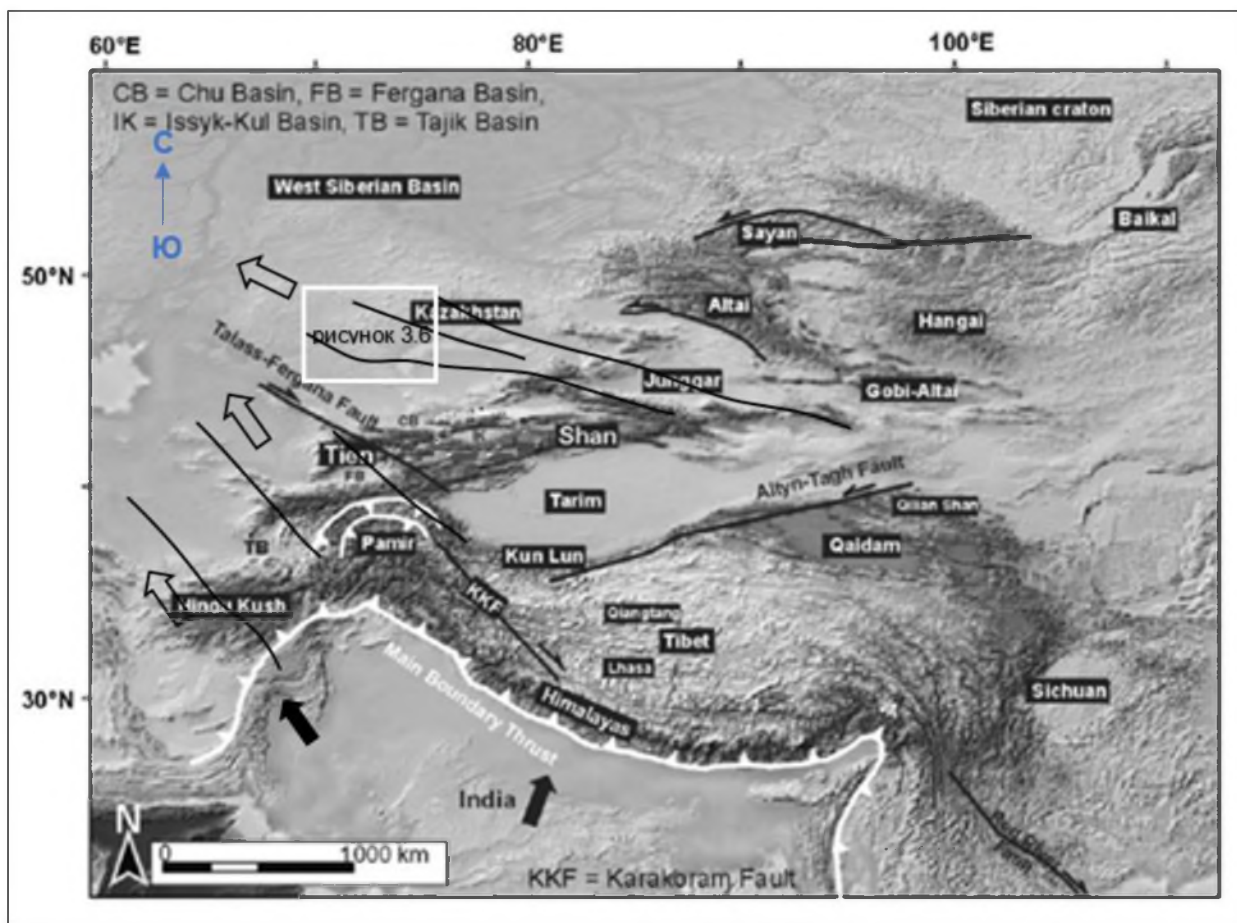


Рисунок 5: Кайнозойская деформация южного края Лавразии под воздействием Индийской плиты (Buslov, 2004 с дополнениями).



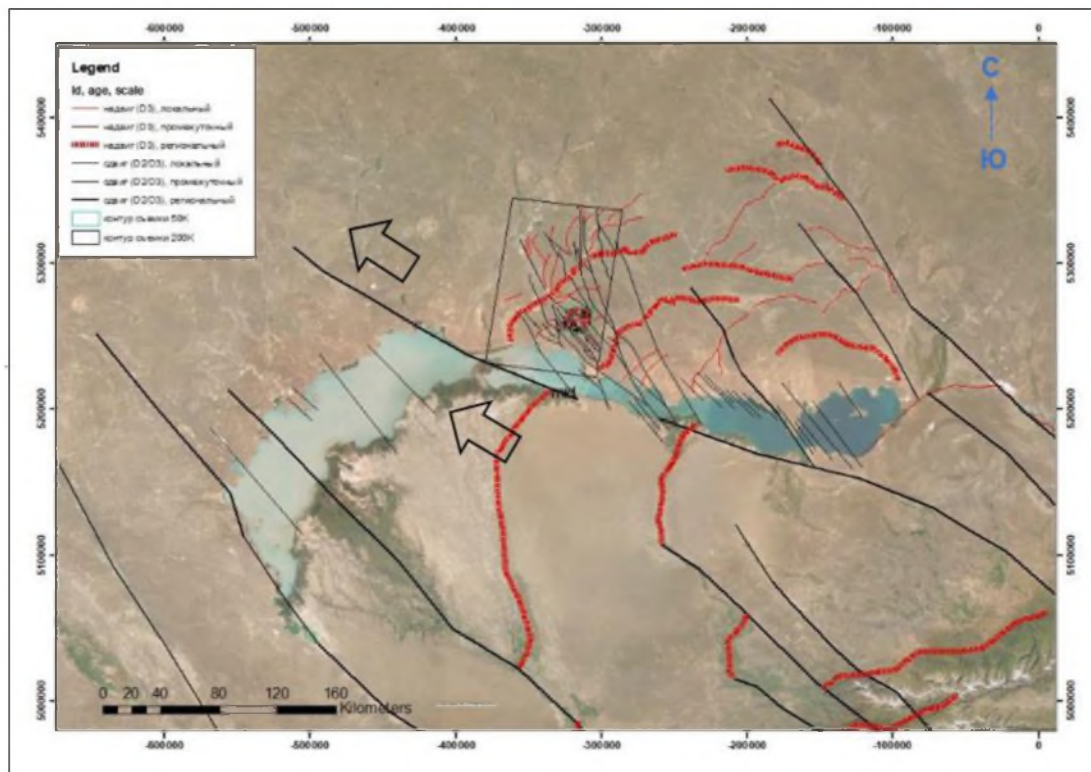


Рисунок 6: Кайнозойская региональная сеть разломов Прибалхашья, образованная в результате торошения края Лавразии и «выдавливания» коры в СЗ направлении.

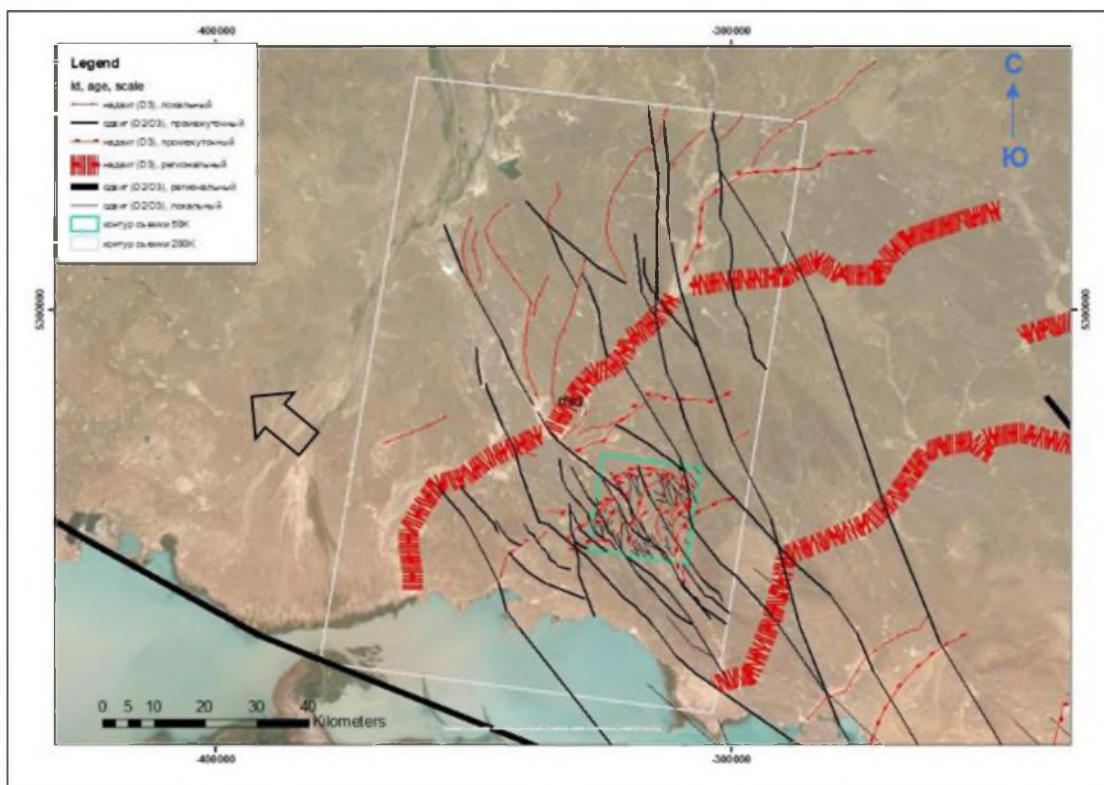


Рисунок 7: Сеть кайнозойских локальных разломов Северного Прибалхашья. Устанавливаются две группы разломов: пологие дугообразные и крутые СЗ простирания. Крутые СЗ разломы представляют собой сдвиги с амплитудой 2–18 км.



Рисунок 8: Пример сдвиговых смещений по дугообразному разлому ДЗ

В наиболее приподнятых районах породы чехла были эродированы вместе с частью пород фундамента. Весь эродированный материал скапливался в пониженных областях перед фронтом дугообразных блоков, формируя четвертичные и современные речные террасы, и прибрежно-озерные россыпи.

Суммируя вышесказанное, можно выделить три главных структурных этапа в развитии района, которые подразделяются на дорудный, синрудный и пострудный, по отношению к возникновению золотой минерализации.

*Дорудная деформация (D1)* проявилась во всех палеозойских породах района от ордовика до позднего карбона, но до внедрения раннепермского габбро-диорит-гранодиоритового саякского комплекса. К ней относятся складчатые и разрывные структуры, возникшие в период шарьирования *Итмурунды-Казыкской* единицы на *Северо-Балхашскую* и последующей аккреции. Деформация привела к образованию в породах многочисленных лежащих складок с субмеридиональным простиранием шарниров (Стасив и др., 1983), пологому рассланцеванию (кливажированию) пород, развитию зон сланцеватых милонитов внутри шарьяжных зон, - явных признаков пластического характера деформаций.

В результате деформации D1 произошло погружение огромных масс осадочных горных пород на глубины в десятки километров. Дегидратация пород происходила за счет нагревания при погружении *Северо-Балхашской единицы*. Вывод горячего минерализованного флюида осуществлялся вдоль

пологих зон расланцевания по надвигам и шарьяжам вдоль подошвы *Итмуруды-Казыкской* единицы. Следы вывода флюида можно обнаружить по присутствию минерализованных жильно-метасоматических аномалий с золотом вдоль сутурных зон, отмеченные предшественниками (Сушков и др., 1992; рисунок 3.4).

*Синрудная деформация (D2)* проявилась в позднем карбоне – ранней перми (Сушков и др., 1992) непосредственно после деформаций D1. Основным ее проявлением было образование сжатых складок. Складки крутые, осевые поверхности простираются на север-северо-запад ( $330\pm 30^\circ$ ) и пологие шарниры, погружающиеся на юго-восток. Крылья складок обычно крутые, до вертикальных.

Складки развивались повсеместно и обнаруживаются на мега- (аэро- и космофотоснимки) и мезо-(обнажения) масштабах. Размеры складок варьируют от километров до десятков километров в длину и от сотен метров до первых километров в ширину. Наиболее крупные из них имеют собственные названия: Бурултауская, Жирикская и Краснооктябрьская синформы и Шинрацкая, Кызык-Итмурундинская и Карьерная антиформы, - все они являются элементами Северо-Балхашской антиформы более высокого порядка.

Параллельно осевым поверхностям складок развита система разломов. Большинство из них протягиваются на десятки и сотни километров. Разломы представляют собой зоны повышенной трещиноватости, милонитизации и, реже, брекчирования. Часто наблюдаются зеркала скольжения со следами сдвигового перемещения.

Некоторые из разломов интродированы магматическими телами, относимыми к саякскому магматическому комплексу. Судя по составу в большинстве случаев породы саякского комплекса являются выплавками из материала, погруженного в нижнюю часть коры и имеют редкометальную специализацию.

*Пострудная деформация (D3)* отчетливо проявлена в рельефе на всей территории Северного Прибалхашья. На снимке Гугл видна сеть разломов, среди которой устанавливаются две группы: пологие дугообразные и крутые северо-западные. Дугообразные разломы имеют простирание от меридионального до широтного направления, образуя дуги, обращенные выпуклостью к северо-западу ( $300\pm 30^\circ$ ) в плане (рисунки 3.6 и 3.7). Приблизительно такое же простирание имеют крутые СЗ разломы, образующие, кинематическую пару к дугообразным разломам. Обе системы разломов проявляют себя в рельефе и трассируются на поверхности в виде русел рек и линейных сухих логов, заполненных неоген-четвертичными отложениями, что может свидетельствовать о современной активности разломов. В ряде случаев по изменениям направления простирания слоев и жил устанавливается горизонтальный сдвиг и изгиб слоев по дугообразным разломам. Амплитуда перемещений составляет десятки и первые сотни метров (рисунок 8).



### 3 МЕСТОРОЖДЕНИЕ ДОЛИННОЕ

Территория месторождения Долинное сложена сильно выветрелыми палеозойскими породами, покрытыми чехлом четвертичных отложений в несколько метров мощности. Четвертичный покров и развитая кора выветривания препятствуют проведению геологических наблюдений. Их удастся производить только в некоторых эксплуатационных карьерах и в керне разведочных скважин. Отрывочность и невысокая достоверность геологических наблюдений провоцирует появление разнообразных точек зрения на месторождение Долинное (Bonson, 2018).

Большая часть территории месторождения сложена магматическими породами саякского комплекса раннепермского возраста (Ермолов и др., 2015), образующих единое тело площадью около 7 кв.км, слабо вытянутое в север-северо-западном направлении, субпараллельно простиранию вмещающих пород (*рисунок 3.9*). Полифазный интрузивный массив состоит из трех фаз внедрения. Породы первой фазы – гиганто-крупнозернистые габбро ( $v1P1s$ ), так же, как и второй, – разномзернистые габбро-диориты и диориты ( $v\delta 2P1s$ ;  $\delta 2P1s$ ) обнажаются в северной и западной части месторождения, в восточной его половине преимущественное развитие получили мелко и среднезернистые гранодиориты третьей фазы ( $\gamma\delta 3P1s$ ). Массив имеет калий-натриевую щелочность пород в отличие от натрий-калиевой щелочности всех остальных интрузий саякского комплекса в Прибалхашье.

Становление массива сопровождалось последовательным внедрением даек, которые имеют крутое падение и ориентированы в том же север-северо-западном направлении вместе с массивом и минерализованной зоной в его средней части. Выделяются две группы даек, – ранняя и поздняя. Раннюю группу, количественно заметно преобладающую, составляют дайки среднего состава, среди которых выделены две петрографические разновидности – диоритовые порфириты и гранодиориты (спессартиты). Дайки поздней группы, значительно менее распространены и, как правило, маломощные (от нескольких см до 0,5–0,8 м). Они сложены аплитами, мелкозернистыми и пегматоидными гранитами, секущими, как габбро, так и гранодиориты.

Долинный интрузив разбит многочисленными мелкими разломами и сильно трещиноват. По пространственному положению выделяются три главных системы разломов и трещин (Bonson, 2018): 1) северо-северо-западная крутая, 2) запад-северо-западная крутая и 3) дугообразная пологая.

Детальные структурные исследования показывают также, что первая, северо-северо-западная крутая ( $345+150$ ), система в пределах месторождения образовалась в условиях сдвига и растяжения. Она выполняется золотоносными кварцевыми жилами и прожилками группирующихся в минерализованную зону. Эта система является самой ранней, изгибается и смещается другими системами разломов (*рисунок 12*; Bonson, 2018).

Вторая запад-северо-западная крутая ( $315+150$ ) система обычно выполнена брекчированными и катаклазированными породами. Она слабо-,



либо совсем не минерализована. Брекчированные зоны этого направления часто переходят по простиранию в зоны трещиноватости с зеркалами скольжения, указывающими на сдвиговую природу перемещений по разломам.

Третья, пологая, система обнаружена при разведочном бурении в советское время, документировалась в стенках карьера и теленаблюдениях в геотехнических скважинах при последних структурных исследованиях (Bonson, 2018). Система представляет небольшие по амплитуде зоны разломов (метры и первые десятки метров) и трещин, расположенных субпараллельно к ним. Разломы и трещины полого падают на север и на юг. Наиболее крупные из наблюдаемых пологих разломов достигают около метра мощности. Трещины содержат карбонатный материал и прожилки кварца толщиной в миллиметры. По трещинам также наблюдаются горизонтальные сдвиги смещающие слои, крылья и осевые поверхности складок  $D_2$ .

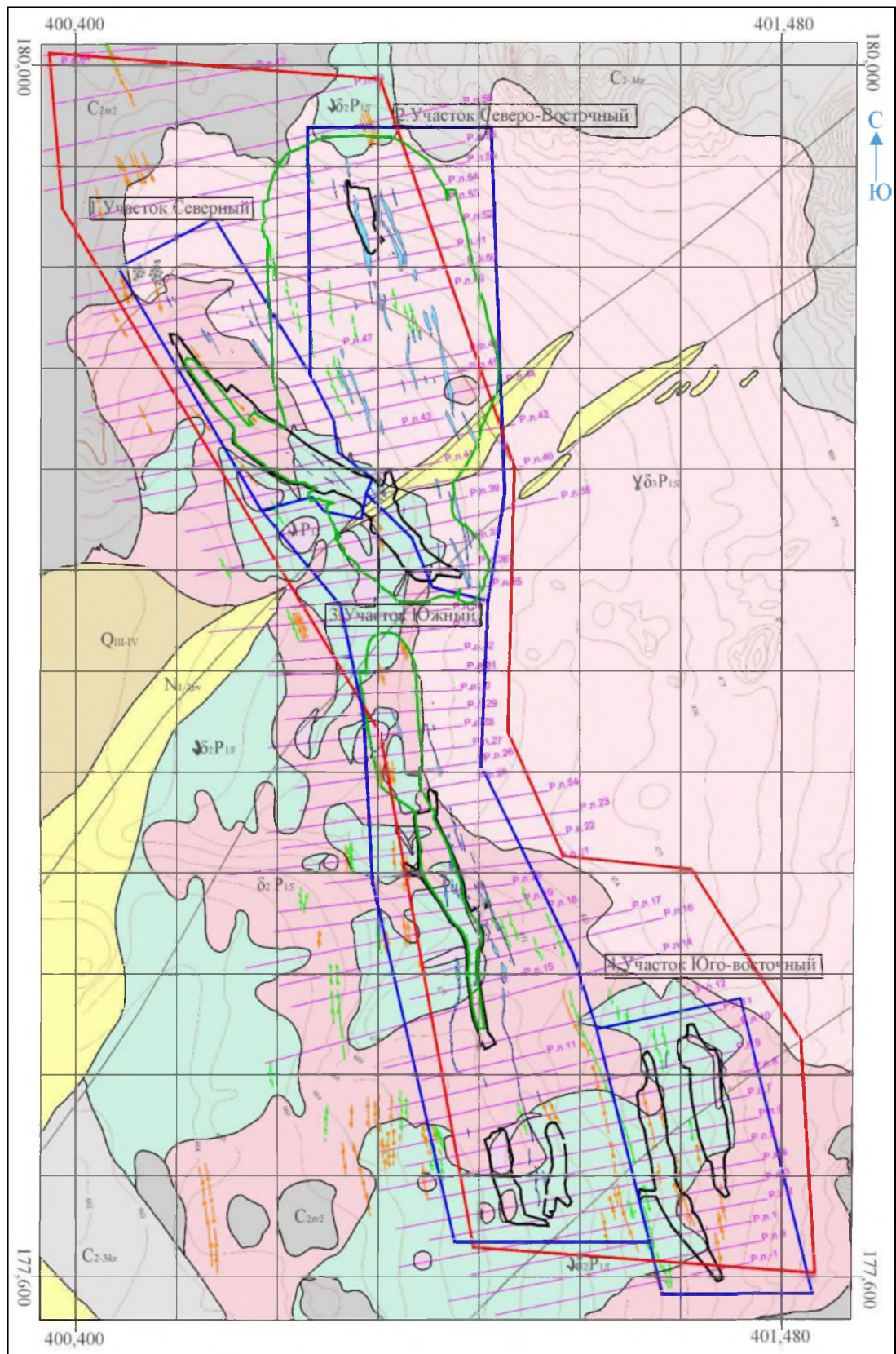


Рисунок 9: Геологическая карта месторождения Долинное.

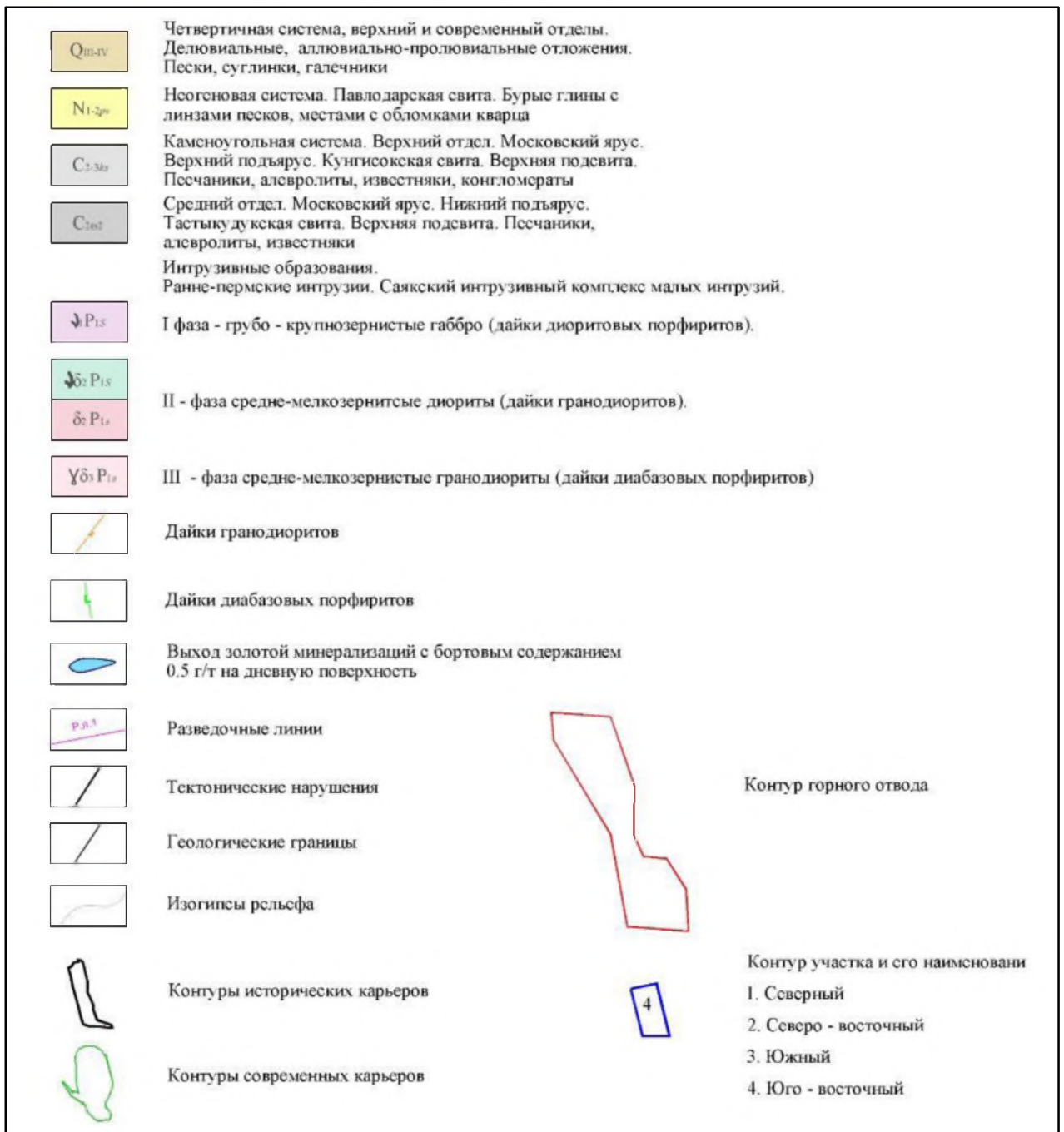


Рисунок 10: Условные обозначения к геологической карте месторождения Долинное.



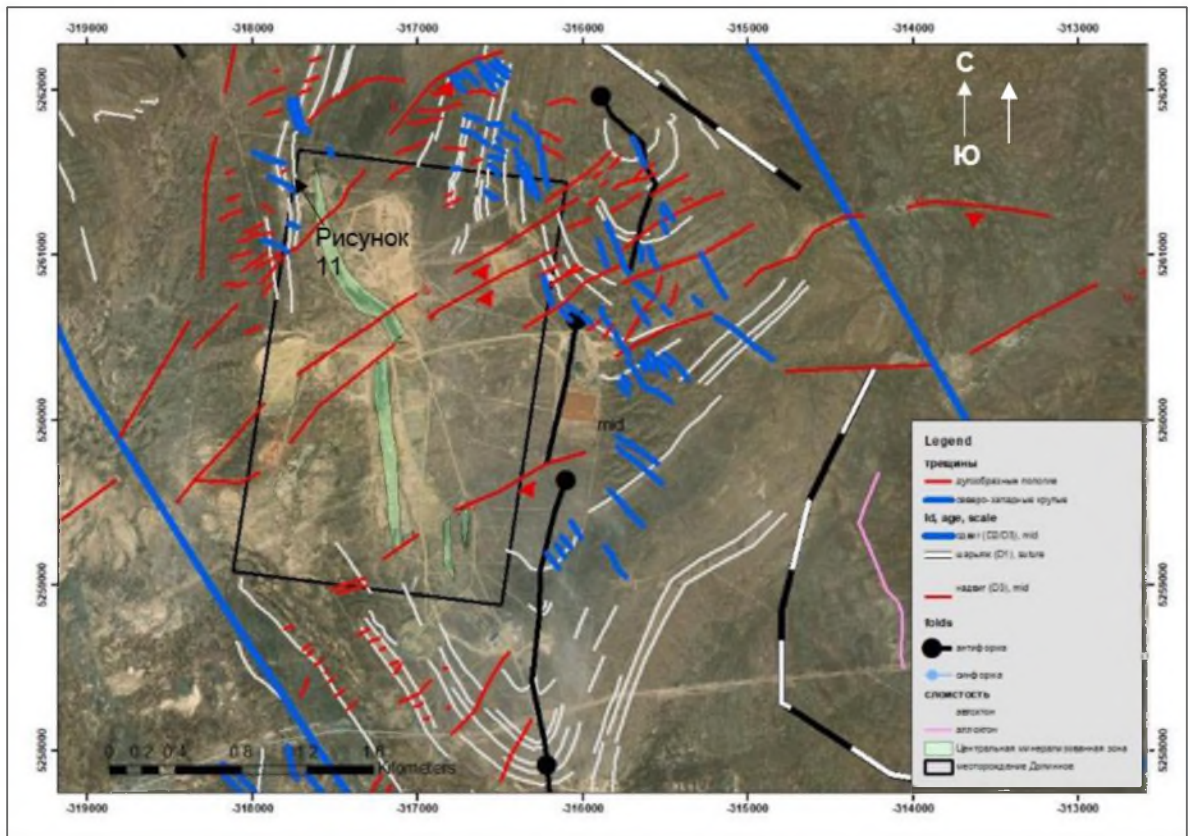


Рисунок 11: Снимок Гугл территории Долинного рудного поля. Разломы, складки и трещины  $D_2$  и  $D_3$ <sup>6</sup>. Сдвиги и деформация минерализованной зоны и оси складки  $D_2$  по системе разломов  $D_3$ <sup>6</sup>



Рисунок 12: Синрудные  $D_2$  и пострудные  $D_3$  трещины (Bonson, 2018 с добавлениями).

Трещины запад-северо-западные крутые и дугообразные пологие хорошо дешифрируются на снимке Гугл в пределах прилегающих к месторождению территорий (*рисунок 11*). Чаще всего они проявляют себя как русла временных потоков вдоль ослабленных и трещиноватых пород. Более или менее равномерное покрытие ими всей территории указывает на региональный источник деформации. Увеличение интенсивности их развития и сохранность четвертичных отложений позволяет выделять относительно сильно ослабленные зоны, интерпретируемые нами как разломы.

Сопоставление трещин, развитых на месторождении с региональными деформационными этапами, позволяет идентифицировать время возникновения трещин на месторождении (*таблица 3.1*). Первая группа, северо-северо-западных трещин идентифицируется как деформационный этап  $D_2$ , являющийся синрудным, а две другие, запад-северо-западная крутая и дугообразная пологая, - пострудными, относящимися к деформационному этапу  $D_3$ . Как уже указывалось выше, обе группы образуют кинематическую пару общей деформации, и поэтому выделены в качестве двух групп  $D_3^a$  и  $D_3^b$  с единым мезозойско-кайнозойским возрастом.

**Таблица 3.1: Характеристика деформаций пород на рудном поле и месторождении Долинное (на основе классификации Е.И. Паталахи, 1985)**

Элементы	Характеристика	Этапы		
		$D_2$ (C3-P1)	$D_3^a$ (Mz-Kz)	$D_3^b$ (Mz-Kz)
	<b>Пространственная ориентировка</b>	Север-северо-западная ( $345 \pm 15^\circ$ )	Не установлены	Не установлены
<b>Складки</b>	<b>Форма</b>	Сжатые, крутые и вертикальные	Не установлена	Не установлена
	<b>Размеры</b>	Метры, километры, десятки километров	Не установлены	Не установлены
<b>Разрывы</b>	<b>Пространственная ориентировка</b>	Север-северо-западная, вдоль осевой плоскости складок	Запад-северо-западная ( $315 \pm 15^\circ$ )	Дугообразные (пологие) с выпуклостью к северо-западу
	<b>Стиль</b>	Сдвиги и раздвиги	Сдвиги	Наклонные надвиги и сдвиги
<b>Кливаж (трещиноватость)</b>	<b>Пространственная ориентировка</b>	Крутой, параллельной осевой	Крутые	Наклонный локальный

		плоскости складок		
	<b>Интенсивность</b>	Сквозной и избирательной	Избирательная трещиноватость	Избирательная трещиноватость
<b>Минерализация</b>	<b>Форма тел</b>	Жилы и жильные системы растяжения	Притертые зоны трещиноватости, катаклазиты	Прожилки и зоны
	<b>Протяженность</b>	Десятки и сотни метров	Десятки метров	Десятки метров
	<b>Специализация</b>	Au, г/т (N x 1 – N x 10)	Au? Слабая карбонатизация и окисление сульфидов	Au? Слабая карбонатизация и окисление сульфидов

Если золотая минерализация кварцевых жил, образование которых связано с этапом деформаций D<sub>2</sub> известна и долгое время являлась объектом разведки и промышленной добычи, то минерализация, связанная с деформациями D<sub>3</sub> изучалась слабо и её закономерности остаются до сих пор практически неизученными.

Основной предпосылкой к изучению связи минерализации с направлением систем трещин D<sub>3</sub> явилась не вполне однозначная увязка минерализованной зоны золота при бортовом содержании 0.4 г/т. Д

Опыт разработки месторождения показывает, что преобладающим направлением минерализации является север северо-западное с крутым падением на запад, связанное с жилами с высокими содержаниями золота. При этом минерализация имеет субгоризонтальные ответвления, с более низкими содержаниями, придающими штокверку рваную, амёбо-образную форму, с большим количеством мелких внутренних пустот. На рисунке 13 продемонстрирована модель минерализации. Красным цветом выделены интервалы по скважинам с содержаниями золота выше 0,4 г/т.

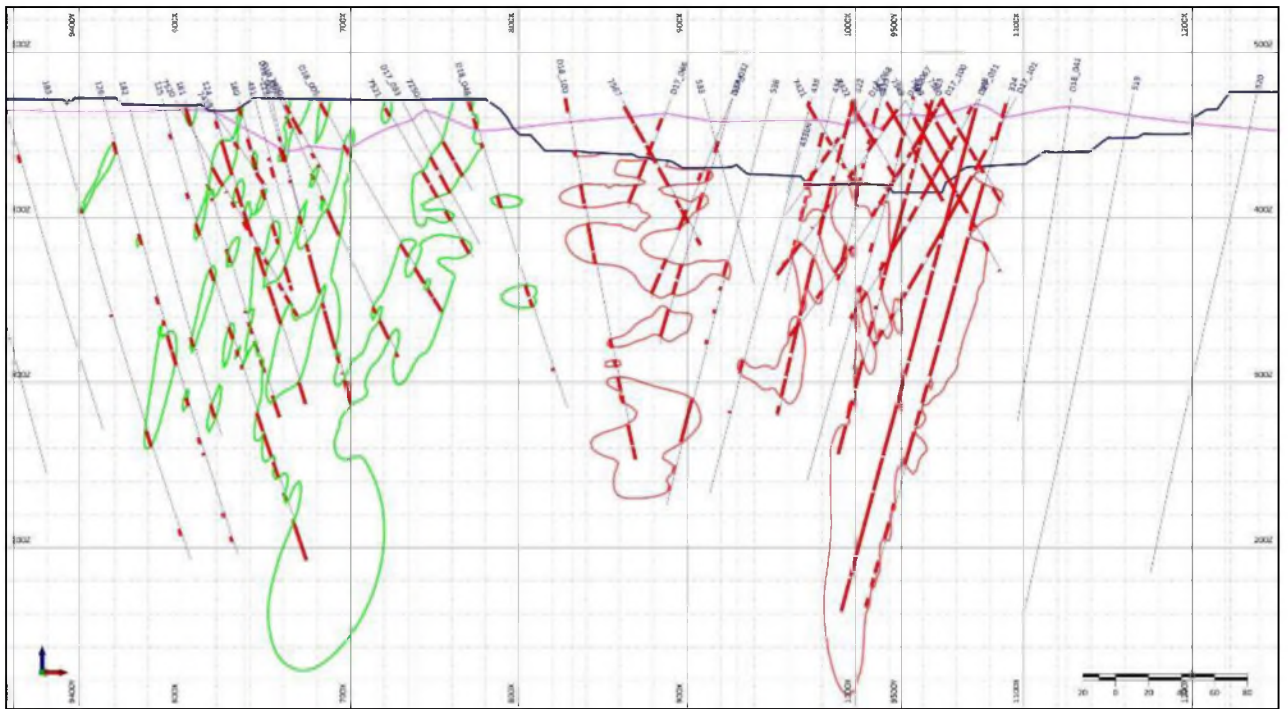


Рисунок 13: Контуры минерализации при бортовом содержании золота 0,4 г/т в разрезе запад-восток.

Для выяснения влияния деформаций D3 на повышение концентраций золота в субгоризонтальном направлении, был проведен структурный экспресс-анализ фотографий зерна (Приложение 1) с целью выяснения роли двух дугообразных разломов (Северный и Южный) в распределении золотой минерализации в пространстве. На разрезах были изучены интервалы с рядовой ( $>1$  г/т) и бедной минерализацией ( $>0,4$  и  $<1,0$  г/т). Также были проанализированы и другие геологические маркеры – наличие полосчатости магматических пород и наличие окисления.



## 4 СТРУКТУРНЫЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ФОТОГРАФИЙ КЕРНА

Формулировка задачи:

Используя представленную модель месторождения Долинное и фотографии керна, определить роль двух дугообразных разломов (Северный и Южный) на распределение золотой минерализации в пространстве.

Используемая методика – диагностика на разрезах интервалов с богатой (>1 г/т) и бедной минерализацией (>0.4 и <1.0 г/т) сопутствующих структур и оценить взаимоотношение структурных элементов и золотоносности.

Материал для исследования:

- Проект Макромайн, включающий карту Долинного 2К с привязанными разрезами по разведочным линиям 1–64, трассами и результатами опробования.

- Фотографии керна скважин (серия ДН).

Результаты:

В процессе просмотра разрезов было установлено, что пригодными для исследований дугообразных разломов являются разведочные линии от р-36 до р-44, охватывающих территорию к северу и югу от разломов, в полосе шириной примерно 250–280 метров по простиранию основной зоны месторождения. Эта полоса включает в себя также пересечения значительного количества других минерализованных объектов этой зоны.

Разломы были изучены в Макромайн на 7 разрезах (№№32, 36, 37, 38, 40, 42 и 44). Ниже дано краткое описание разведочных линий и выборочные фото керна из скважин, фотографии которых имеются в базе данных (серия ДН).

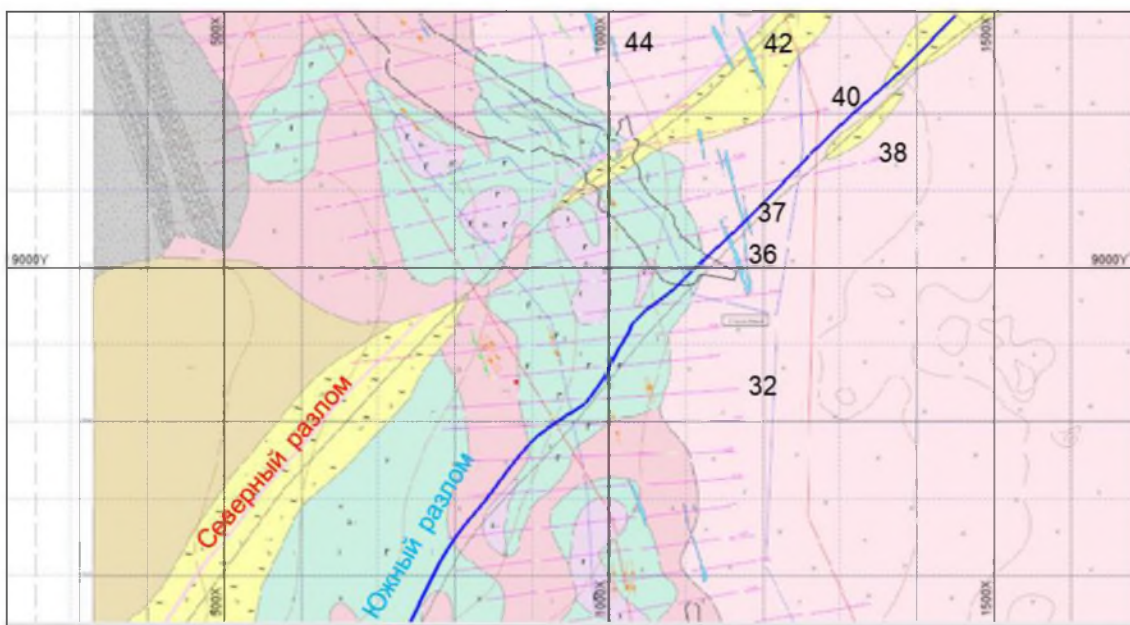


Рисунок 14: Геологическая карта северной части месторождения Долинное в районе развития Северного и Южного разломов. Показаны номера разведочных линий, описанные в тексте и использованные для характеристики разломов.



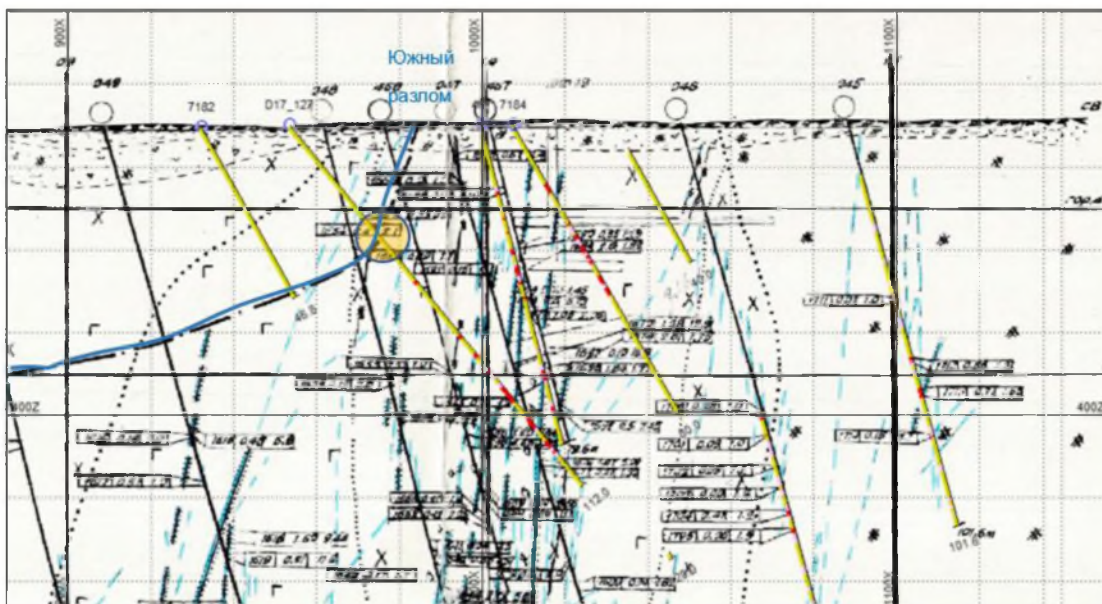


Рисунок 15: Разведочная линия 32 (3-В). Южный разлом пересечен разведочной скважиной DH17\_127 в интервале глубин 28.0–36.0 (фотографии керна и интерпретацию см. ниже).

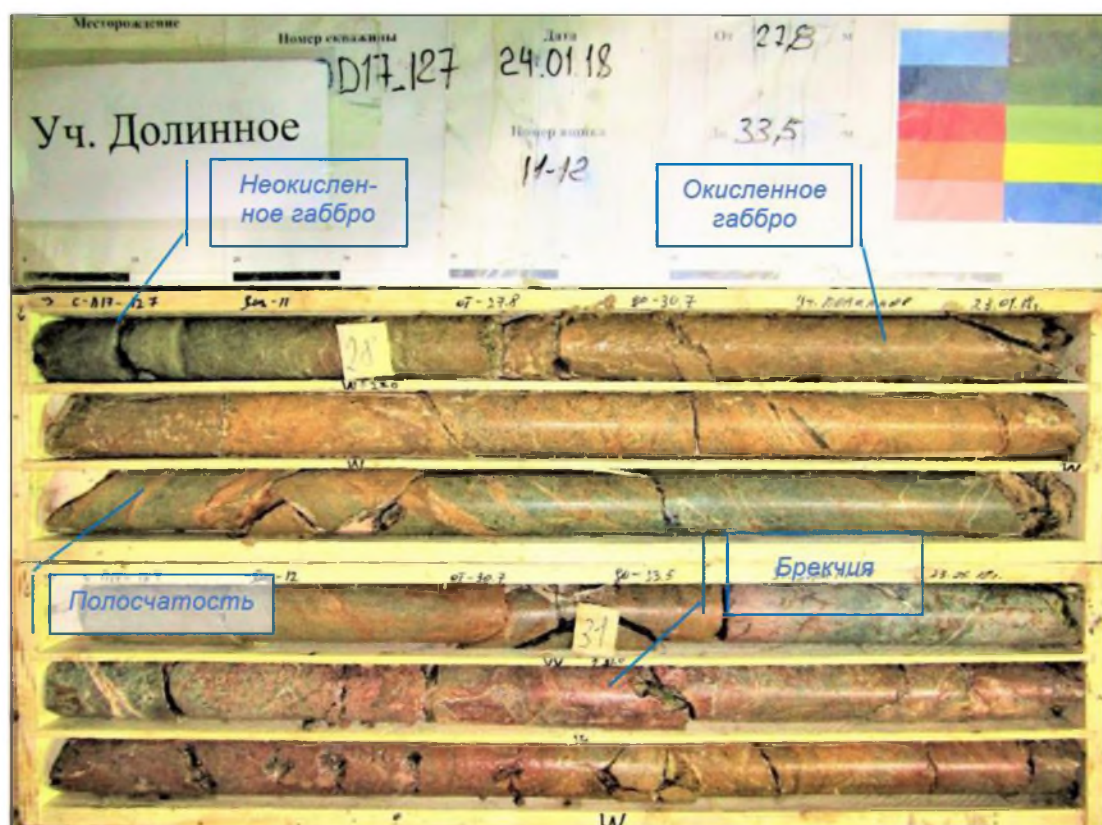


Рисунок 16: По фотографиям керна скв DH17\_127 видно, что до глубины 28.0 м керна имеет серо-зелёный цвет обычный для неокисленных пород. Ниже керна становится сильно трещиноватым, брекчированным и окрашенным в бурые цвета за счет окисления сульфидов, - всякий край зоны Южного разлома. Центральная часть Южного разлома представлена брекчированной породой, сохранившей первоначальную полосчатую текстуру внутри кусков.



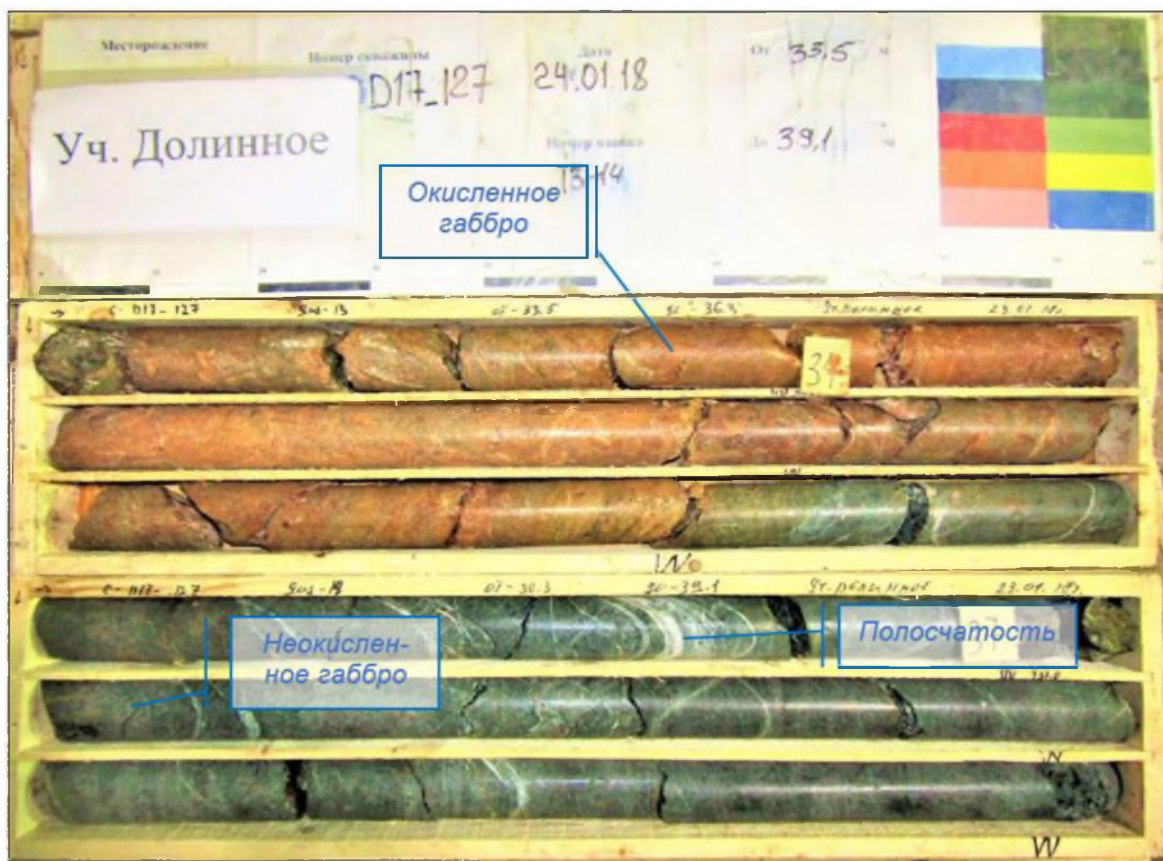


Рисунок 17: Окраска и брекчирование пород в DN17\_127 продолжаются до глубины 35.7 м (лежачий край зоны Южного разлома) и затем порода вновь приобретает обычный для полосчатого габбро-диорита серо-зеленоватый цвет и полосчатую, за счет кварцевых жил, текстуру.

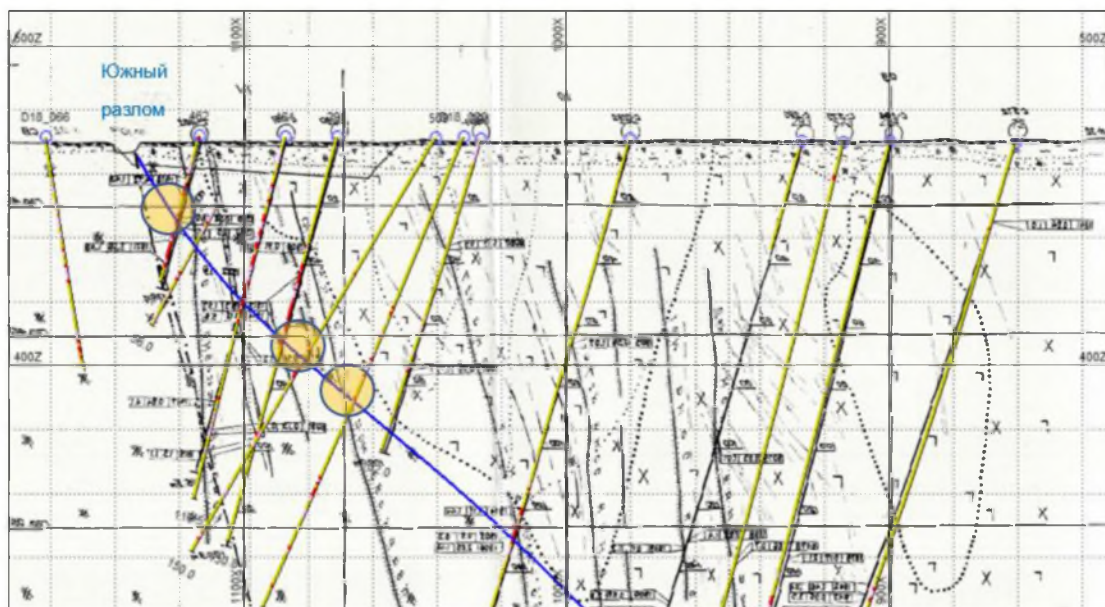


Рисунок 18: Разведочная линия 36 (В-3). Южный разлом пересечен по падению скважинами DN17\_013, DN17\_014 и DN18\_020. Желтыми кругами показаны изученные интервалы керна (см рисунки ниже).



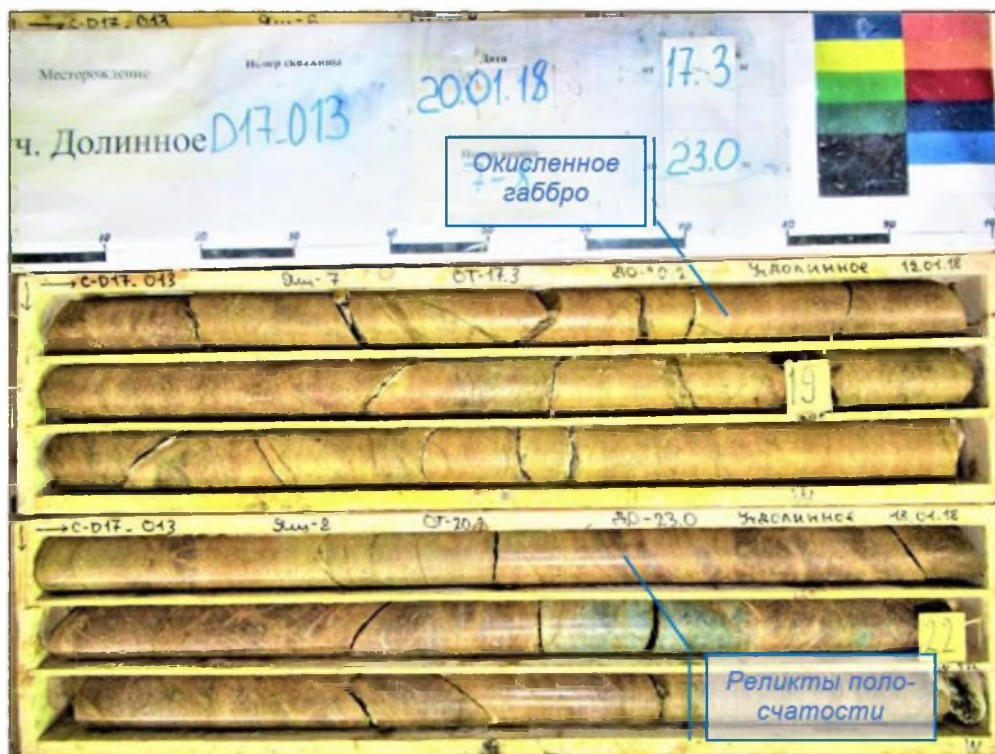


Рисунок 19: Зона Южного разлома, всячий бок. Интервал 17.0–23.0 в DH17\_013 сложен сильно брекчированными породами с реликтами полосчатой текстуры, сильно обохренными из-за окисления сульфидов. Внутри интервала встречаются реликты неокисленных пород.

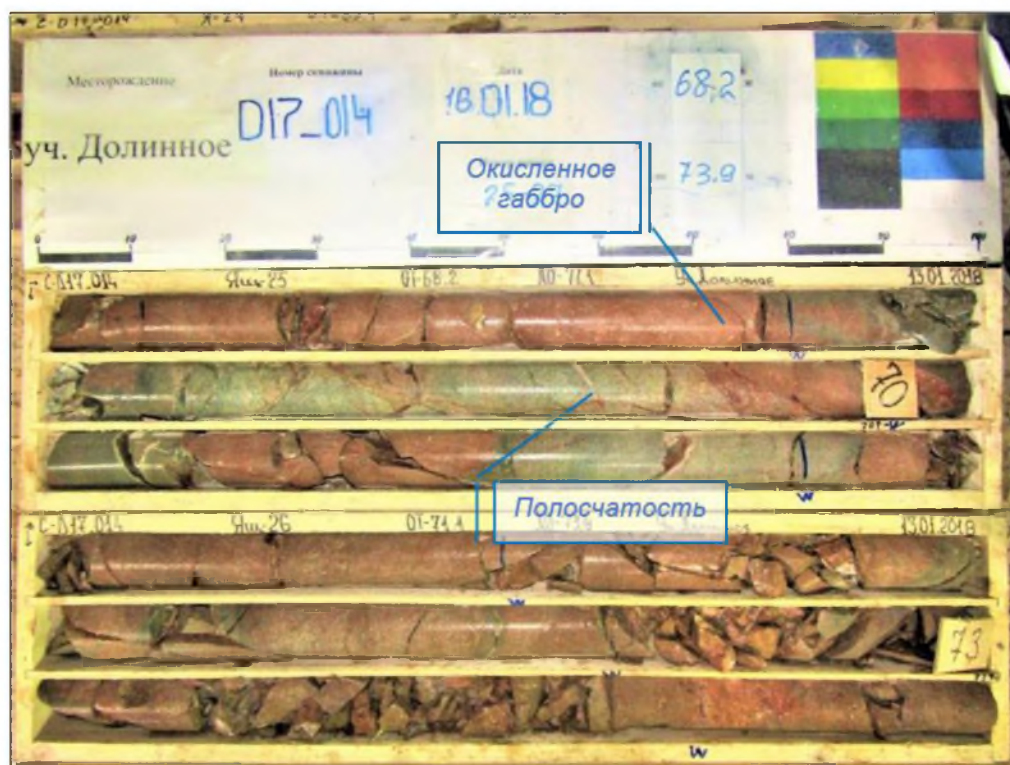


Рисунок 20: Зона Южного разлома, центральная часть. Керн скв DH17\_014 интервал 68.2–73.9 состоит из сильно брекчированных, трещиноватых и окисленных пород.

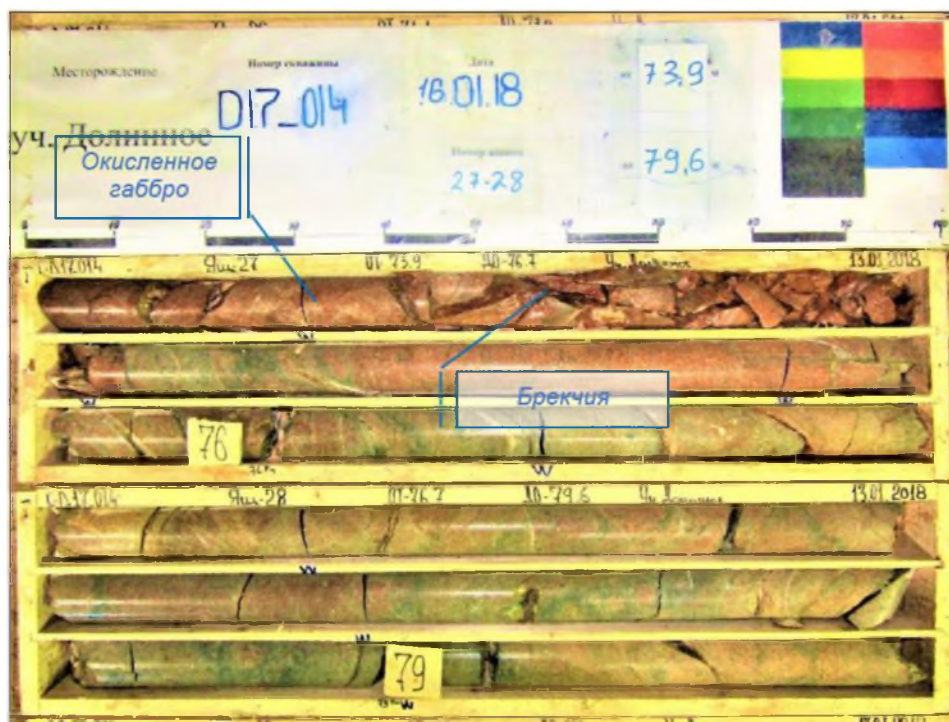


Рисунок 21: Продолжение зоны Южного разлома, центральная часть и лежащий край. Скв ДН17\_014 интервал 73.9–79.6 состоит из сильно брекчированных, трещиноватых окисленных пород. Отмечаются интервалы реликтов «тенивых текстур» исходных пород.



Рисунок 22: Окончание зоны Южного разлома, лежащий край. Скв ДН17\_014 на интервале 79.6–85,2 м. Чередование окисленных и неокисленных пород.



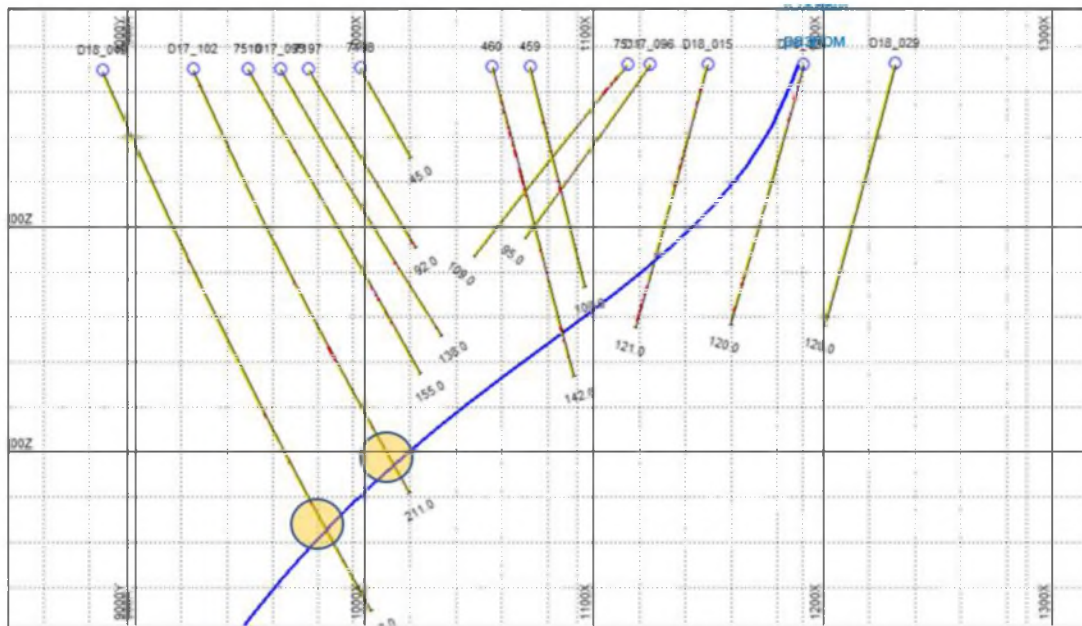


Рисунок 23: Зона Южного разлома. Разведочная линия 37 (З-В). Южный разлом пересечен по падению скважинами DN18\_015 (фотографии керна отсутствуют), DN17\_102 и DN18\_019. Желтыми кругами показаны изученные интервалы керна, пересеченные на глубинах ниже зоны окисления (см фотографии ниже).



Рисунок 24: Зона Южного разлома. Керна скв DN17\_102 интервал 176.4 – 182.0 м. Керна состоит из неокисленных и слабо окисленных полосчатых пород. Начиная с 179.2 м порода становится пятнисто-окрашенной брекчированной текстурой и реликтовой полосчатостью исходных пород, - висячий край Южного разлома.



Рисунок 25: Зона Южного разлома. Керн скв DН17\_102 интервал 182.0 -187.7 м. Интервал представлен брекчированными и пятнисто-окрашенными полосчатыми породами висячего края Южного разлома.



Рисунок 26: Зона Южного разлом , шовная зона. Керн скв DН17\_102 интервал 187.7–193.3 м. Интервал представлен сильно брекчированными и окисленными породами с реликтами полосчатости.





Рисунок 27: Керн скв DN17\_102 интервал 193.3-199.0 м. Продолжение шовной зоны Южного разлома.



Рисунок 28: Керн скв DN17\_102 интервал 199.0-204.8 м. Лежащий край зоны Южного разлома, переходящий во вмещающие породы.



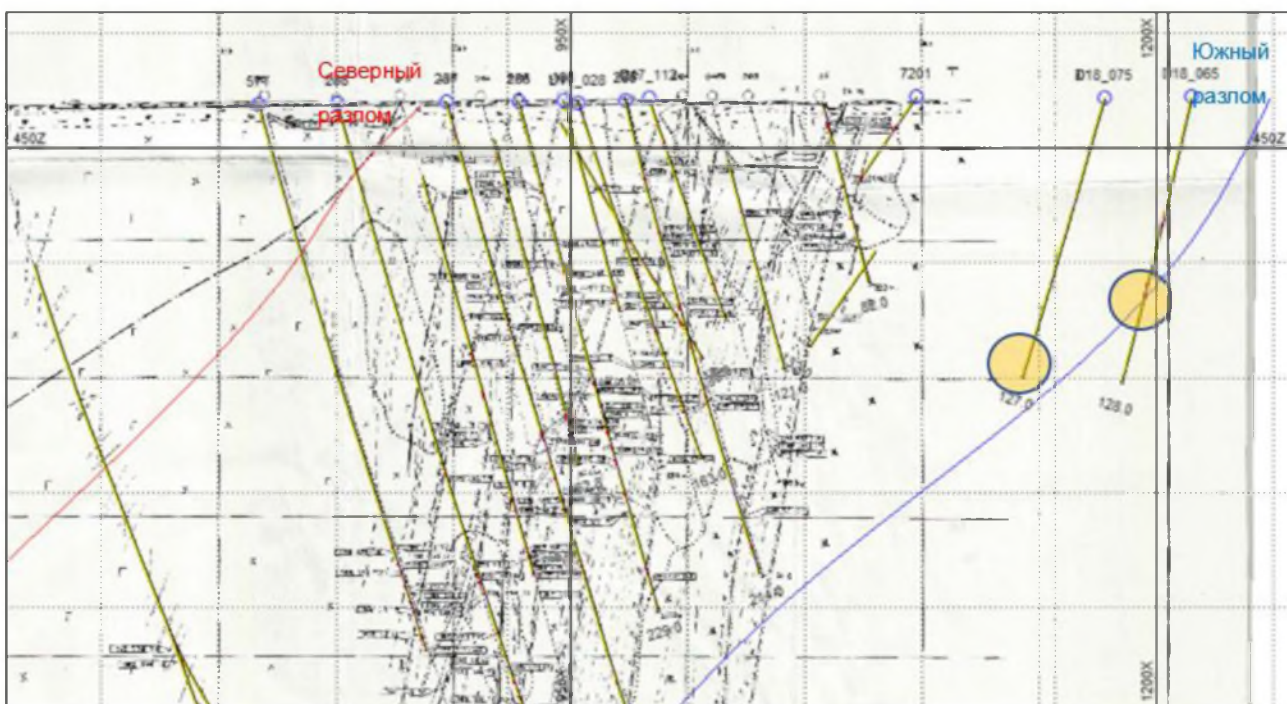


Рисунок 29: Разведочная линия 38 (З-В). Южный разлом пересечен по падению скважинами DN18\_065, DN18\_075. Желтыми кругами показаны изученные интервалы керна.

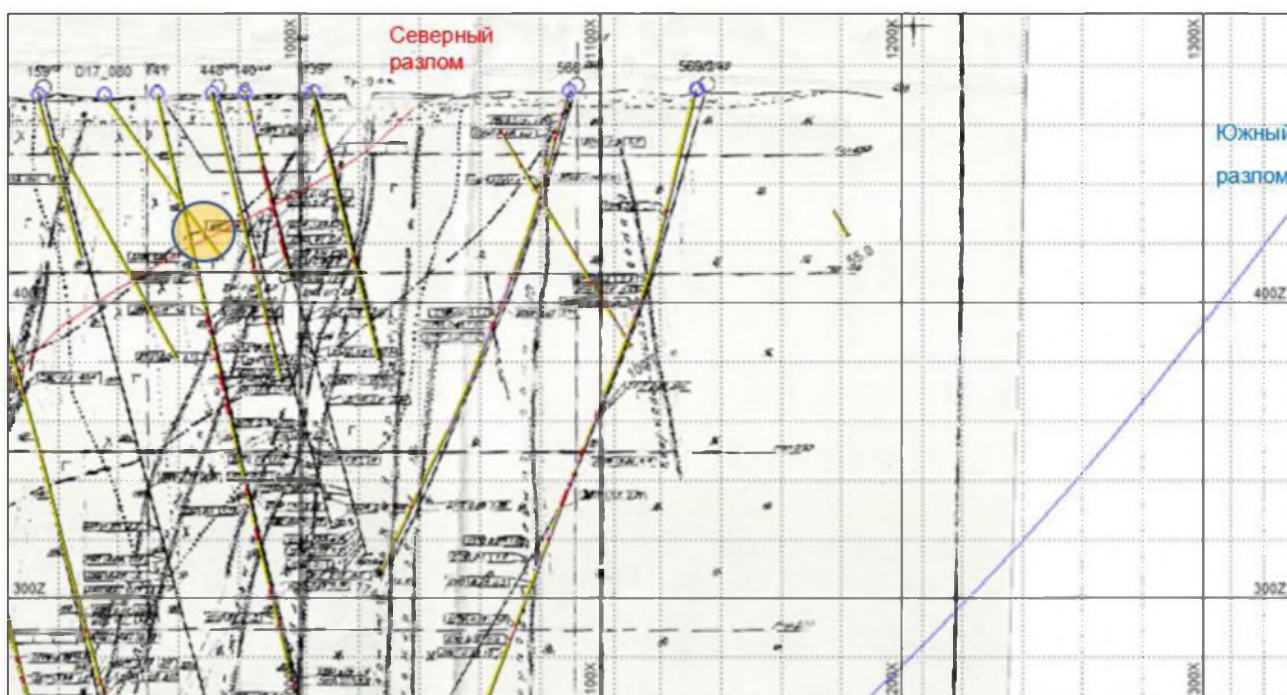


Рисунок 30: Разведочная линия 40. Северный разлом интерпретирован при разведке в виде двух линий, ограничивающих зону. Зону пересекает скважина DN018\_078, единственная по которой есть фотографии керна. Желтым кругом показаны изученные интервалы 23–29 м и 45–49 м.



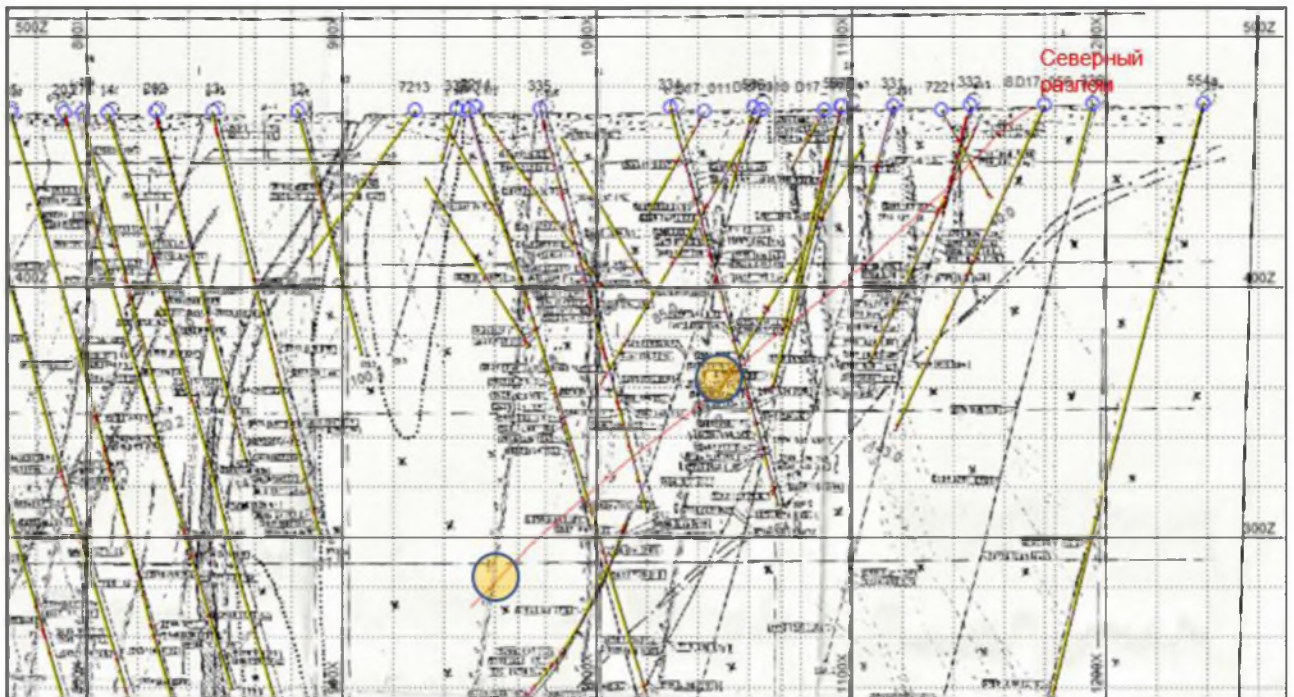


Рисунок 31: Разведочная линия 42. Висячий край Северного разлома показан красной линией. Его пересекают скважины ДН017\_008, ДН017\_009, по которым есть фотографии керна. Желтыми кругами показаны изученные интервалы 27.3–55.4 м и 114.2–131.0 м

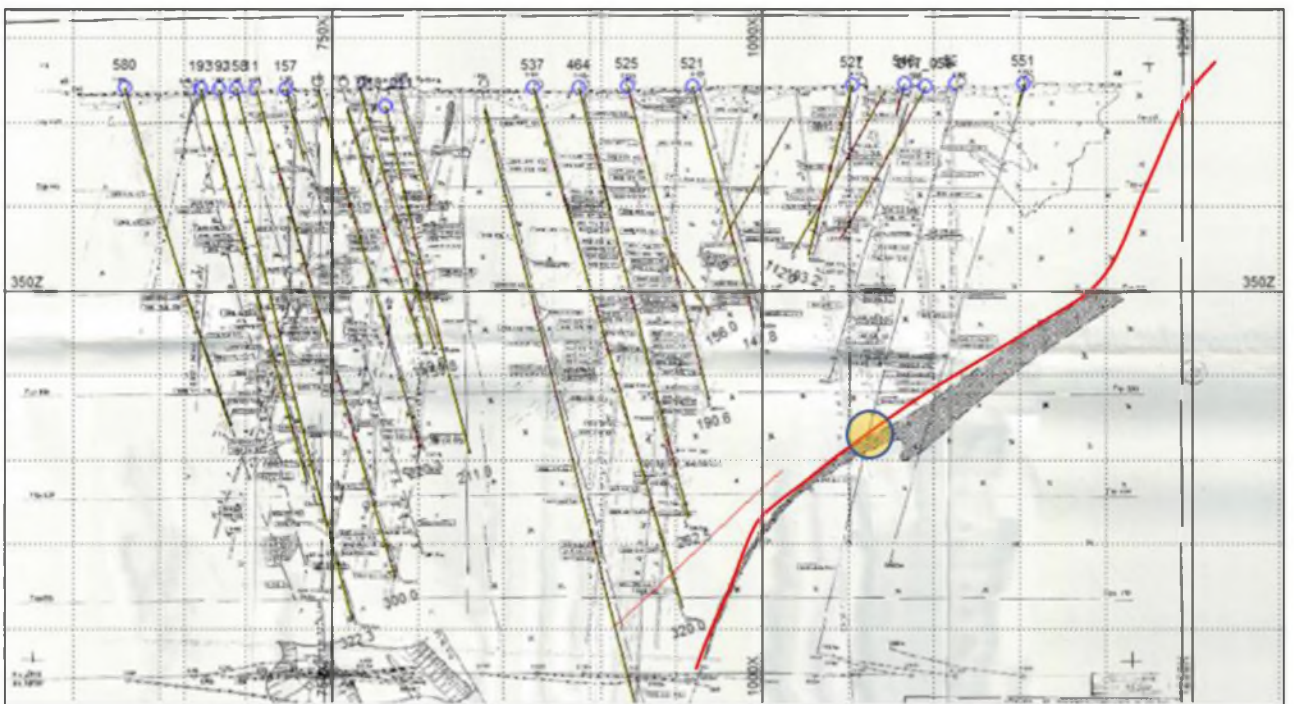


Рисунок 32: Разведочная линия 44. Висячий край Северного разлома показан красной линией. Его пересекает скважина ДН017\_037. Желтым кругом показан изученный интервал 193.5–210.2 м

## 5 РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ СО СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В КЕРНЕ СКВАЖИН

- Северный и Южный разломы представляют собой зоны повышенной трещиноватости пород, обычно без четких и резких ограничений.

- Зоны повышенной трещиноватости пород часто сопровождаются в центральной части зонами брекчирования, приводящих к уничтожению первичных массивных и полосчатых текстур в магматических (главным образом, габбро) породах.

- Оба разлома располагаются субпараллельно в плане и падают на СЗ под углом 45–60°.

- С зонами разломов связано изменение окраски пород от естественной темно-серой и черно-зеленой на бурую, что связано с окислением первичной вкрапленной сульфидной минерализации в магматических породах. Глубина окисления сульфидов, составляющая в коре выветривания в среднем первые десятки метров, в зонах разломов увеличивается до первых сотен метров. Это косвенно свидетельствует о молодом (кайнозойском) возрасте разломов.

- Разломы в зонах брекчирования сопровождаются светлыми прожилками, предположительно, карбонатного состава. Это может свидетельствовать о проявлении низкотемпературных гидротермальных процессов при движениях.

Некоторые статистические тенденции в проявлении золотой минерализации устанавливаются после сопоставления с интенсивностью проявления полосчатости, окисленности и трещиноватости пород на представленных выше фотографиях. «Интенсивность проявления» устанавливалась на основе экспертной оценки по трёхбалльной шкале: 1 – «слабо», 2 – «умеренно», 3 – «сильно». Всего было оценено 173 пог. м керна, показанных выше, а разрезах.

Полосчатость – в породах проявлена неравномерно от полного ее отсутствия до крупно- (несколько см) и тонко- (несколько мм) полосчатых разностей. Диаграмма содержания Au в зависимости от интенсивности развития представлена на рисунке 33. Она показывает наличие слабой положительной связи между параметрами в виде линейного тренда.

Окисленность – устанавливалась в породах по полному ее отсутствию (первичная серо-черная или зелено-черная окраска) до промежуточного развития (средняя степень обожженности по массе или пятнами) или полной окисленности (интенсивная бурая окраска на массу). Диаграмма содержания Au в зависимости от интенсивности окисления пород представлена на рисунке 34. Она показывает наличие очень слабой, практически отсутствующей, положительной связи между окисленностью пород и содержанием золота в виде линейного тренда.

Трещиноватость – в породах проявлена неравномерно, от незначительного ее присутствия (1-3 трещины на пог.м) до умеренно - (4-8 трещины на пог.м) и сильно трещиноватых (>8 трещины на пог.м, брекчии)

разностей. Диаграмма содержания Au в зависимости от интенсивности трещиноватости представлена на рисунке 35. Она показывает отсутствие практически значимой связи между параметрами.

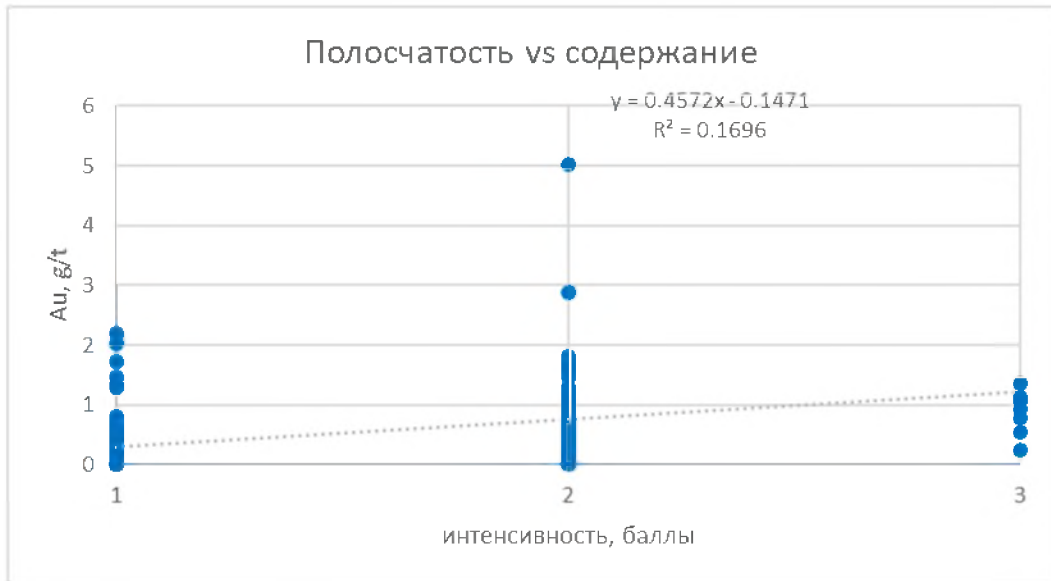


Рисунок 33: Диаграмма содержания Au и интенсивности проявления полосчатости

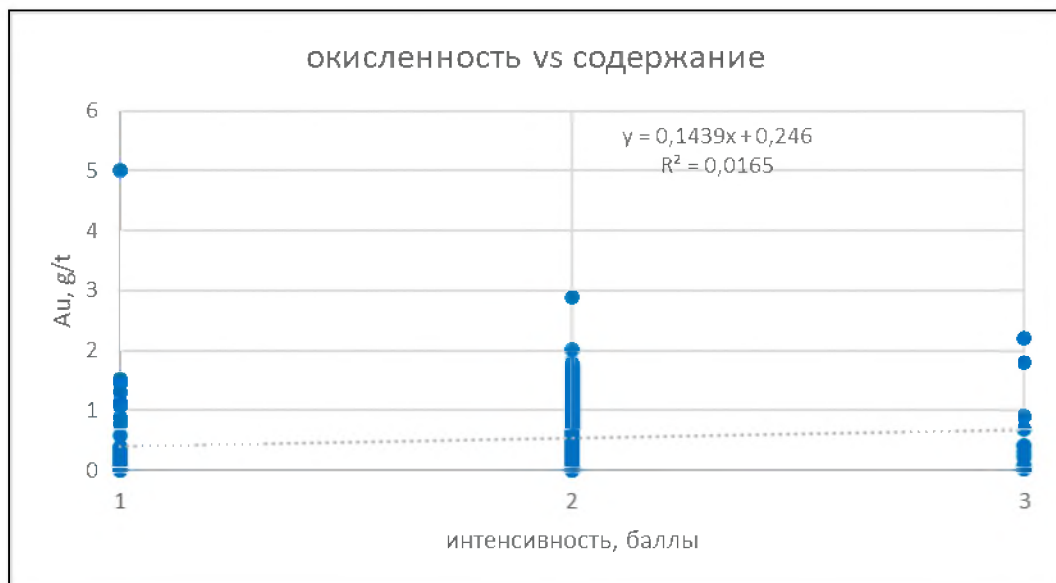


Рисунок 34: Диаграмма содержания Au и интенсивности проявления окисленности пород

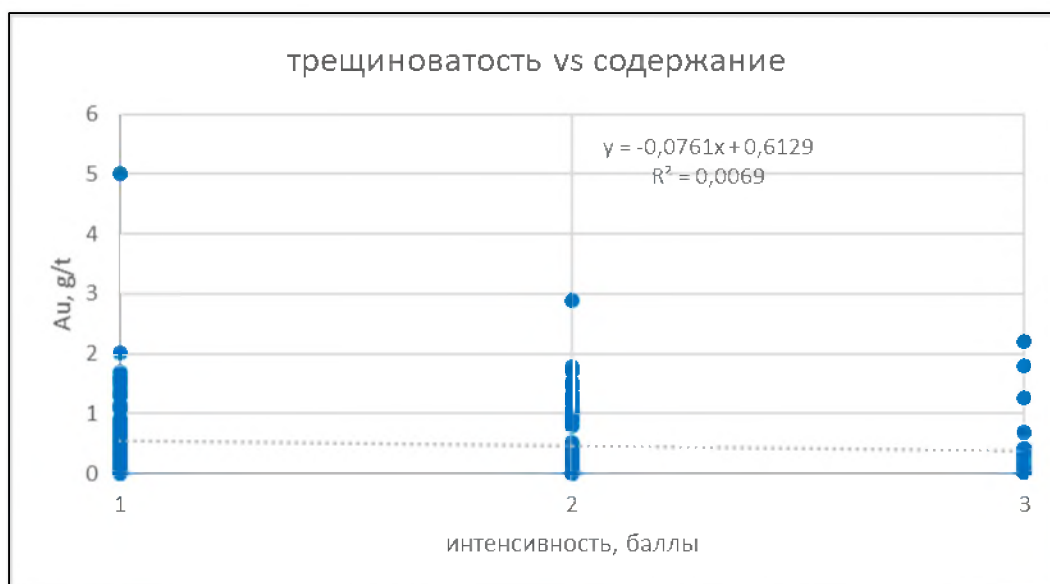


Рисунок 35: Диаграмма содержания Au и интенсивности проявления трещиноватости пород

Выводы:

- Интенсивность проявления полосчатости в породах имеет статистически слабо значимую положительную корреляцию с содержанием золота в породах, что может свидетельствовать о генетической связи золотой минерализации с процессами магматического расслоения интрузива.

- Присутствие очень слабой корреляции между окисленностью пород и содержанием золота указывает невысокую степень миграции золота при выветривании.

- Отсутствие значимой связи между золотой минерализацией и трещиноватости показывает отсутствие генетической связи золота с Северным и Южным разломами. Первоначально субмеридионально расположенные зоны минерализации пересекаясь с зонами Северного и Южного разломов теряют свое четкое выражение в виде минерализованной полосчатости, которая сохраняется в реликтах. Это указывает на пострудную роль разломов на месторождении.

Учитывая вышесказанное, повышенные концентрации рассеянного мелкого золота по всей видимости связаны с процессами дифференциации магмы в магматических камерах что и придает форму бедной золотой минерализации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Интенсивность проявления полосчатости в породах имеет статистически слабо значимую положительную корреляцию с содержанием золота в породах, что может свидетельствовать о генетической связи золотой минерализации с процессами магматического расслоения интрузива.

2. Присутствие очень слабой корреляции между окисленностью пород и содержанием золота указывает на невысокую степень миграции золота при выветривании.

3. Отсутствие значимой связи между золотой минерализацией и трещиноватостью керна показывает отсутствие генетической связи золота с Северным и Южным разломами. Первоначально субмеридионально расположенные зоны минерализации пересекаясь с зонами Северного и Южного разломов теряют свое четкое выражение в виде минерализованной полосчатости, которая сохраняется в реликтах, что свидетельствует о пострудной роли Северного и Южного разломов на месторождении.

4. Существующая геологическая карта месторождения Долинное отображает главным образом элементы геологического строения, связанные с богатыми рудами (кварцево-жильные системы). Для разработки месторождения как крупнообъемного штокверка, контролируемого расслоенностью магматического тела и многоэтапной тектоникой, необходимо провести специализированное структурно-петрографическое картирование м-ба 1:1 000–2 000 с использованием высокоточных GPS приемников.

5. Проведенные исследования позволяют использовать структурные и магматические критерии месторождения Долинное в качестве эталона при поисково-оценочных работах в пределах рудного поля.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолов П.В., Jian Ping, Изотопная геохимия и U-Pb возраст магматических пород золоторудного месторождения Долинное в Северном Прибалхашье: новое приложение к геодинамической модели Жонгаро-Балхашского террейна. Геология и охрана недр, Геология и минерагения, № 3(56), 2015, стр. 2-9.
2. Buslov M.M., Cenozoic tectonics of Central Asia: Basement control. HIMALAYAN JOURNAL OF SCIENCES VOL 2 ISSUE 4 (SPECIAL ISSUE) JULY 2004, p 104-105
3. Паталаха Е.И., Белый В.А., Ермолов П.В. Офиолиты, Наука, Алма-Ата, 175 стр., 1981.
4. Паталаха Е.И. Тектоно-фациальный анализ палеозойских складчатых областей. Недра, Москва, 1985, 168 стр.
5. Sengor A.M.C, Natal'in B.A., Sunal G., and van der Voo R. The Tectonics of the Altai: Crustal Growth During the Construction of the Continental Lithosphere of Central Asia Between ~750 and ~130 Ma Ago. Annu. Rev. Earth Planet. Sci.. 46 :p. 439–494, 2018.
6. Стасив И.В и другие. Отчет по проведению детальных поисков золота на площади месторождения Пустынное и поисково-оценочных работ на участке Западный за 1979-83 гг. Джезказганская область. Том 1. Балхаш, 1983.
7. Сушков В.А. (ответственный исполнитель) Отчет по предварительной разведке северного участка месторождения Долинное с общим пересчетом запасов по состоянию на 01.01.1992 года. Жезказганская область. Том 1. Балхаш, 1992.
8. Chris Bonson. Dolinnoye Open Pit Gold Mine, Structural Geological Mapping and Modelling, SRK Consulting (UK), 2018.
9. Richard Nicholls. A JORC mineral resource estimate for the Dolinnoye gold mine, Kazakhstan, SRK Consulting (Kazakhstan), 2019.
10. Кузнецов А.А., Мухин П.А. и др. Оценка минеральных ресурсов и минеральных запасов месторождения Долинное в соответствии с кодексом KAZRC по состоянию на 02.01.2022 г.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Кузнецов Александр Александрович

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

№ по п/п	Наименование	Форма работы	Выходные данные	Объем	Соавторы
1	Отработка уникального Риддерско-кокольского месторождения – как результат системных геологоразведочных работ	Статья	Рабочее совещание АМР РК «Большой Алтай – уникальная редкометалло-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии», Алматы 2019г, 54-56 с. ISBN 978-601-332-369-5	3 страницы	Фрейман Г.Г. Мельников Е.Г. Титов Д.В.
2	Закономерности размещения золотой минерализации на рудном поле месторождения Долинное	Статья	Конференция «Сатпаевские чтения – 2023. Наука и технологии: от идеи до внедрения» Том II Алматы 2023г, 30-35 с. ISBN 978-601-323-378-9 ISBN 978-601-323-373-4	5 страниц	нет
3	Оценка точности и достоверности инструментальных измерений координат и инклинометрии	Статья	Журнал «Геология и охрана недр» 4(89) 2023, Алматы 2023г, 60-63 с.	4 страницы	нет

Директор института геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова



Сыздыков А.Х.

Научный руководитель



Аршамов Я.К.

Магистрант



Кузнецов А.А.

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

**Кузнецов Александр Александрович**

(Ф.И.О. обучающегося)

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

Тема: **«Геолого-структурные и геодинамические особенности золоторудного поля Долинное и его перспективы»**

Выносимая на защиту диссертационная работа Кузнецова Александра Александровича составлена на основе геолого-геофизических материалов собранных им по месторождению Долинное. В процессе написания магистерской диссертации были собраны и тщательно проанализированы фондовые геологические материалы, научные статьи и монографии, а также результаты собственных исследований автора содержащие информацию о главных геологических, тектонических, структурных и других особенностях месторождения Долинное. В работе представлены все необходимые материалы и выводы позволяющие раскрыть тему и актуальность исследований в данном направлении.

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

После тщательного анализа имеющихся геологических материалов перед магистрантом была поставлена задача показать геолого-структурные и геодинамические особенности и дальнейшие перспективы месторождения Долинное. В процессе выполнения данной работы магистрант Кузнецов Александр сумел показать свои отличные теоретические знания и практические навыки.

Актуальность данного исследования не вызывает никаких сомнений, так как именно с точки зрения геодинамических процессов есть возможность понять структуру рудных полей и проследить закономерности размещения в них потенциальных промышленных объектов для их дальнейшей разработки.

В процессе написания магистерской диссертации автор данной работы изучил закономерности распределения рассеянной золотой минерализации с низкими содержаниями и сделал заключение о потенциально золотоносных структурах рудного поля, сделал определенные выводы и обосновал перспективы золоторудного поля Долинное.

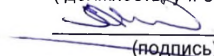
В целом диссертационная работа содержит все необходимые разделы и составлена в соответствии с методическими указаниями и общими требованиями к построению, изложению и оформлению текстового и графического материала.

Кузнецов Александр Александрович справился с поставленной задачей и диссертационная работа полностью завершена. Исходя из вышеизложенного, работа рекомендуется к защите перед аттестационной комиссией, а автор работы заслуживает присуждения академической степени магистра технических наук по образовательной программе «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

**Научный руководитель**

**Профессор КазНУТУ, кандидат геол.-минерал. наук**

(должность, уч. степень, звание)

 **Я.К. Аршамов**

ф.и.о.

«14» июня 2024 года

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

**Кузнецова Александра**

**Образовательная программа:** 7М07206 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

**Магистерская диссертация** С представленными 38 иллюстрациями. состоит из 5 глав, введения, заключения и списка использованной литературы, включающих 9 наименований. Объем работ 50 страниц.

**Тема магистерской диссертации:** «Геолого-структурные и геодинамические особенности золоторудного поля Долинное и его перспективы».

## ЗАМЕЧАНИЯ ПО МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация посвящена к определению связи между геодинамическими процессами и металлогенией золота на примере золоторудного поля Долинное, находящиеся в палеозойских отложениях Прибалхашья. По определению предыдущих исследователей объект относится к типу крупнообъемных месторождений с низким содержанием, золото, которые в настоящее время разрабатываются с использованием современной технологии.

Актуальность работы магистранта заключается в выявлении закономерностей распределения мелкого золото с низким содержанием в пределах изучаемой рудной площади. Данная площадь является потенциально перспективным для проведения поисково- оценочных работ на ближайшие десятилетия, что подтверждает выводы проведенных исследований магистранта.

Как известно, на сегодняшний день производство золото в Казахстане обеспечивается за счет эксплуатации собственно золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождений меди и полиметаллов. Но перспектива восполнение запасов благородных металлов во всем мире и в Казахстане связывается с крупнообъемными месторождениями с низкими содержаниями золото находящиеся, в особенности, в черносланцевых толщах.. Магистрант учитывая эту особенность данного рудного объекта построил ход своих исследований, что подтверждает его выводы о связи рудных образований с геодинамическими условиями, стратиграфическими определяющие геологические обстановки их формирования.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТИ

Степень обоснованности научных положений, рекомендации подтверждается полным анализом научных работ известных в этой области исследователей, всесторонним использованием разнообразных материалов в области формирования и развития золотого оруденения в подобных геологических условиях. Выдвигаемые автором защищаемые положения базируются на актуальных теоретических позициях.

Предложные прогнозы по месторождению с учетом геодинамического фактора образования оруденения как в рудных полях месторождений, так и пределах изучаемого объекта подчеркивает практическую значимость работы. Предложенные автором магматические и структурные поисковые критерии в достаточной степени обоснованы и согласуются с общепринятыми положениями по данному вопросу.

Результаты работы опубликованы и докладывались в научно-практических конференциях и использованы в производственных отчетах.

В целом, по содержанию, объему и структуре магистерская диссертация соответствует государственному образовательному стандарту по данной специальности

### ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Представленная диссертационная работа отвечает квалификационным требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям по образовательной программе 7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых, Рекомендуется к защите перед ГАК с оценкой 96 баллов.

#### Рецензент:

Канд. геол. минерал. наук.  
ГНС лаборатории благородных металлов  
ИГН им. К.И. Сатпаева

А.А. Жунусов

«17» 06 2024 год



Зверев Алексей



## Протокол

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

**Автор:** Кузнецов А.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Геолого-структурные и геодинамические особенности золоторудного поля Долинное и ее перспективы

**Научный руководитель:** Ялкунжан Аршамов

**Коэффициент Подобия 1:** 0

**Коэффициент Подобия 2:** 0

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 1

**Интервалы:** 0

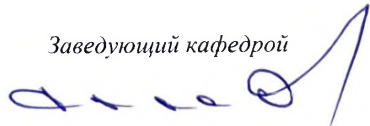
**Белые Знаки:** 0

**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*

*Заведующий кафедрой*



## Протокол

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

Автор: Кузнецов А.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Геолого-структурные и геодинамические особенности золоторудного поля Долинное и ее перспективы

Научный руководитель: Ялкунжан Аршамов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

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

24.05.2014г.

Научный руководитель  
проверяющий эксперт

Я.К. Аршамов