Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.И. Леонтьев
подпись
«11» 04 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.02 «Прикладная геология»
код и наименование специальности
21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»
код и наименование специализации
Геология и геохимическая зональность рудного тела № 4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж)
тема

Научный руководитель — 6.07.2019 — подпись, дата — Профессор кафедры ГМ и П, канд. геол.-минерал. наук — должность, ученая степень — С.И. Леонтьев — инициалы, фамилия

Выпускник — 6.07.2019 — подпись, дата — ГГ 14-05 МГП — группа — И.И. Ярвиц — инициалы, фамилия

Рецензент — 28.06.2019 — подпись, дата — Руководитель группы подсчета запасов «АО Полюс» — должность — А.В. Приданников — инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа ВКР по теме: Геология и геохимическая зональность рудного тела № 4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж).

Консультанты по разделам:

Геологическая часть	11.04.19 подпись, дата	О. Ю. Перфилова
Специальная часть	11.04.19 подпись, дата	С.И. Леонтьев
	11.04.19 подпись, дата	А.М. Сазонов
Нормоконтролер	11.04.19 подпись, дата	Т.В. Полева

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
С.И. Леонтьев
(подпись)
«11» 04 2019 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы

Студенту Ярвиц Ивану Игоревичу
Группа: ГГ 14-05 МГП
Направление (специальность): 21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология».
Тема выпускной квалификационной работы: Геология и геохимическая зональность рудного тела № 4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж).
Утверждена приказом по университету № 7701/с от 30.05.2019 г.
Научный руководитель: канд. геол.-минерал наук С.И. Леонтьев ГМиП ИГДГиГ СФУ
Исходные данные для ВКР: коллекция пород и руд Олимпиадинского месторождения, база данных спектрального и пробирного анализов, Плеханов А.А. «Проект на поиски и оценку рудного золота на нижележащих горизонтах Олимпиадинского месторождения» (Отчет по состоянию на 30.05.2014 г.).
Перечень рассматриваемых вопросов: геологическая часть, специальная часть.
Перечень графического материала: геологическая карта Олимпиадинского рудного поля 1:50 000,разрезы к геологической карте Олимпиадинского рудного поля 1:50 000, геологическая карта Олимпиадинского месторождения 1:25 000, модель рудного тела, графики содержаний элементов.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения	Выполнил	Принял
I. Общая геологическая часть:			
I.1- Геологическая характеристика района Олимпиадинского месторождения	11.04.19 – 19.04.19		
I.2- Геологическая характеристика Олимпиадинского месторождения	11.04.19 – 19.04.19		
I.3- Графические приложения	11.04.19 – 19.04.19		
II. Специальная часть:			
II.1- Петрография пород и руд Олимпиадинского месторождения	19.04.19 – 19.06.19		
II.2- Геохимическая зональность Олимпиадинского месторождения	19.04.19 – 19.06.19		

«11» 04 2019 г.

Руководитель ВКР _____ (подпись) С.И. Леонтьев

Задание принял к исполнению _____ (подпись) И.И. Ярвиц

Минестерство наук и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»,
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

"УТВЕРЖДАЮ"
Зав. кафедрой ГМ и П
С.И. Леонтьев

" 11 " 04 2019 г

Кафедра ГМиП
Раздел плана: тематические работы
Полезное ископаемое: золото
Наименование объекта:месторождение Олимпиада.
Местонахождение объекта: Красноярский край,
Северо-Енисейский район

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На изучение геологии и геохимической зональности рудного тела № 4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж).

Основание выдачи геологического задания: задание на выполнение преддипломной практики приказ № 7701/с от «30» мая 2019 г.

1. Целевое назначение работ: петрография вмещающих пород и руд; минералогия руд; изучение геохимической зональности рудного тела №4.

2. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения.

2.1. Провести изучение геологии Олимпиадинского месторождения (карьер Восточный, Северо-Енисейский рудный узел).

2.2. Охарактеризовать петрографию вмещающих пород и руд Олимпиадинского месторождения (карьер Восточный).

2.3. Охарактеризовать минералогию руд Олимпиадинского месторождения (карьер Восточный).

2.4. Изучить геохимическую зональность рудного тела № 4 Олимпиадинского месторождения (карьер Восточный).

3. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ

3.1. Геологическая характеристика Олимпиадинского месторождения.

3.2. Петрографическая аттестация вмещающих пород.

3.3. Геохимическая зональность рудного тела № 4

Срок выполнения работы: 11.04.19 – 19.06.19 гг.

Научный руководитель С.И. Леонтьев

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Геология и геохимическая зональность рудного тела №4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж)» состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 78 страницы. В ней содержится 25 рисунков, 8 таблиц, 5 графических приложений на 5 листах. Список литературы включает 15 наименований.

ОЛИМПИАДИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, РУДНОЕ ТЕЛО № 4, ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ, ЗОЛОТО-СУРЬМЯНАЯ ЗОНА, ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВАЯ ЗОНА, РУДНОЕ ТЕЛО В ЦЕЛОМ.

Целью работы являлось изучение геологического строения, минерального состава пород и руд Олимпиадинского месторождения, а также изучение геохимической зональности Олимпиадинского месторождения на примере рудного тела № 4. В связи с этим решились следующие задачи:

1. Изучены в полной мере материалы предшественников связанные с Олимпиадинским месторождением, для дальнейшего составления более новой общей картины о геологическом строении месторождения.
2. Выполнена обработка картографического материала.
3. Обработана коллекция пород и руд Олимпиадинского месторождения.
4. Выявлена геохимическая зональности рудного тела № 4 Олимпиадинского месторождения.

На современном этапе, в связи с накоплением геологических материалов, современными теоретическими представлениями о золоторудном процессе появилась необходимость в уточнении и моделировании рудообразования месторождений золота Енисейского кряжа.

В работе приведено общее описание минерального состава пород и руд Олимпиадинского месторождения, проведено исследование геохимической зональности рудного тела № 4 карьер Восточный Олимпиадинское месторождение.

По результатам работы описан минеральный состав пород и руд месторождения, изучена геохимическая зональность рудного тела, построены графики изменений средневзвешенных содержаний, построены ряды зонального отложения

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8
1 ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ 10
1.1 Административно-географическое положение 10
1.2 Природно – климатические условия 12
2 ОБЗОР, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ 14
2.1 Геологическая изученность 14
2.2 Геофизическая изученность 16
2.3 Геохимическая изученность 18
2.4 Изученность Олимпиадинского месторождения 20
3 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 22
3.1 Стратиграфия 22
3.2 Магматизм 26
3.3 Тектоника 27
3.4 Полезные ископаемые 30
4 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 32
4.1Состав вмещающих пород 32
4.2 Рыхлые образования коры выветривания 34
4.3 Структура рудного поля Олимпиадинского месторождения 35
4.4. Гидротермально-метасоматические образования 38
4.5. Краткая характеристика рудных тел 39
5 ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 41
5.1. Петрография стратифицированных пород и руд 41
5.2 Минералогия руд 48
6 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ РУДНОГО ТЕЛА № 4 51
6.1 Теоретическая часть 51
6.2 Методическая часть 55
6.3Результаты исследования 56
6.3.1 Статистическая обработка данных 56
6.3.2 Исследование геохимической зональности 65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 72
ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ
Приложение А Геологическая карта Олимпиадинского рудного поля
Приложение Б Разрезы к геологической карте Олимпиадинского рудного поля
Приложение В Геологическая карта Олимпиадинского месторождения
Приложение Г Рудное тело № 4 Олимпиадинское месторождение
Приложение Д Графики распределения содержаний с глубиной

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. На территории Красноярского края находится более 1600 тонн запасов золота. Большая часть ресурсов сосредоточена в зонах Енисейского кряжа на севере Саяно-Енисейской провинции. В связи с увеличением объемов добычи золота в районе, возникает острая необходимость восстановления минерально-сырьевой базы Енисейского кряжа.

Проблема источников рудного вещества на месторождениях золота и их формирования в сланцевых толщах остро стояла еще в 70-х годах. Несмотря на успехи в области изучения теории рудообразования, опирающиеся на материалы главных золотоносных объектов России, авторами многих работ упоминается о сложности изучения данного процесса и указывает на необходимость дальнейших исследований.

На месторождениях золота, локализованных в метаморфических толщах, проявлено полистадийное отложение золотосульфидных ассоциаций. Состав сульфидов обычно однотипен в месторождениях различного геолого-структурного положения, но как показали работы предшественников, ассоциирующиеся с золотом рудные минералы, имеют большие вариации состава, что связано с условиями минералообразования.

Вышеупомянутое обуславливает необходимость дальнейшей работы и более детального изучения петрографического состава пород, а также изучение новых геохимических данных.

Цели и задачи работы. Целью работы являлось изучение геологического строения, минерального состава пород и руд Олимпиадинского месторождения, а также изучение геохимической зональности Олимпиадинского месторождения на примере рудного тела № 4.

В связи с этим решились следующие задачи:

- были в полной мере изучены все материалы предшественников, связанные с Олимпиадинским месторождением;
- обработан полученный каменный материал привезенный с преддипломной производственной практики;
- выполнена работа по изучению геохимической зональности Олимпиадинского месторождения на примере рудного тела № 4.

Фактический материал и личный вклад автора. В работе была использована коллекция пород и руд Олимпиадинского месторождения, отобранная на летней преддипломной практике, изготовлены аншлифы и шлифы. Проведена работа с картографическим материалом, отчётами предшественников. Также была обработана база данных по геохимическому опробованию и 3D модель рудного тела № 4, с помощью программы MICROMINE.

Работа базируется на материале научно-исследовательских работ, выполненных с 2014 по 2018 гг., Сазоновым А.М., Плехановым А.А. и др.

Научная новизна работы. В работе приведена модель рудного тела № 4. По данным спектрального и пробирного анализов произведено разделение рудного тела на золото-мышьяковую и золото-сурьмяную зоны. Сделаны

выводы об изменении средневзвешенных содержаний в данных зонах, построены ряды зонального отложения и оценено их сходство.

Практическая значимость работы. Результаты данной работы позволят более детально ознакомиться с геологическим строением Олимпиадинского месторождения, на основе исследования зональности рудного тела произвести прогноз оруденения на глубину.

Структура и объемы работы. Работа состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 73 страницы. В ней содержится 4 графических приложения.

В главе 1 представлена географо-экономическая характеристика района работ. Охарактеризовано географическое положение Олимпиадинского месторождения, описаны климатические условия района.

В главе 2 содержится описание ранее проведенных работ предшественниками: геологическая, геофизическая, геохимическая изученность района, более детальная изученность Олимпиадинского месторождения.

Глава 3 посвящена геологической характеристики района работ, приведено описание стратиграфических подразделений; рассмотрены магматические образования; дано описание главнейших тектонических структур; указаны основные полезные ископаемые.

Глава 4 содержит более детальную информацию о строении Олимпиадинского месторождения, разобраны такие аспекты как: структура рудного поля; состав вмещающих пород; рыхлые образования коры выветривания; гиротермально-метасоматические образования; так же приведена краткая характеристика рудных тел.

В главе 5 представлено описание петрографии стратифицированных пород и руд, минералогии руд.

В главе 6 содержатся данные о геохимической зональности рудного тела № 4.

1 ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ

В данной главе приведены сведения о местоположении Олимпиадинского месторождения, информация о населении района, транспортных сетях, а также природно климатических условиях района работ.

Географо-экономическая характеристика района работ охарактеризована по материалам В.К. Совмена [12], В.К. Старостина [13], А.А. Плеханов [6], М.М. Константинова [4].

1.1 Административно-географическое положение

Олимпиадинское месторождение расположено в 81 км к югу от районного административного центра поселка городского типа Северо-Енисейский, в котором сосредоточены учреждения местного самоуправления и коммуникационные узлы – почта, аэропорт, обзорная карта района работ изображена на рисунке 1.1 [12].

Плотность населения района низкая и составляет менее 1 чел. на 1 кв. км, а общая его численность по переписи 2017 года – 11.375 тыс., но в настоящее время несколько увеличивается за счет растущего рабочего контингента развивающихся предприятий, в том числе Олимпиадинского ГОКа. Работники ЗАО «ПОЛЮС» частично проживают в в.п. Еруда, в непосредственной близости (~2-5 км) от месторождения. В данном месте создана необходимая жилищно-коммунальная инфраструктура [6].

Автотранспортные сети в районе развиты очень слабо. Грунтовая дорога соединяет районный центр – п.г.т Северо-Енисейский и п. Брянка (172 км), и далее 135 км. до города Енисейск. В п. Епишино функционирует паромная переправа через р. Енисей. От Енисейска до Красноярска проложено асфальтовое шоссе 2 класса (350 км).

Транспортное снабжение Олимпиадинского ГОКа производится автотранспортом от перевалочной базы в г. Лесосибирске (Абалаково) до п. Еруда по существующей грунтовой дороге протяженностью 350 км, состояние которой в весенне-летний период можно охарактеризовать как бездорожье.

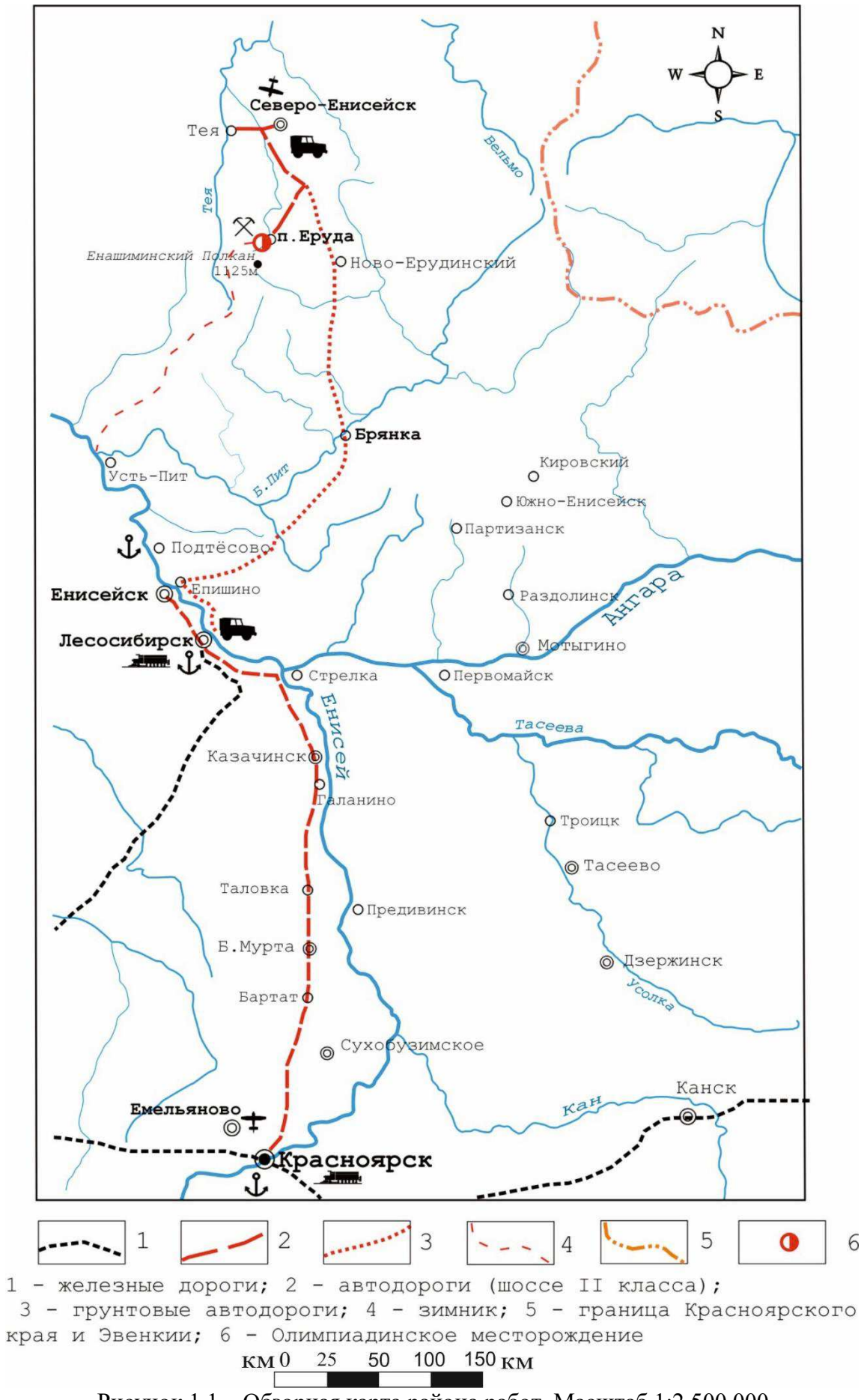


Рисунок 1.1 – Обзорная карта района работ. Масштаб 1:2 500 000

Ближайшая железнодорожная станция находится в г. Лесосибирске. Доставка технических грузов, ГСМ и угля осуществляется также иногда речным транспортом (при благоприятных условиях весенне-летней навигации) - из г. Красноярска до п. Назимово по р. Енисей и далее до п. Брянка по р. Большой Пит. До пристани Назимово от п. Еруда проложен зимник протяженностью 145 км.

Основой экономики района, является золотодобывающая промышленность. В настоящее время отрабатывается ряд коренных золоторудных месторождений, три из которых – Олимпиадинское, Благодатное и Титимухта отрабатываются ЗАО «Полюс» с годовой производительностью более 15 млн. тонн руды [6]. ООО «Соврудник» эксплуатирует месторождение Эльдорадо. Россыпные месторождения отрабатываются предприятием ООО «Дражный флот» и рядом мелких частных старательских артелей с годовой добычей, не превышающей первые сотни килограмм.

В районе имеются местные строительные материалы: кирпичная глина, известняки и доломиты для производства извести, граниты для производства щебня и бутового камня, деловая древесина. В настоящее время для потребностей Олимпиадинского ГОКа эксплуатируются Тырадинское месторождение мраморизованных известняков и Широкинское гранитов, энергетический уголь завозится с Кокуйского угольного разреза, расположенного в Мотыгинском районе Красноярского края.

Электроснабжение района происходит по ВЛ 110 кВт от Назаровской ГРЭС. Учитывая энергодефицитность региона, на Олимпиадинском ГОКе построены и эксплуатируются ДЭС (4,3 МВт), ТЭЦ-1 (18 МВт) и ТЭЦ-2 (8 МВт).

Водообеспечение Олимпиадинского ГОКа происходит за счет эксплуатации Енашиминского и Досеровского месторождений подземных вод; для технических нужд используются частично воды карьерного водоотлива.

Район работ относится к территориям Крайнего Севера. Районный коэффициент составляет 1,5; работникам производится также выплата северных надбавок (80%).

1.2 Природно – климатические условия

Район месторождения находится в пределах Среднесибирского плоскогорья и относится к горно-таежной зоне с типичным среднегорным рельефом местности, с чередованием глубоких долин и водораздельных массивов, с одиночными крутосклонными вершинами. Абсолютные отметки вершин варьируют в пределах 800-1100 м. В пределах прямой видимости находятся горы: Енашиминский Полкан – 1125 м (самая высокая точка Енисейского Кряжа), гора Лысая -992 м. Месторождение расположено на высоте 650 – 730 м над уровнем моря, средняя абсолютная отметка – 700 м. Относительные превышения водоразделов над днищами долин составляют 100 – 200 м, иногда достигая 500 м. Склоны чаще пологие (до 20°), реже крутые (до 25 – 30°).

Обнаженность коренных пород плохая, местность сильно задернована, нередко заболочена. Гипсометрически площадь месторождения располагается в районе наивысших абсолютных отметок Енисейского Кряжа, в пределах Центрального поднятия. Здесь берут начало водотоки, текущие как на север, в бассейн Подкаменной Тунгуски (р. Енашимо с притоками руч. Олимпиадинским и Иннокентьевским; р. Тея – с притоком Тырадой), так и на юг в систему Большого Пита (р. Чиримба с притоком руч. Полуторником). Расход воды в целом невелик и зависит от времени года и количества атмосферных осадков.

Климат района резко континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким жарким летом. Колебания температур значительны: от зимнего минимума в -61°С (декабрь-январь) до летнего максимума +35°С (июль), при среднегодовой температуре -6°С. Снежный покров появляется в конце сентября и полностью исчезает в середине июня, мощность его достигает 1.0 – 1.5 м. Многолетней мерзлоты нет; глубина сезонного промерзания грунтов составляет 0,5 – 2,0 м. Норма годовых осадков 1080 мм. Район относится к несейсмичным [4].

Растительность и животный мир обычные для зоны тайги. Из древесных пород преобладают ель, пихта, кедр, сосна, береза.

Из животных в районе встречаются: медведь, лось, олень, заяц, белка, соболь; из боровой дичи – глухарь, тетерев, рябчик; в реках водится хариус.

2 ОБЗОР, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ

Данная глава содержит сведения о геологической, геофизической, геохимической изученности района, а так же более детальной изученности Олимпиадинского месторождения. Глава составлена с использованием материалом: [4, 6]

2.1 Геологическая изученность

Северо-Енисейский район относится к одним из старейших горнорудных районов Сибири. История его освоения начинается с сороковых годов девятнадцатого века, в то время были выявлены и начаты разработки первых богатых золотоносных россыпей. Месторождения коренного золота были обнаружены значительно позднее – в 1883 г. (месторождение Эльдорадо) и в 1886 г. (месторождение Первенец) [6].

Более чем за полтора века на территории Северо-Енисейского района был выполнен огромный объем геологических работ, в соответствии с рисунком 2.1:

- геологическая съёмка и последующее геологическое изучение;
- поисково-оценочные и разведочные работы на рудное золото;
- поиски, оценка и разведка россыпей золота;
- поисковые работы на редкие металлы, сурьму и железо;
- научно-производственные исследования.

История открытия Олимпиадинского месторождения начиналась с установления россыпной золотоносности в верховьях р. Енашимо по руч. Иннокентьевскому и Олимпиадинскому в 19 веке, с отработкой россыпей в 1854 – 1855 года. В связи с этим, разными исследователями позднее высказывалось мнение о возможном выявлении на данной площади коренных источников, питающих россыпи (Молчанов, 1926; Лапин, 1941). Проявление рудных метасоматически преобразованных пород было установлено после открытия Олимпиадинского рудопроявления сурьмы (Гаврилов, Столяров, 1944), Оленьего рудопроявления вольфрама (Чаиркин, 1954) и Правобережного проявления ртути (Петров, 1955). Чаиркиным В.М. и Петровым В.В. в протолочках отмечались знаки золота, однако внимания на данные факты не обратили.

При производстве геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 (Комов, 1964), в районе также отмечались знаки золота, в том числе в протолочках из образцов Олимпиадинского сурьмяного рудопроявления.

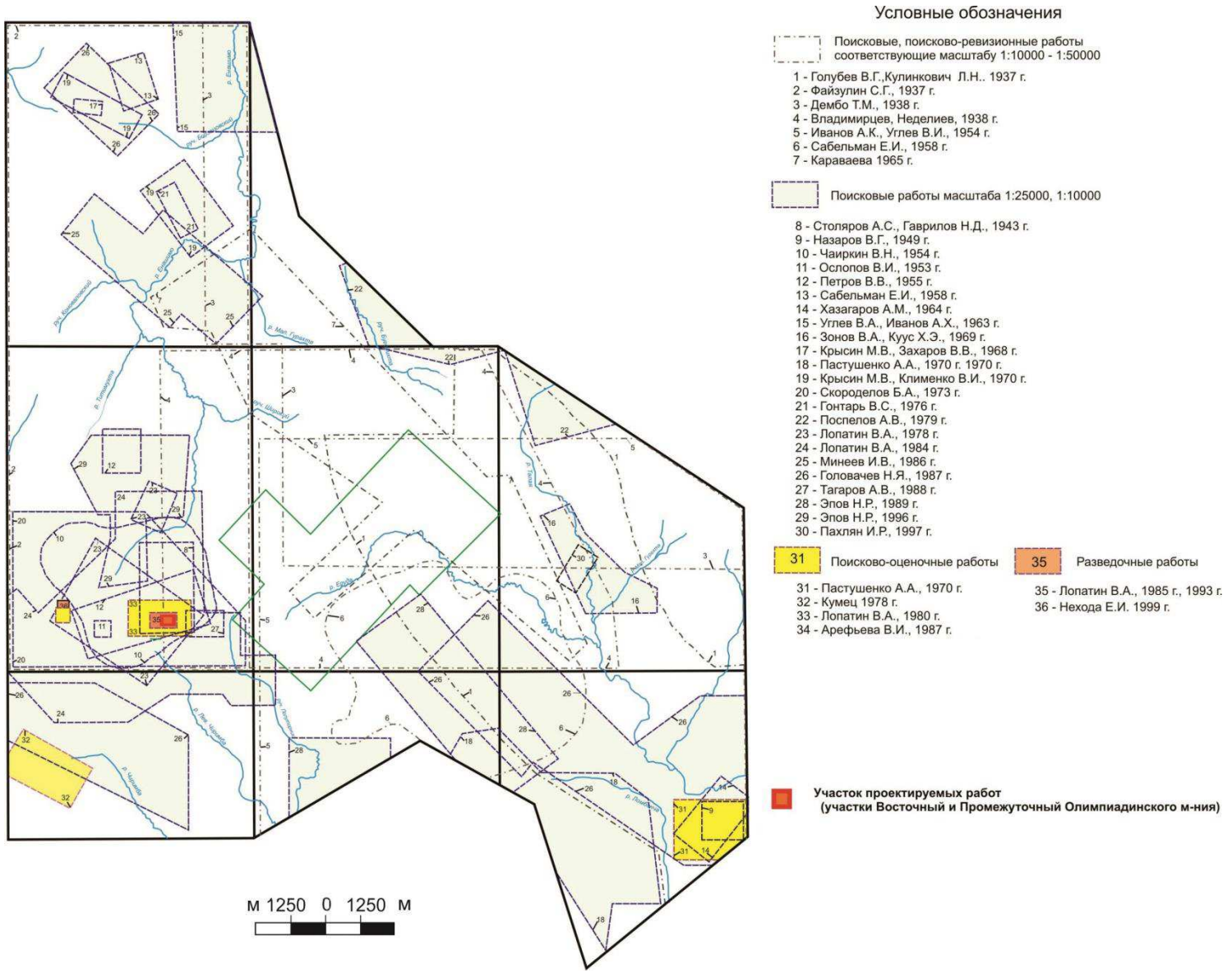


Рисунок 2.1 – Картограмма геологической изученности района Олимпиадинского месторождения. Масштаб 1:125 000

В 1964 г. В.А. Нелюбовым, Л.В. Ли при составлении прогнозной карты золотоносности, получены первые пробирные анализы метасоматических кварцитов Оленьего и Олимпиадинского рудопроявлений с содержаниями в единичных пробах, соответственно, 8,0 и 18,4 г/т.

В 1968 – 1974 годах Л.В. Ли и Г.П. Круглов занялись переопробованием сохранившегося керна скважин, пройденных при оценке Олимпиадинского сурьмяного рудопроявления, еще раз подтвердив золотоносность измененных пород. Было сформулировано мнение о наличии нового для Енисейского Кряжа гидротермально-метасоматического типа оруденения.

С 1975 года в Верхне-Енашиминском рудном узле начаты специализированные работы на золото, результатом которых было открытие и подготовка к промышленному освоению Олимпиадинского золоторудного месторождения.

После начала отработки месторождения геологической службой ЗАО «Полюс» в 1997 году, также производились оценочные и разведочные работы на ближайших известных рудопроявлениях золота с целью вовлечения их в эксплуатацию:

- Тырадинском (Нехода, 1998) с выявленными запасами окисленных руд 395,2 тыс.т., золота 2,249 т со средними содержаниями 5,7 г/т;

- Оленьем (Клюкас, Кровякова, 2004) с эксплуатационными запасами вкраплено-сульфидных руд категории C_1+C_2 – 1290 тыс.т, золота – 7,78 т (7,1 г/т), Чиримбинском и Иннокентьевском с подсчитанными запасами золота 357,9 кг (4,4 г/т) и 1349 кг (2,7 г/т) соответственно.

- Благодатном. Промышленная оценка проведена в 2000 – 2004 гг. силами ГРП ЗАО «Полюс». Запасы по категориям $B+C_1$ составили 58 909 кг (2,6 г/т), C_2 – 163 452 кг (2,4 г/т). Месторождение было признано крупным по масштабам. Позднее, по результатам работ ЗАО «ПОЛЮС» в 2006 – 2008гг., разведанные запасы месторождения Благодатного составили более 300 т. металла, в настоящее время производится разведка глубоких горизонтов, в результате которой ожидается увеличение ресурсной базы месторождения.

2.2 Геофизическая изученность

Геофизические работы разных масштабов проводились в районе с конца 40-х годов прошлого столетия в соответствии с данными на рисунке 2.2.

Мелко- и среднемасштабные (1:200 000 – 1:25 000) наземные и аэрогеофизические работы проводились для помощи в геокартировании и с целью поисков бокситовых и железных руд.

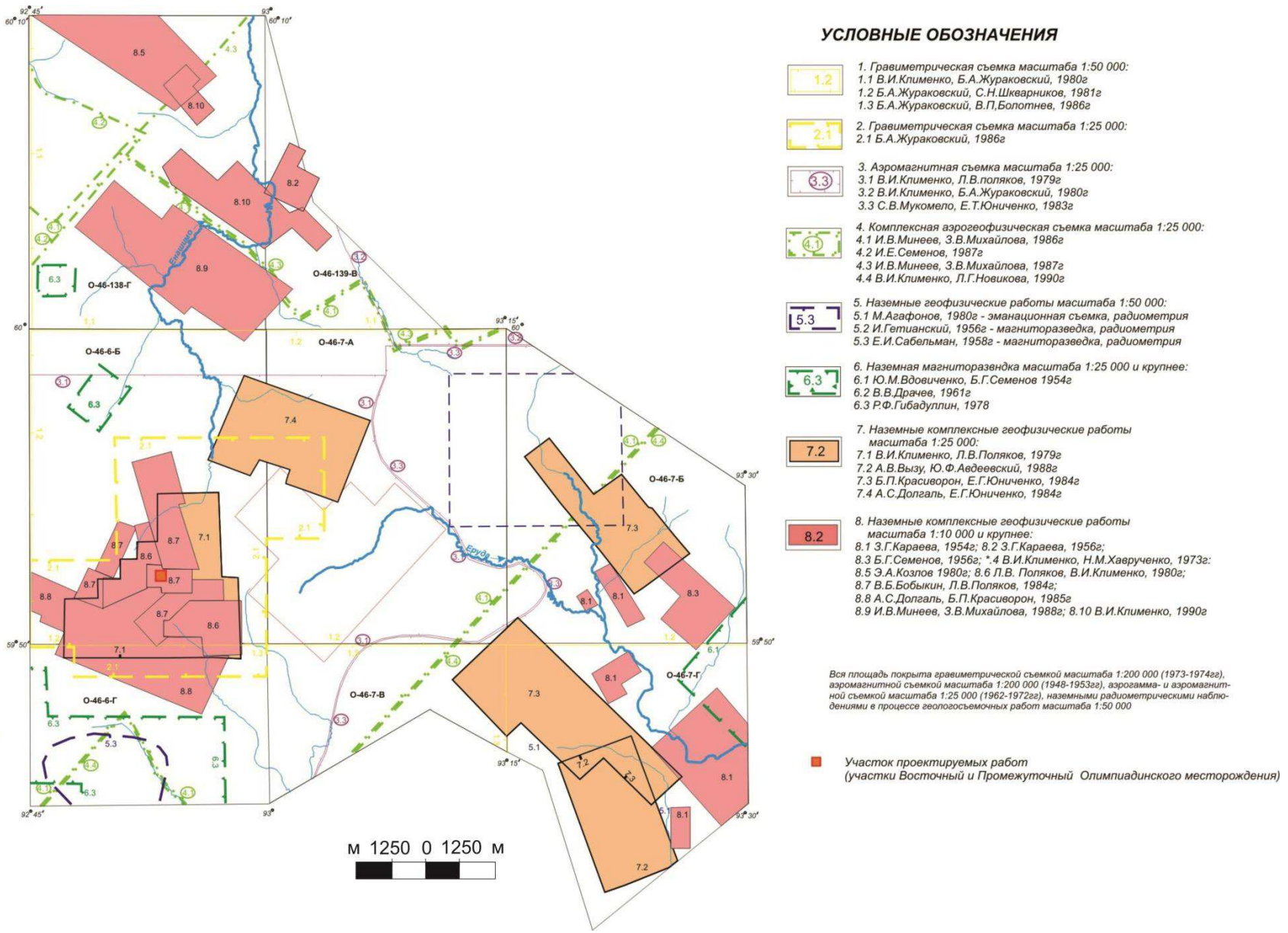


Рисунок 2.2 – Картограмма геофизической изученности района Олимпиадинского месторождения

В результате выполнения работ были получены данные о блоковом строении района с уточнением положения основных тектонических структур и сети региональных разломов, ареалов развития магматических образований, выявлены участки локализации магнетитового оруденения.

Средне- и крупномасштабные (1:25 000 – 1:2 000) комплексные геофизические работы с поисковой направленностью на золото интенсивно проводились в пределах Верхне-Енашиминского рудного узла в 1980 – 1990 гг. Данные работы в районе позволили уточнить границы контрастного рудоконтролирующего горизонта карбонатно-углеродистых пород, достоверно откартировать основные складчато-пликативные и тектонические структуры и поля развития рыхлых кор выветривания Олимпиадинского рудного поля [6].

Также необходимо отметить дополнительную информативность и эффективность геофизических исследований на геологически изученных рудных объектах, подтверждающих геологическую информацию по локализации оруденения.

2.3 Геохимическая изученность

На территории района работ предшественниками выполнялись различные виды геохимических работ. Поиски по вторичным литохимическим ореолам рассеяния сопутствующих элементов в прошлом проводились в комплексе поисково-разведочных (Чаиркин, 1954), геологосъемочных (Комов, 1964), ревизионных (Скороделов, 1972) работ и были сделаны выводы о выявлении в районе Олимпиадинского рудного поля аномальных содержаний вольфрама, сурьмы и мышьяка. В дальнейшем при поисково-разведочных и специализированных геохимических работах изучались литохимические, шлихогеохимические и гидрохимические потоки рассеяния, а так же первичных ореолы в масштабах 1:200 000 – 1:10 000 [6].

Наиболее эффективным способом при изучении Олимпиадинского месторождения и локализации поисковых работ на площади рудного поля оказалась золотометрическая съемка по вторичным ореолам рассеяния по сети 100х20 (Лопатин, 1978). По выявленным ореолам золота (с содержаниями в эпицентрах до 10 г/т) поисковыми выработками были вскрыты почти все известные сейчас рудные тела, как в пределах месторождения, так и на флангах. Так же были обнаружены более мелкие месторождения и проявления золота (Оленье, Тырадинское, Иннокентьевское, Чиримбинское).

По результатам специального изучения первичных ореолов, на месторождении была создана геохимическая модель зональности оруденения (Пузанов, Спирина,1984).

Работы предшественников продемонстрированы на рисунке 2.3.

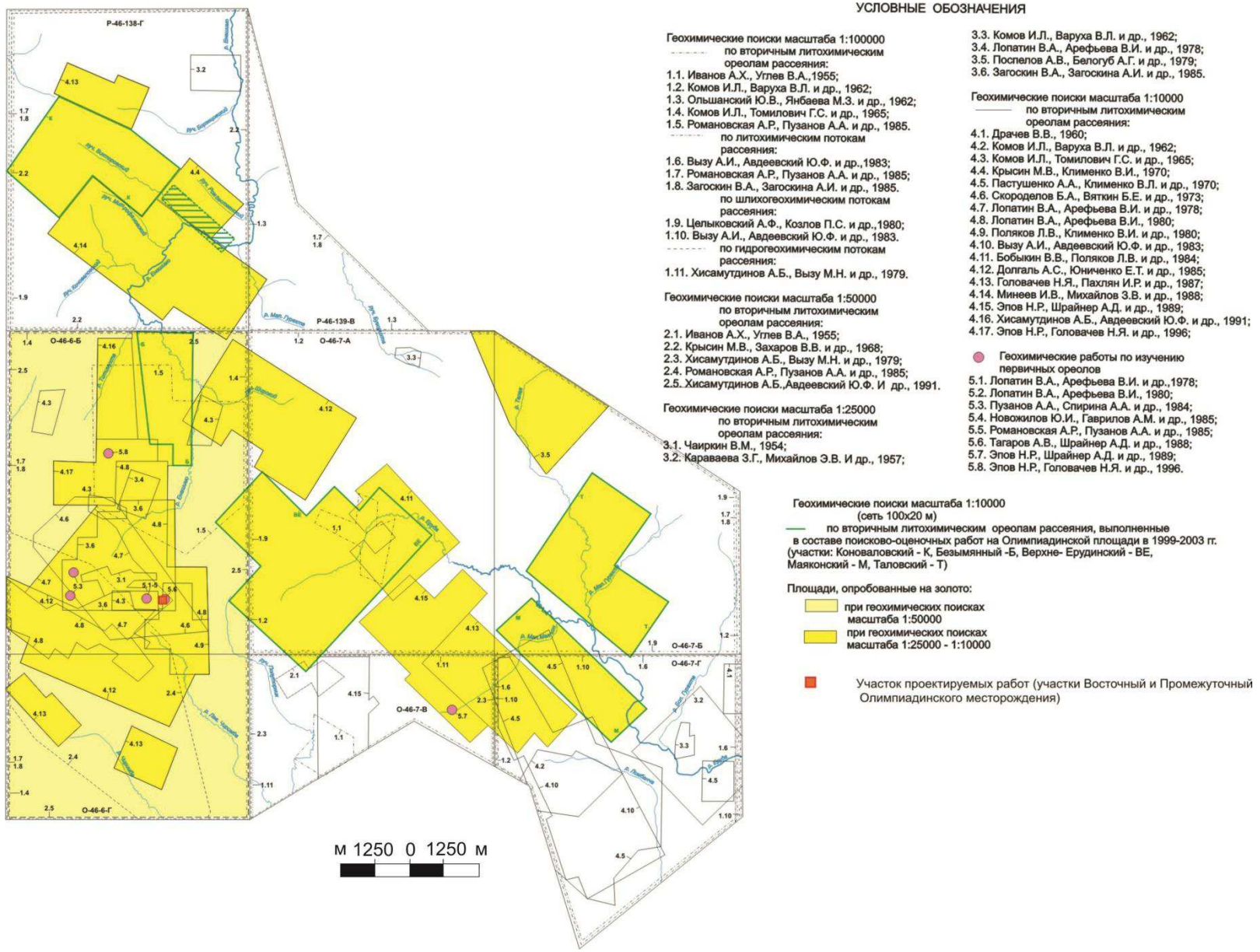


Рисунок 2.3 – Картограмма геохимической изученности района Олимпиадинского месторождения

2.4 Изученность Олимпиадинского месторождения

В процессе поисковых, оценочных и разведочных работ (1975 – 1993 гг.) Олимпиадинское месторождение изучалось А.Я. Курилиным, М.В. Крысиным, В.А. Лопатиным, Л.В. Ли, О.И. Шохиной, В.А. Поперековым, и многими другими.

Поисковые работы. Проводились с 1975 по 1977 год. Включали в себя: литогеохимическую съемку по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10 000; проходку мелких шурфов, канав и скважин. Скважины бурились на глубину 90 – 230 м. Буровые работы были сосредоточены на Западном участке Олимпиадинского месторождения.

Поисково-оценочные работы. Проводились с 1978 по 1980 гг. Рудные зоны прослеживались по простиранию канавами через 50 м (в западной части месторождения) и через 100 – 200 м (в восточной). Оценка оруденения на глубину выполнялась буровыми работами. Скважины располагались по профилям. Регулярная сеть была создана на Западном участке, а в восточной части были пройдены одиночные скважины. Степень изученности месторождения позволила оценить прогнозные ресурсы и запасы золота по категории C_2, общее количество которых подтвердило, что месторождение по масштабу является крупным.

Предварительная и детальная разведки. Производились в период 1981 – 1885 гг. Сеть канав и линий мелких шурфов была сгущена до 50 м, что позволило изучить поверхность с детальностью. Плотность разведочной сети для запасов категории C_1 – 100 х 50 м в Восточной части месторождения и 100 – 50 х 50 м на Западной. На Западном же участке на горизонте 680 м пройдена штольня с разветвленной сетью штреков, квершлагов, восстающих – для изучения морфологии и внутреннего строения рудного тела № 1, проведены заверочные работы и технологическое опробование. Для выяснения перспектив глубоких горизонтов Восточного участка были пройдены две структурные скважины. Также были изучены гидрогеологические и инженерно-геологические условия, было выполнено геолого-технологическое картирование. Важное значение имеет выделение двух технологических типов руд – окисленные и не окисленные. Выбраны оптимальные схемы обогащения и переработки. Подсчитаны и утверждены запасы окисленных руд восточной части месторождения. В 1989 году Госпланом было предложено Министерству геологии СССР продолжить разведку месторождения .

До изучение не окисленных руд производилось в 1990 – 1992 гг. На месторождении в центральной части рудного тела № 4 в РЛ. – 24 – 25 пройдено 10 контрольных скважин. Расстояние между ними от 40 – 50 до 80 – 100 м. В 1993 г. были утверждены запасы первичных руд.

В результате начавшейся в 1995 г. эксплуатации месторождения открытым способом, рудные тела Западного участка были отработаны, а глубина карьера Восточный, в данное время достигла 400 – 500 м. Учитывая эти обстоятельства, было принято решение о проведении разведки глубоких

горизонтов Олимпиадинского месторождения, которая была начата в 2008 г. Изучение оруденения планировалось до глубины в 1000 м от поверхности. По результатам предварительно ожидается значительный прирост запасов. Кроме того, при прослеживании золоторудной минерализации на больших глубинах было установлено ее распространение ниже отметки -300м (за границами действующей лицензии) [6].

3 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В районе стратифицированные образования представлены тремя сериями: Тейская, протерозойского возраста, в которую входят свиты: хребта Карпинского, рязановская; Сухопитская, рифейского возраста, представленная кординской, горбилокской, удерейской свитами; Чингасанская, рифейского возраста представлена лопатинской и карьерной свитами; также в районе встречаются отложения первой надпойменной террасы широко распространенные в бассейнах рек.

Интрузивные образования представлены гаревским ультраметаморфическим мигматит-гранитовым комплексом, татарско-аяхтинским гранитовым комплексом, орловским базальт-андезит-риолитовым комплексом, глушихинским лейкогранитовым комплексом, захребетинским комплексом щелочных трахитов-трахибазальтов, гурахтинским комплексом умереннощелочных гранитов.

В тектоническом строении района выделяется три структурных этажа: раннепротерозойский, рифейский, рифейско-вендский.

В разделе полезные ископаемые содержится информация об известных месторождениях железных руд, свинца и цинка, алюминия, серебра, урана, горнотехнического сырья, строительных материалов, золота.

Данная глава написана с использованием объяснительной записки к геологической карте Олимпиадинской площади [6].

3.1 Стратиграфия

Стратиграфические подразделения Олимпиадинской площади описаны в соответствии с легендой к геологической карте Олимпиадинской площади, составленной В.В. Семеняко и А.Н. Логачевым «АО Полюс», геологоразведочная партия, а также с использованием объяснительной записки к карте Олимпиадинской площади масштаба 1:50 000, составленная А.А. Плехановым [6].

Протерозойская акротема (PR)

Протерозойская акротема включает в себя отложения нижнепротерозойской эонотемы.

Нижнепротерозойская эонотема (PR_1)

Нижнепротерозойская эонотема представлена отложениями тейской серии.

Тейская серия.

Серия включает две свиты: свиту хребта Карпинского и рязановскую.

Свита хребта Карпинского (PR_1hk). В разрезе преобладают высокоглиноземистые кристаллические сланцы при подчиненном количестве кварцитов и амфиболовых сланцев. Метамофизованы в условиях дистен-альмандин-амфиболовой субфации амфиболитовой фации метаморфизма. Общая мощность около 400 – 500 м.

Рязановская свита (PR_1rz). Породы согласно залегают на сланцах свиты хребта Карпинского. Свита разделена на четыре пачки:

- первая пачка представлена амфиболитовыми сланцами, биотит-амфиболитовыми и амфибол-биотитовыми слабо известковистыми, прослоями и линзами амфиболитов, кварцитами и линзами мраморизованных известняков;
- вторая пачка представлена мраморизованными известняками, мраморами, амфибол-биотит-кварцевыми сланцами, прослоями и линзами известковистых кварцитов и реже амфиболитов;
- третья пачка представлена амфибол-биотит-кварцевыми и амфибол-биотитовыми слабо известковистыми сланцами, прослоями и линзами биотит-амфиболовых сланцев, редко линзами амфиболитов и мраморизованных известняков;
- четвертая пачка представлена сланцами и биотитовыми метаалевролитами, мраморизованными известняками с редкими прослоями амфибол-биотитовых сланцев, линзами и прослоями мраморизованных известняков.

Отложения рязановской свиты метаморфизованы в условиях ставролит-альмандин-амфиболовой субфации амфиболитовой фации метаморфизма. Общая мощность около 1800 м.

Возраст обоснован положением в разрезе.

Рифейская эратема (RF)

Рифейская эратема подразделяется на отложениями нижнерифейской (RF_1), среднерифейской (RF_2), верхнерифейской (RF_3) эратемы.

Нижнерифейская эратема (RF_1)

Нижнерифейская эратема включает в себя отложения сухопитской серии.

Сухопитская серия

Серия подразделяется на кординскую, горбилокскую и удерейскую свиты. Отложения сухопитской серии широко распространены на площади и являются рудовмещающими для большинства месторождений и проявлений. Породы серии первично терригенные, регионально метаморфизованы в

зеленосланцевой фации. На подстилающих образованиях нижнего протерозоя породы залегают с угловым несогласием.

Кординская свита (RF_1kd). Сложена обломочными терригенными породами. Характеризуется постепенным убыванием размеров обломков вверх по разрезу от псефитовых и псаммитовых до алевролитовых и пелитовых. В соответствии с этим в разрезе выделены три подсвиты: нижняя – псефито-псаммитовая, средняя – алевритовая и верхняя – алевропелитовая ритмоидная. В карбонатных метаалевролитах средней пачки локализованы золотосульфидные руды значительной части известных рудопроявлений. Отложения кординской свиты на отдельных участках подвергнуты локальному динамотермальному метаморфизму с образованием узловатых кристаллических сланцев. Общая мощность 1770 – 2865 м.

Возраст принят в соответствии с серийной легендой.

Золотое оруденение генетически связано с отложениями кординской свиты.

Среднерифейская эратема (RF_2)

Среднерифейская эратема представлена отложениями сухопитской серии.

Сухопитская серия

Серия подразделяется на горбилокскую, удурейскую свиты.

Горбилокская свита (RF_2gr). Сложена хлорит-серицит-кварцевыми сланцами. Они согласно залегают на метаалевролитах кординской свиты в ядрах линейно-вытянутых синклинальных складок. Исходными отложениями для образования пород явились алевропелитовые осадки, преобразованные в хлоритовой субфации зеленосланцевой фации метаморфизма. Мощность 220 – 500 м.

Удерейская свита (RF_2ud). Образования удерейской свиты согласно залегают на метаалевритах горбилокской. Отложения подразделяются на три подсвиты. В пределах характеризуемой территории разрез представлен частично. Общая мощность 380 – 450 м.

Возраст принят в соответствии с серийной легендой.

Верхнерифейская эратема

Верхнерифейская эратема представлена отложениями чингасанской серии.

Чингасанская серия

Серия включает лопатинскую и карьерную свиты. Отложения серии – это образования красноцветной молассовой формации, распространены незначительно и выполняют узкие грабенообразные блоки, залегают несогласно с подстилающими породами.

Лопатинская свита (RF$_3$*lp*). Грубообломочные красноцветные отложения – конгломераты, гравелиты, полимиктовые песчаники, алевролиты, с угловым несогласием залегают на породах среднего рифея. Смяты в коробчатые складки. Мощность 200 – 350 м.

Карьерная свита (RF$_3$*kr*). Желтовато-белые среднезернистые кварцевые песчаники, алевропесчаники и алевролиты общей мощностью до 250 м, согласно залегают на отложениях лопатинской свиты. Перекрывающие отложения на изучаемой площади отсутствуют.

Возраст принят в соответствии с серийной легендой

Кайнозойская эратема (Kz)

Кайнозойская эратема включает в себя отложения палеогеновой системы, квартера.

Палеогеновая система (Ꝑ)

Мурожнинская свита (Ꝑ$_{1-2}$*mr*). Данная свита представлена пестроцветными глинами, с прослоями и линзами рыхлых и каменистых бокситов, в основании свиты обломки подстилающих пород. Общая мощность более 25 м.

Возраст принят в соответствии с серийной легендой

Квартер

Современные отложения представлены аллювием первой надпойменной террасы и пролювиально-делювиальными образованиями

Отложения первой надпойменной террасы (*a*Q$_{H}$) широко распространены в бассейнах рек. Ширина выположенных террасовых площадок колеблется от 50 до 300 м. Мощность отложений составляет 3 – 30 м. В составе аллювия наблюдаются золотоносные участки, некоторые отработаны и замещены техногенными образованиями [7].

Возраст отложений принят в соответствии с серийной легендой.

Образование россыпей золота происходит за счёт разрушения золотоносных пород кординской свиты.

3.2 Магматизм

В районе магматические комплексы пользуются значительным распространением и разнообразием. Среди них выделяются исключительно позднерифейские интрузивные образования:

- гаревский ультраметаморфический мигматит-гранитовый комплекс ($\gamma RF_3 g$);
- татарско-аяхтинский гранитовый комплекс (γ-$\gamma\delta RF_3 ta$);
- орловский базальт-андезит-риолитовый комплекс ($\lambda RF_3 o$);
- глушихинский лейкогранитовый комплекс ($\lambda\gamma RF_3 gl$);
- захребетинский комплекс щелочных трахитов-трахибазальтов ($\check{E}\xi RF_3 z$);
- гурахтинский комплекс умереннощелочных гранитов ($\gamma RF_3 gr$).

Позднерифейские интрузивные образования (RF_3)

Гаревский ультраметаморфический мигматит-гранитовый комплекс ($\gamma RF_3 g$). Представлен телами биотитовых, двуслюдяных и амфибол-биотитовых порфиробластических микроклиновых гнейсогранитов и биотитовых, турмалиновых и керамических пегматитов, залегающими среди дорифейских образований. В составе комплекса выделяют две фазы. Гнейсограниты гаревского комплекса относятся к образованиям мигматит-гранитовой формации и являются продуктом нижнепротерозойского амфиболитового метаморфизма, ультраметаморфизма и гранитизации.

Возраст комплекса принят в соответствии с легендой

Татарско-аяхтинский гранитовый комплекс (γ-$\gamma\delta RF_3 ta$). В составе комплекса выделено три фазы. К первой относятся мелкие тела среднезернистых кварцевых диоритов, гранодиоритов, диоритов. Породы второй фазы слагают крупные плутоны средне-крупнозернистых биотитовых, биотит-амфиболовых гранитов и гранодиоритов. В третью фазу сформировались штоки и дайки мелкозернистых гранитов, лейкогранитов, аплитов и пегматитов. Породами комплекса в районе работ сложены Верхне-Чиримбинский, Нижне-Чиримбинский, Тырадинский массивы, которые по гравиметрическим данным являются выходами одного крупного батолита.

Возраст комплекса 760 – 750 млн. лет (Верниковский, Верниковская, 2006).

Орловский базальт-андезит-риолитовый комплекс ($\lambda RF_3 o$). Представлен субвулканическими образованиями, также развиты дайки риолитов, трахириолитов, диорит-порфиритов, амфиболизированных габбродолеритов. Данный комплекс в большей мере развит в северо-восточной части района.

Возраст комплекса принят в соответствии с легендой.

Глушихинский лейкогранитовый комплекс ($\lambda\gamma RF_3 gl$). Представлен Коноваловской группой массивов, серией небольших штоков и даек субщелочных лейкогранитов и гранит-порфиров в Бассейне р. Енашимо. Интрузии субмеридионального простирания площадью до 0,8 км^2. Центральные

части сложены крупно-равномернозернистыми лейкогранитами, в эндоконтактовых зонах наблюдаются мелкозернистые порфировидные лейкограниты.

Возраст комплекса, определенный U-Pb методом по цирконам – 752 – 718 млн. лет (Верниковский, Верниковская, 2006).

Захребетинский комплекс щелочных трахитов-трахибазальтов (*ĖξRF*$_3$*z*). К нему отнесены многочисленные маломощные дайки трахидолеритов, щелочных, в том числе нефелиновых сиенит-порфиров, прорывающие докембрийские отложения. Комплекс развит на всей территории района.

Возраст 710 – 690 млн. лет (Сердюк и др., 2010, Ножкин и др., 2011)

Гурахтинский комплекс умереннощелочных гранитов (*γ*RF$_3$*gr*). Представлен биотитовыми, умереннощелочными гранитами, кварцевыми сиенитами, также на территории распространены жилы аплитов, пегматитов, гранит-порфиров, присутствуют скарны и скарнированные породы. Данный комплекс широко развит в северо-восточной части района.

Изотопный возраст комплекса 716-670 млн. лет (Зуев и др., 2009)

3.3 Тектоника

Район работ расположен в пределах Енисейского кряжа, сформировавшегося как складчатая система, байкальского цикла. В общих чертах представляет собой серию блоков, ограниченных разрывами. Преобладающее направление тектонических нарушений – северо-западное, что соответствует простиранию пород. Данная тектоническая схема представлена на рисунке 3.1.

Выделяется три структурных этажа: раннепротерозойский (PR$_1$), рифейский (RF$_{1-3}$), рифейско-вендский (RF$_3$-V).

Раннепротерозойский структурный этаж (PR$_1$)

Структурный этаж представлен отложениями свиты хребта Карпинского, рязановской свиты, идыглинского метагаббродолеритового комплекса, гаревского ультраметаморфического мигматит-гранитового комплекса.

Сложен образованиями высокоглиноземистых сланцев, состоит из крупных тектонических блоков. Фрагменты раннепротерозойских структур установлены и в пределах архейских аллохтонов, слагающих ядра синклинальных складок и отдельные мелкие блоки: Енашиминский, Борзецовский, Киркиловский, Коноваловский.

Рифейский структурный этаж (RF$_{1-3}$)

В пределах рифейского структурного этажа выделяется три яруса: нижний структурный ярус (сухопитский), средний структурный ярус (тунгусикский), верхний структурный ярус (киргитейский).

Нижний структурный ярус (RF_{1-2})

Нижний структурный ярус представлен отложениями сухопитской серии, в которую входят кординская, горбилокская, удурейская свиты.

Сложен структурный этаж обломочными породами аспидной формации. Отложения смяты в линейные, реже брахиформные складки, крылья которых осложнены. Главное направление простирания пород – северо-западное. Впоследствии структурный план этажа был нарушен процессами надвигообразования со сложной конфигурацией покровов, чешуйчатым строением аллохтонов, развитием зон динамосланцев, образованием лежачих и опрокинутых складок. В породах данного этажа локализовано большинство золоторудных объектов района.

Средний структурный ярус (RF_3)

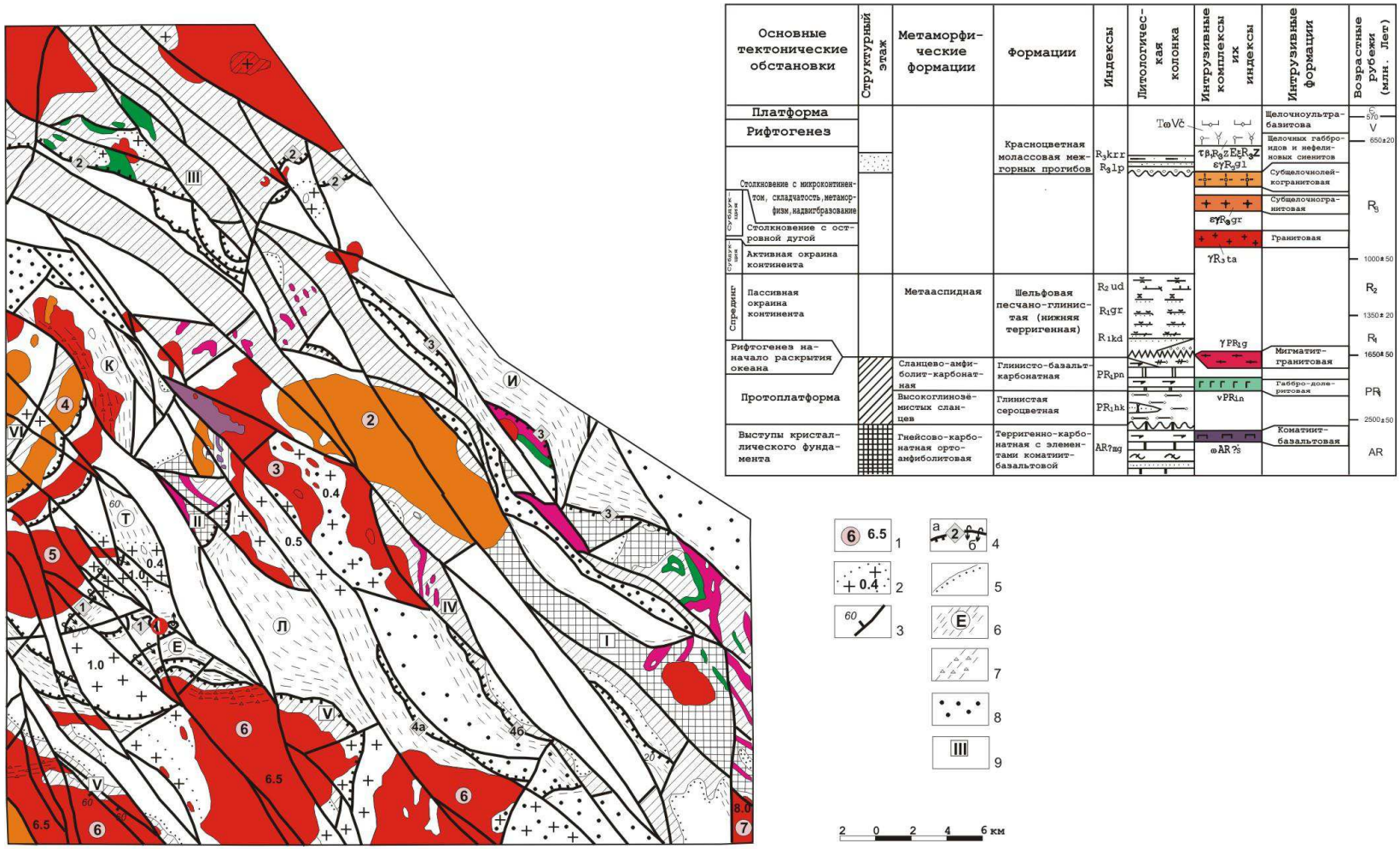
Структурный ярус сложен отложениями тунгусикской серии, породами татарско-аяхтинского гранитового комплекса, состав пород описан в главе магматизм. Форма интрузий дайки, жилы.

Верхний структурный ярус (RF_3)

Структурный ярус сложен отложениями киргитейской серии, породами орловского базальт-андезит-риолитового комплекса и глушихинского лейкогранитового комплекса. Состав комплексов описан в главе магматизм. Форма интрузий дайки и жилы.

Позднерифейско-вендский структурный этаж (RF_3-V)

Структурный этаж сложен породами чингасанской серии – породами лопатинской и карьерной свит, формирование которых происходило в орогенный этап, в межгорных прогибах. Породы данных свит слагают грабенообразные блоки: на востоке – Тальский, на западе – Коноваловский. Породы смяты в коробчатые складки с углами падения на крыльях $30^{o} – 45^{o}$, реже $15^{o} – 25^{o}$. Также в структурном этаже проявлены щелочные граниты гурахтинского комплекса и щелочные трахиты-трахибазальты гурахтинского комплекса.



1 - номер интузивного массива, глубина залегания подошвы интрузива,рассчитанная по геофизическим данным, км (1-Каламинский, 2-Гурахтинский, 3-Верхне-Ерудинский, 4-Коноваловский, 5-Тырадинский, 6-Верхне-Чиримбинский, 7-Нижнечиримбинский; 2 - участки распространения гранитоидов не выходящие на поверхность, глубина залегания верхней кромки,км; 3 - разрывные нарушения, направление и угол падения плоскости сместителя; 4а- надвиги, 4б- надвиги с деформированной, опрокинутой плоскостью сместителя, номера основных нарушений (-Верхне-Енашиминский, 2- Каламинский; 3- Тальский, 4-Киркиловский); 5- границы несогласий между породными комплексами структурных этажей; 6- установленные участки распространения динамосланцев во фронтальных частях надвиговых зон (И- г.Источной,- Е- Енашиминский, Т- Титимухтинский, Л- г.Лысой, К- Коноваловский); 7 - широкие зоны катаклаза, брекчирования милонитизации; 8 - участки наложенного динамотермального преобразования пород; 9 - крупные тектонические блоки (I-Ерудинский, II-Досеровский, III-Борзецовский, IV-Киркиловский, V-Енашиминский, VI-Коноваловский)

◑ - Олимпиадинское месторождение

Рисунок 3.1 – Тектоническая схема района Олимпиадинского месторождения

Разрывные нарушения

Во многом определяют рудоносность и структуру территории. Разрывные нарушения широко проявлены на всей территории района, выделяются нарушения взбросо-сбросового типа и зоны надвигов. Главным направлением взбросо-сбросов, является северо-западное. Реже развиты сопряженные разломы северо-восточного, а так же субмеридионального направления. Строение данных нарушений однотипно. Зона сместителя представлена породами перетертыми до тектонических глин. Разрывные нарушения обладают повышенной проницаемостью, что послужило проводниками гидротермальных золотоносных растворов.

Татарскую зону разломов считают основной рудоподводящей зоной глубинных разломов. Зону можно проследить через весь Енисейский кряж. Ширина данной зоны около 8 км. Направления разломов северо-западное. Разломы проявлены полосами дизъюнктивных нарушений, зонами трещиноватости и смятия пород, усложнением пликативных дислокаций.

Также в районе широко распространены надвиги. Наиболее крупными надвиговыми зонами являются: Тальская, Верхне-Енашиминская. Надвиги трассируются крупными зонами динамосланцев и графитизированных пород. Преобладающая часть надвигов имеет северо-восточное направление движения, так же наблюдаются северо-западные направления. Плоскости сместителей и породы аллохтона выступали в роли экрана, вдоль которого проявлялись процессы рудоносного метосамотоза [6].

3.4 Полезные ископаемые

На данной площади известен ряд месторождений, проявлений, точек минерализации рудного и россыпного золота, а также железа, цветных и редких металлов, строительных материалов. До настоящего времени единственным промышленно значимым видом полезных ископаемых остается золото.

Железные руды. В районе расположено три железорудных месторождения: Удоронгское, Ишимбинское, Нижне-Ангарское. Все представленные месторождения относятся к Ангаро-Питскому железорудному бассейну.

Свинец и цинк. Главные запасы сосредоточены в Мотыгинском районе. Выделяют два рудных узла – Горевский и Рассохинский.

Алюминий. Выделяются две группы месторождений бокситов: Приангарская и Татарская. Бокситы низкого качества, запасы месторождений отнесены к забалансовым.

Серебро. Является попутным компонентом в первичных, а так же окисленных рудах Олимпиадинского месторождения.

Уран. Известно одно месторождение, находящееся в Уволжско-Немчанской урановой зоне.

Горно-техническое сырье. В районе известны два месторождения – Тальское и Верхнетуровское. Сырье данных месторождений используется как огнеупор.

Строительные материалы. Это песчано-гравийные материалы, строительные камни, глины и суглинки, карбонатные породы.

Золото. Золоторудные объекты представлены двумя формационными типами: золото – сульфидным и золото кварцевым.

К золото–сульфидному формационному типу относится одно из уникальных по запасам Олимпиадинское месторождение (характеристика данного месторождения приведена в главе 4), месторождение Тырадинское и Оленье, рудопроявления Чиримбинское, Инокентьевское, расположенные в непосредственной близости от Олимпиадинского месторождения. Отличие данных месторождений в том, что они характеризуются более простым геологическим строением и меньшими масштабами оруденения.

К золото-кварцевому формационному типу относятся месторождения: Титимухта, Благодатное, а также ряд мелких рудопроявлений.

4 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Данная глава содержит описание состава вмещающих пород, рыхлых образований коры выветривания, структуры рудного поля, гидротермально-метасоматических образований и краткую характеристику рудных тел.

Глава составлена с использованием проекта на поиски и оценку рудного золота [6], так же использовались материалы:[2, 4].

4.1Состав вмещающих пород

В результате многолетних геологических исследований было установлено развитие в пределах Олимпиадинского рудного поля метаморфических парасланцевых пород, которые относятся к среднекординской подсвите (RF_1kd_2) раннерифейского возраста, с подразделением их на четыре литолого-стратиграфических пачки (снизу вверх):

- пачка полевошпатовых, гранат-двуслюдяных сланцев, нижняя ($RF_1kd_2^1$);
- пачка карбонат и карбонатно-силикатных сланцев ($RF_1kd_2^2$);
- пачка высокоуглеродистых сланцев с андалузитом, гранатом, хлоритом, кальцитом и хлоритоидом ($RF_1kd_2^3$);
- пачка двуслюдяных и кварц-биотитовых сланцев, иногда с андалузитом, верхняя ($RF_1kd_3^1$).

До настоящего времени остается спорным вопрос о разделении близких по виду и составу сланцев нижней и верхней пачки. Надвиговая трактовка образования складчатых структур предполагает деформацию и смятие углеродисто-карбонатного горизонта в едином поле слюдисто-сланцевых пород, объединяющем нижнюю и верхнюю пачки. При этом на слюдисто-сланцевом основании две средние пачки создают маркирующий рудовмещающий горизонт контрастного состава, подверженный в пределах рудного поля интенсивным деформациям [6].

Нижняя пачка полевошпатовых, гранат-двуслюдяных сланцев ($RF_1kd_2^1$); формирует основание рудовмещающей толщи метаморфитов, выступая жестким, однородным и однонаправлено раскливажированным блоком в ядре основной рудовмещающей структуры рудного поля – Медвежьей антиклинали. Основание разреза не вскрыто, ориентировочная мощность пачки оценивается в 580 м (Лопатин, 1993) [6].

Серицитовые сланцы – серые, светло-серые с зеленоватым оттенком, тонкорасслоенные и отчетливо рассланцованные породы, с шелковистым блеском на плоскостях.

Породообразующими минералами являются кварц, биотит и мусковит. Преобладание одного из них ведет к появлению и визуальному различию кварцевой или слюдистой разновидности, а по соотношению слюд к биотитовым, мусковитовым и двуслюдяным сланцам. Во всех разновидностях пород присутствует слабо окрашенный в розоватые оттенки альмандиновый

гранат. В качестве второстепенных минералов в составе отмечаются ставролит, кордиерит, андалузит и силлиманит.

Сланцы в основном микро- и мелкозернистые с размером зерен 0,05 – 0,3 мм. Характерна тонкая расслоенность, с обособлением кварцевого и слюдистого материалов. Текстура линейно-сланцеватая, плойчатая, линзовидно-свилеватая, микроскладчатая и мелкоузловатая (в гранатсодержащих разновидностях). Сланцеватость нередко ориентирована под углом к полосчатости и микроплойчатости.

Структура породы гранобластовая, лепидогранобластовая (в кварцевых полосах), а в слюдистых – лепидобластовая, гранолепидобластовая; для сланцев с гранатом – порфиробластовая.

Пачка слюдисто–кварц-карбонатных пород ($PR_2kd_2^2$) объединяет в составе кварц-карбонатно-слюдистые и слюдисто-кварц-карбонатные сланцы, прослои высококарбонатных мелкозернистых мраморизованных пород и скрыторассланцованные метасоматические измененные их участки переменного состава, с постепенными переходами к исходным разновидностям. Породы этой группы образуют среднюю, наиболее рудоносную часть вмещающей толщи метаморфитов. Мощность пачки достигает 120 – 140 м, снижаясь в местах пережимов до 15 м на Западном участке, и увеличиваясь в месте периклинального замыкания на Восточном [6].

Зрительно в составе пород выделяются белые, беловато-серые, повышено карбонатные; зеленовато-серые кварц-карбонатно-мусковитовые; серые, буро-полосчатые, кварц-карбонатно-двуслюдяные и серо-темно-коричневатые, кварц-карбонатно-биотитовые гранатсодержащие разности. Характерны зернисто-массивные и сланцеватые текстуры, в сочетании с полосчатыми и микрополосчатыми. Соотношения ориентировки полосчатости и сланцеватости изменчивые. Структура пород микро- и мелкозернистая, лепидогранобластовая, нередко порфиробластовая. Микрополосчатость отражает первичную слоистую текстуру. Обусловлена чередованием слюдистых, кварц-карбонатных, карбонатно-кварцевых и узловатых гранат-содержащих полос. Грубая макрополосчатость определяется соотношением светлых и темных слюд, реже обособлением биотит-клиноцоизитовых мелкопятнистых (рябчиковых) полос, связанных с наложенным раскливажированием и метасоматическим изменением [6].

Количественные соотношения основных породообразующих минералов в сланцах колеблются в широких пределах (в %): кварц – 20 – 70, карбонат – 30 – 60, биотит – 10-20, мусковит – 10 – 15, гранат – 0 – 15, хлорит – 2 – 5. Гранат в породе от бесцветного до слегка буроватого цвета; относится к гроссуляр-андрадитовому ряду. Имеет неправильно округлую форму и более крупный размер зерен, чем в слюдистых сланцах [4].

Карбонатно-слюдистые сланцы и линзы мраморизованных пород мощностью до 30 – 40 м распространены в основном на восточном фланге – в юго-западном секторе, в нижних частях разреза. Своеобразные карбонат-содержащие биотит-гранатовые сланцы среди углеродистых разновидностей

отмечены в верхних частях разрезов РЛ-24 – 27. Цвет темно-бурый, с пятнистым «размытым» гранатом. Сланцеватые, с возможной насыщенностью углеродистым материалом. В рудных зонах породы подвержены метасоматической перекристаллизации, окварцеванию и сульфидизации.

Пачка углеродсодержащих пород ($PR_2kd_2^3$); слагает верхнюю часть толщи. Породы представлены высокоуглеродистыми сланцами с андалузитом, гранатом, хлоритом, кальцитом темно-серого и черного цветов, тонко рассланцованными, филлитовидыми. Мощность пачки от 220 – 230 м (в замках складок), до 120 – 140 м (на крыльях), контакты с подстилающими породами обычно тектонические с гидротермальной и метасоматической проработкой [7].

В составе сланцев преобладает тонкочешуйчатый агрегатный серицит (мусковит) с примесью кварца, бесцветного хлорита и тонкодисперсного углеродистого материала с содержанием в среднем 1,5 – 2%. Минеральный состав соответствует низкотемпературной ступени метаморфизма зеленосланцевой фации и диафторитам [6].

На тектонических напряженных участках и в рудно-метасоматических зонах сланцы чередуются с массивными углеродистыми породами разной зернистости и более сложного минерального состава. В пределах углеродистой пачки прослеживаются узловатые сланцевые линзы и прослои с гранатом, хлоритоидом, маргаритом. Присутствуют также и реликтово-сланцевые рыхловатые, карбонатизированные разновидности, переходные к массивным карбонатным апоуглеродистым метасоматитам.

С запада на восток в пределах Олимпиадинского месторождения «фациальная» изменчивость углеродистой пачки и доля в ней карбонатизированных пород закономерно возрастают. Это согласуется с увеличением интенсивности тектонических деформаций, метасоматических изменений и масштаба оруденения с его постепенным смещением в приконтактовые метасоматически измененные зоны углеродистой пачки .

Верхняя пачка слюдисто-кварцевых сланцев ($PR_2kd_2^4$);) по материалам разведочных работ (Лопатин,1985 – 1993) согласно перекрывает нижележащий углеродисто-карбонатный горизонт и выходит на поверхность к северу и западу от Олимпиадинского месторождения, слагая ядро Иннокентьевской синклинали. Среди пород преобладают двуслюдяные кварцевые сланцы с гранатом, близкие по составу к породам нижней слюдистой пачки. На данный момент вопрос о стратифицированности верхней слюдистой пачки остался нерешенным.

4.2 Рыхлые образования коры выветривания

Рыхлые пестроцветные образования обильно развиты в пределах рудного поля, тяготеют к рудным объектам и контролирующим их тектоническим зонам. Морфологически выделены площадной и линейный тип, иногда с переходами одного в другой, отличающиеся при разной мощности характером

зон залегания дезинтеграции, развитым по тектоническим разломам и осложненным контактом карбонатосодержащих пород [6].

Площадные коры выветривания в основном сложены грубообломочными продуктами разрушения материнских пород мощностью от 10 – 20 м до 40 м. Линейные коры выветривания представлены более тонкозернистым, алевро-глинистым выполняющим материалом с большей глубиной распространения, достигающей иногда нескольких сотен метров.

На Восточном участке Олимпиадинского месторождения отложения коры выветривания приурочены к замковой части складки, рассеченной серией разнонаправленных крутопадающих разломов. Площадь распространения в плане 160 тыс. $м^2$, глубина – 380–400 м, и 360 м. К востоку и западу от этих разведочных линий мощность коры резко уменьшается и она переходит в площадное образование. Подошва рыхлых отложений неровная, с западинами и уступами. Специфической особенностью является отсутствие зонального распределения продуктов выветривания: смена менее выветрелых пород более выветрелыми предопределяется степенью тектонической проработки, интенсивностью метасоматоза и сульфидизации исходного субстрата. Гранулометрический состав отложений характеризуется значительным однообразием: преобладает класс – 0,1 – +0,01 мм, доля песчанистого материала (+0,1 мм) не превышает 5 – 10. Содержание глинистой фракции от 1,5 до 17%, в среднем 6,5%.

Среди однородной толщи песчано-глинистого состава нередко выделяются прослои и участки скопления обломков кварцевых метасоматитов и реликтов окварцованных углеродистых пород с выщелаченными карбонатами и окисленными сульфидами, отличающиеся повышенными содержаниями золота.

4.3 Структура рудного поля Олимпиадинского месторождения

Олимпиадинское рудное поле сосредоточено в блоке пород СЗ простирания, ограниченном фрагментами Татарского глубинного разлома и приурочено к наиболее опущенной его центральной части. Расположено в провесе кровли крупного Чиримбинского гранитоидного массива, вскрытого на ЮВ. Площадь рудного поля сложена метатерригенной толщей кварцево-слюдистых сланцев кординской свиты верхнего протерозоя. В ней выделяется рудовмещающий горизонт углеродисто-карбонатных пород, к которому приурочены все известные золото-вольфрамовые, золото-сурьмяные и сурьмяно-вольфрам-золотые проявления и месторождения рудного поля, представляющие собой различные минеральные типы оруденения золотосульфидной формации (Попереков, 1988).

К особенностям строения рудного поля Олимпиадинского месторождения стоит отнести:

- характер складчато-тектонических деформация, имеющих юго-западное и северо-восточное направление. Расслоенные метаморфиты смяты на фронте

внедрения гранитоидов в разнопорядковые сопряженные и W-образно открытые складки северо-восточного простирания с однонаправленным падением осевых плоскостей, крыльев и осложняющих их тектонических зон в юго-восточном и южном направлениях. Среди этих складок выделяются Медвежинская антиформная и сопряженные с ней синформные Иннокентьевская и Чиримбинская;

- все основные проявления и месторождения приурочены к маркирующему горизонту углеродисто-карбонатных пород. Главные рудные запасы сосредоточены в карбонатно-слюдистом горизонте. В перекрывающих углеродистых и подстилающих слюдистых породах оруденение наблюдается только по контактам карбонат-содержащих пород. Интенсивность минерализации в пределах горизонта возрастает в шарнирно-флексурных перегибах, тектонически нарушенных крыльях и осевых частях складчатых структур;

- важной особенностью рудного поля является широкое развитие площадных и линейных кор выветривания мелового возраста, пространственно связанных с рудовмещающим горизонтом в зонах его повышенной проницаемости.

Месторождение приурочено к северному крылу и пришарнирной части Медвежинской блоково-антиклинальной структуры с подразделением и обособлением на два основных участка: Западный и Восточный, а также расположенный между ними Промежуточный.

Вся структура протяженностью 4,5 – 5 км открыта на запад и имеет отчетливо выраженное склонение шарнирно-осевой части на восток, пологое на западе и более крутое на восточном замыкании. Оба крыла складки в разведанной глубинной части имеют однонаправленное падение в юго-восточном направлении под углами от 35 до 70°.

На Западном участке северное крыло складчатой структуры имеет субширотное простирание и осложнено S-образным, сжато складчатым изгибом по пологой широтной системе продольных тектонических нарушений юго-юго восточного падения. Осевые плоскости сопряженных лежаче-запрокинутых складок S-изгиба имеют юго-восточное пологое падение (15 – 30°). Размах крыльев лежачих складок десятки метров с увеличением их амплитуды по склонению на восток. Вся S-образная осложняющая структура крыла имеет устойчивое склонение на восток под углом около 20°. Структура прослежена непрерывно скважинами детальной разведки до линии РЛ-14 и далее на разведанные глубокие горизонты Восточного участка, с незначительным увеличением угла склонения. По изученным разрезам Промежуточного участка отмечается раскрытие нижнего фрагмента складчатого смятия до сотен метров. В плане, ближе к флексурному периклинальному замыканию Медвежинской антиклинали, северное крыло складки в промежутке между Западным и Восточным участками во вскрытой части разреза имеет крутое северо-восточное падение, осложненное

согласными межпластовыми и диагональными нарушениями северо-западного и северо-восточного направлений.

На Восточном участке рудовмещающей структуры, в области залегания рудного тела № 4, тенденция раскрытия западных структур сохраняется с глубиной, и устанавливается конечный поворот северного крыла в юго-восточном направлении, наследующий падение западных структур в южных румбах. Ядерная часть складки прослежена на глубине во всех основных разрезах Восточного участка. Установлено ее склонение на восток с постепенным выклиниванием по простиранию и падению, тем самым подтверждая непрерывное продолжение рудовмещающих западных структур в восточном направлении.

Южное крыло Медвежинской структуры имеет северо-западное простирание, более крутые (60 – 70°) юго-восточные углы падения. Залегание пород осложнено согласной Медвежинской зоной межпластовых сближенных нарушений, которые, пересекаясь с таковыми северо-западными и субширотными северного крыла, образуют тектонически осложненное и складчато-деформированное гребневидное замыкание рудоносной структуры, которое имеет подогнутый в плане и разрезе вид в сторону ограничивающих северо-западных нарушений системы Татарского разлома.

Наиболее значимая роль в локализации золота отводится разрывным нарушениям. Большую часть из них занимают продольное (по отношению к складкам) положение с крутыми 60 – 85° углами падения плоскостей, как к северу, так и к югу. Часто приурочены к контактам различающихся по литологическим и физико-механическим свойствам пород. Являясь преимущественно дорудными, заложенными в своей основе еще в процессе образования складок, данные нарушения в дальнейшем, большей частью были залечены рудоносными метасоматитами. Не редко они сопровождаются брекчированием и повышенной трещиноватостью, фиксируя внутрирудные и пострудные подвижки. Вертикальная и горизонтальная амплитуды смещения по осепродольным разломам достигают, по-видимому, сотен метров (Новожилов, 1999). Примером таких структур на Олимпиадинском месторождении являются Северная (Субширотная), Главная (Медвежинская) и внутренние Граничные тектонические зоны.

Полученная в процессе разведочных работ информация по строению глубинных частей Восточного участка месторождения подтверждает вышеизложенную информацию. Разнонаправленность основных нарушений наблюдается на глубинах 400 – 450м от поверхности. Далее происходит подворот северных зон и их однонаправленное падение с южными в ЮЮВ направлении, с постепенным клиновидным сближением. В результате на глубоких горизонтах сохраняется тяготеющая к тектоническим нарушениям рудно-метасоматическая проработка пород и фиксируется устойчивое продолжение продуктивного горизонта с наличием промышленного оруденения.

4.4. Гидротермально-метасоматические образования

Рудовмещающие метаморфические породы, входящие в строении Олимпиадинского месторождения, подверглись разным по времени и по масштабам полиметасоматическим преобразованиям. Многочисленное разнообразие минеральных парагенезисов метасоматитов указывает на зависимость от состава исходных пород. Как правило выделяются три основных парагенетических группы, как по составу пород субстрата, так и относительной разновременности и РТ - условиям образования.

Ранние и высокотемпературные метасоматиты:

- амфибол (хлорит) слюдисто-полевошпатовые в слюдистых сланцах;
- кварц–полевошпат-турмалиновые (до кварцевых и мономинеральных турмалинитов), кварц–мусковит-турмалиновые (грейзены) в жильно-окварцованных зонах во всех типах пород;
- скарноидные сложного состава (гранат–амфибол–пироксен-эпидот-калишпатовые) – в контактах слюдистых пород (в.т.ч. углеродсодержащих) с карбонатно-слюдистыми, и тремолит-диопсидовые по линзам существенно карбонатных пород;
- кварц-полевошпат-клиноцоизит-биотитовые, кварц-слюдисто-цоизитовые, кварц-цоизитовые пропилитоидные.

Эта группа метасоматитов развита в основном на западном фланге месторождения и имеет признаки зональной связи с расположенной к северо-западу Тырадинской гранитоидной интрузией. Метасоматиты данной группы безрудные или слабо оруденелые (в зонах совмещения с более поздними образованиями). На Восточном участке данные разновидности встречаются на контактовых переходах карбонатных и углеродистых пород.

Средне-низко-температурные метасоматиты – это трещинно-площадные образования березитоидного типа сопровождают основные этапы. Метасоматиты характеризуются высокой миграцией и переотложением кварцевой и карбонатной составляющей пород субстрата – вплоть до образования полнопроявленных мусковит-кварцевых, мусковит–карбонатных и кварцитовых разностей. По кварц-карбонатно-слюдистым породам образуется широкая гамма осветленно-полосчатых и светло-слюдистых метасоматитов промежуточного состава с постепенными переходами к неизмененным сланцам.

Процессы березитизации пород сопровождались образованием основных продуктивных рудных ассоциаций, в том числе с призматическим игольчатым (типоморфным, золотосодержащим) арсенопиритом, преимущественно в апокарбонатно-сланцевых разновидностях.

с гидротермально-прожилковые, кварцевые, с антимонитом; карбонатно-прожилковые и хлорит-серицитовые в тектонических зонах, с брекчированием, катаклазом и милонитизацией. Сюда же включены осветленные окварцованные участки в апоуглеродистых карбонатных метасоматитах - пятнисто–полосчатые, с поздним пиритом и генерациями сурьмяной минерализации. Их

развитие имеет локальный характер, но на южном фланге Восточного участка они встречаются довольно часто.

4.5. Краткая характеристика рудных тел

На месторождении по данным разведки выделяется четыре рудных тела, относящихся к типу минерализованных зон с вкрапленным оруденением.

На западном участке находятся три рудных тела (первое, второе и третье), которые в складчатой структуре прослежены вдоль северного крыла на ~1000 м до РЛ-14. Седловидные по форме р.т.-1 и р.т.-3 приурочены к разобщенным замково-флексурным перегибам смежных складок, к РЛ-13 сливающиеся в единую залежь. Рудное тело 2, пластовое по форме, выделено в тектонически осложненном лежачем крыле S-структуры и постепенно выклинивается на восток. Средние содержания золота по пересечениям составляют 2,5 – 8,4 г/т. Мощность от 2 до 50 м, в среднем 15 – 20 м. Протяженность по падению и простиранию – сотни метров. В целом форма рудной зоны – плащеобразная в плане и S-образная в разрезе [6].

На Восточном участке месторождения известно одно крупное рудное тело сложной формы № 4, в котором сосредоточено 90% запасов месторождения. Тело мощностью 50 – 250 м (в среднем около 150 м) по наземной дуге длиной около 600 м протягивается по падению на более чем 1000 м. В изученных вертикальных сечениях форма рудного тела меняется от трубообразной (РЛ-23, 24), колоколообразной (РЛ-25, 26) до неправильной (РЛ-27). Площадные параметры рудного столба закономерно возрастают с глубиной от 20 000 $м^2$ на поверхности до 150 000 $м^2$ на горизонте +200 м. Ниже увеличение площади наблюдается за счет расширения рудного объема в границах расходящихся по падению основных рудоконтролирующих зон и сохранения рудно-метасоматической проработки внутреннего пространства. Распространению оруденения способствует усложнение структуры внутреннего строения тектонического замыкания участка.

При доразведке центральной части Рудного тела № 4 серией наклонных скважин в разведочных линиях РЛ-24 – РЛ-26 установлено усложнение центриклинального замыкания антиклинали несколькими сопряженными складками высокого порядка и еще одной приосевой тектонической зоной с затянутыми фрагментами углеродистых пород. Такая осложняющая складчатость приводит к многократному сложению и увеличению мощностей благоприятных для рудоотложения слюдисто-карбонатных пород в разрезе, рудоносность которых закономерно возрастает к восточному ограничению рудного тела [6].

Максимальная установленная глубина развития центральной части р.т. 4 составляет 800 м. Прогнозируемая же глубина может достигнуть 1200м. Разведочными скважинами по северному ограничению р.т. 4 намечается изменение с глубиной северного падения контактово-тектонической зоны и перекрывающих углеродистых пород до вертикального, а ниже, на глубоких

уровнях, до южного, с дугообразным подворотом и выполаживанием. На восточном замыкании на глубоких горизонтах (+50 – 400 м) наблюдается сближение и смыкание рудоконтролирующих зон при разных углах падения с усилением оруденения и формированием рудного столба ВЮВ склонения. Этот прогноз объясняет сохранение масштабности оруденения на глубоких горизонтах.

Внешний контур Рудного тела № 4 не имеет естественных геологических границ и определяется только по данным опробования. При бортовых содержаниях 1.0 г/т выявляются относительно простые его ограничения с внутренней неоднородностью распределения содержаний и отсутствием существенных перерывов в сплошности оруденения.

Распределение концентраций золота в рудах относительно равномерное, с коэффициентом вариации от 29% до 96%. Содержания изменяются от 0.2 г/т до 84.2 г/т, в подсчетных интервалах – от 2.2 г/т до 21.1 г/т. В вертикальных разрезах средние содержания золота закономерно взрастают с севера на юг.

Внутреннее строение рудного тела характеризуется чередованием рудных и безрудных прослоев различной мощности.

5 ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Олимпиадинское месторождение находится в пределах сложно-построенной Медвежинской антиклинали, осложненной межпластовыми тектоническими зонами. Ядро складки сложено кварц-двуслюдистыми сланцами, а на крыльях развиты кварц-слюдисто-карбонатные сланцы с пластами и линзовидными прослоями мраморизованных известняков и кварц-слюдисто-углеродистые сланцы, данное строение показано на рисунке 5.1. Промышленные концентрации золота (рудные тела) Олимпиадинского месторождения приурочены к крыльям и пришарнирной части этой блоково-антиклинальной структуры. Следствием различного положения в ней Западного, Промежуточного и Восточного участков месторождения является их резкое различие в масштабах оруденения.

Данная глава составлялась и использованием источников [7, 8, 10, 14].

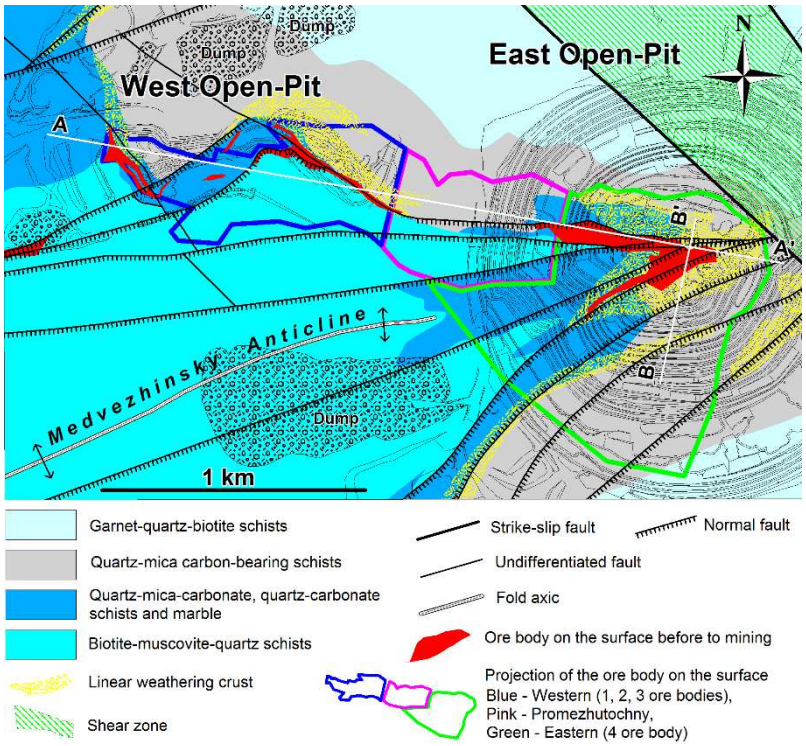
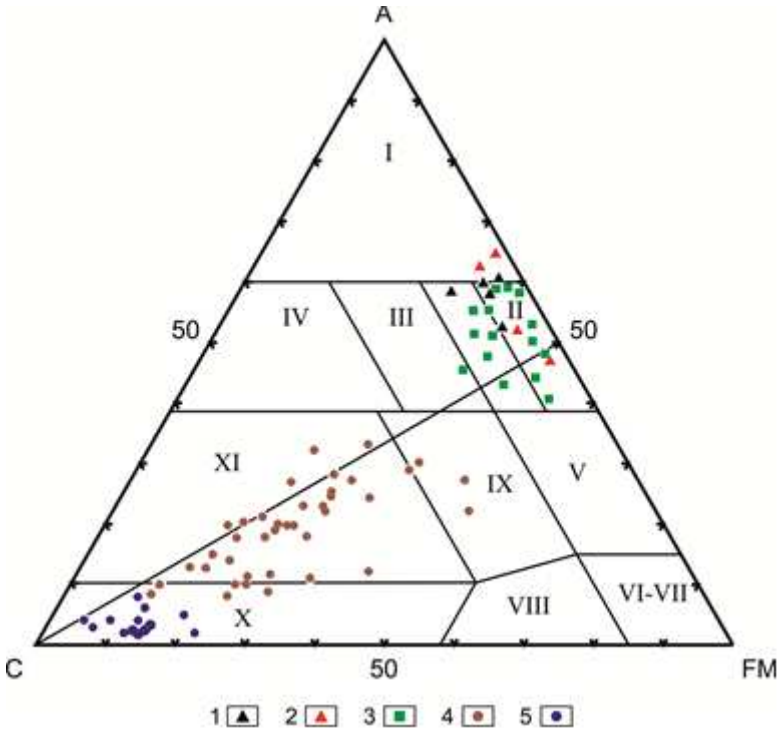


Рисунок 5.1 – Схематическая геологическая карта Олимпиадинского месторождения

5.1. Петрография стратифицированных пород и руд

Вмещающие породы на месторождения представлены метаморфизованными стратифицированными отложениями кординской свиты (сверху вниз): углеродистые кварц-слюдистые сланцы, сланцеватые мраморы, двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы и кварц-гранат-двуслюдяные сланцы. Химический состав пород изменяется практически непрерывно от собственно глиноземистых (А) до карбонатных (С), в узком интервале ферро-

магнезиальности (FM), данный химический состав пород представлен на рисунке 5.2.



A-коэффициент глиноземистости = (Al_2O_3•100)/ (Al2O3+MgO+CaO+2Fe2O3+2FeO); M – коэффициент магнезиальности, C – коэффициент известковистости, F – коэффициент железистости.

Поля пород: I – собственно алюмосиликатных; II – железисто-магнезиально-алюмосиликатных; III – щелочноземельно-алюмосиликатных; IV – известково-алюмосиликатных; V – глиноземисто-магнезиально-железистых; VI – железисто-кремнистых; VII – магнезиальных; VIII – щелочноземельно-малоглиноземистых; IX – щелочноземельно-глиноземистых; X – известково-карбонатных; XI – глиноземисто-известковых.

1 – углеродистые кварц-серицитовые сланцы;
2 – углеродистые биотит-хлоритоидные сланцы;
3 – кварц-гранат-двуслюдяные сланцы;
4 – двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы;
5 – сланцеватые мраморы

Рисунок 5.2. – Состав метаморфических пород Олимпиадинского месторождения (по Е.А. Звягиной, 1985)

Все породы в разной степени гидротермально изменены и содержат сульфидную минерализацию. Среди них основными рудовмещающими являются кварц-слюдисто-карбонатные (двуслюдяные кварц-кальцитовые) сланцы и существенно карбонатные породы (мраморы). В подстилающих кварц-двуслюдистых (кварц-гранат-двуслюдянных) и перекрывающих кварц-слюдисто-углеродистых (углеродистых силикатных) сланцах оруденение отмечается только вблизи их контакта с карбонат-содержащими и карбонатными породами.

Углеродистые силикатные (углеродистые кварц-серицитовые и углеродистые биотит-хлоритоидные) сланцы имеют черный цвет, линзовидную сланцеватость и представляют собой бластомилониты, данная порода изображена на рисунке 5.3.

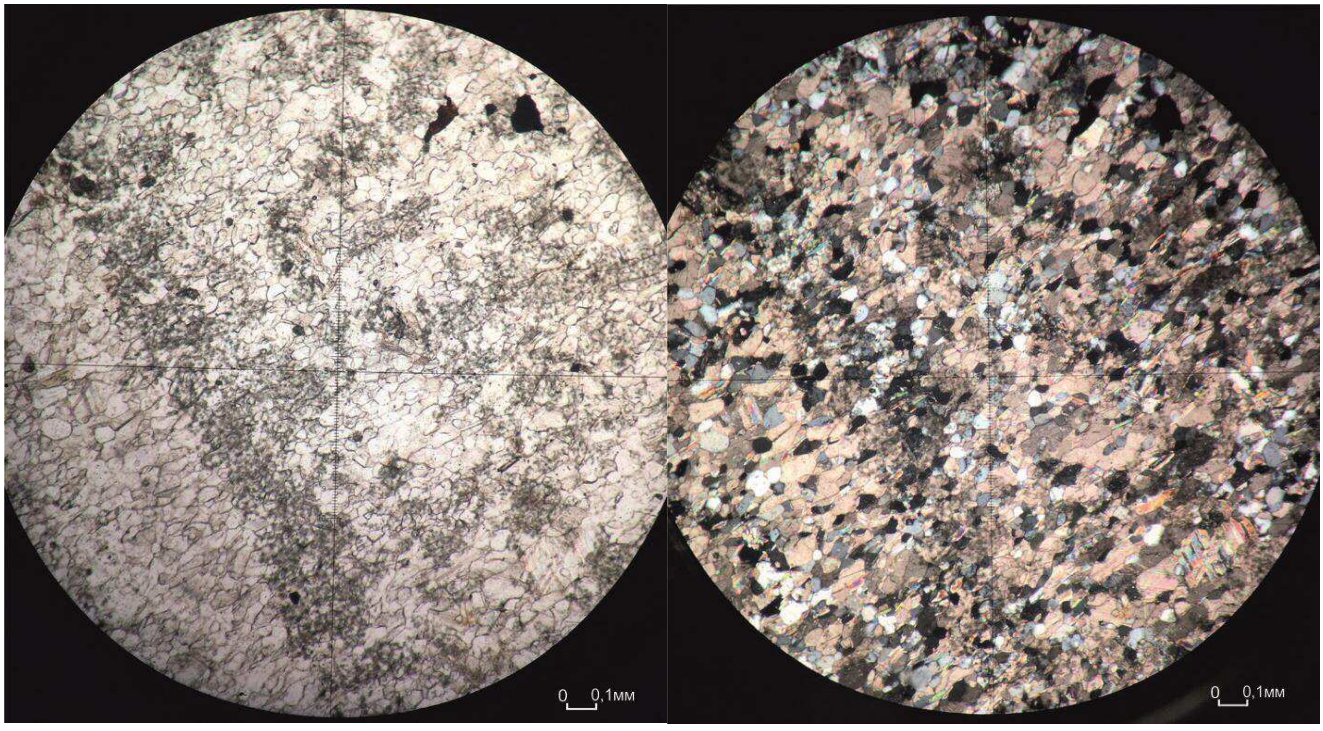
а б

Рисунок 5.3 – Углеродистый кварц-серицитовый сланец а-фрагмент керна; б-аншлиф

Углеродистые двуслюдяные хлоритоидные бластомилониты вблизи разломов часто интенсивно окварцованы, импрегнированы золотосодержащей арсенопиритовой и сурьмяной минерализацией. Золото-сульфидная минерализация сопровождается рекристаллизацией кварца и очень незначительной хлоритизацией биотита.

Слюдистые мраморы – серые, синевато-серые породы с широкой и средней полосчатостью, проявляющейся по интенсивности окраски. Структура пород равномерно-мелкозернистая (0,2 х 0,07 мм). В их составе существенно преобладает кальцит. Кварц, мусковит, хлорит. Постоянно присутствуют пирротин и в меньшем количестве пирит.

а



б в

Рисунок 5.4 – Сланцеватый мрамор. а – Фрагмент керна; шлиф c-dh-02/3 б – без анализатора; в – николи скрещены

В рудных интервалах содержание кварца увеличивается до 15-30 %, который образует линзы с примесью слюд. Рудная минерализация развита в виде весьма тонкозернистой вкрапленности, в данном образце ее не наблюдается.

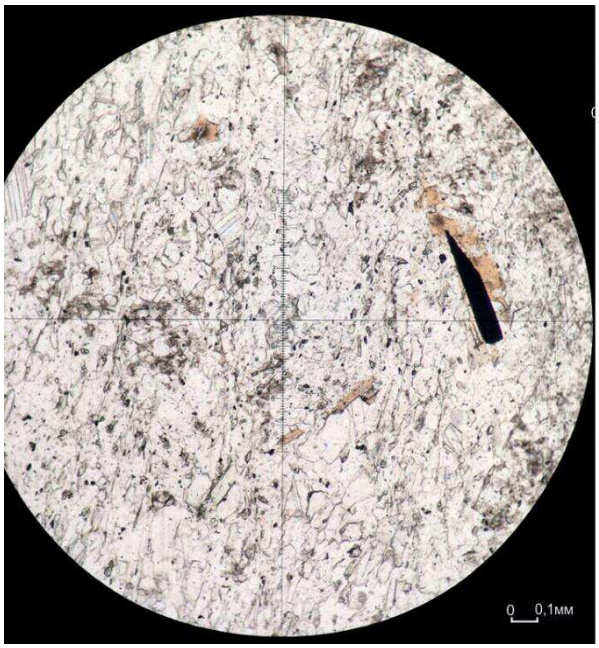
Двуслюдяные кварц-кальцитовые сланцы имеют светло-серо-зеленую окраску, иногда с коричневатым оттенком. Породы обладают тонкой (0,5-2 см), средней (5-10 см) и широкой (50-80 см) полосчатостью. Сланцеватость средняя и слабо выраженная, образец изображен на рисунке 5.5.

Сланцеватость средняя и слабо выраженная. Минеральный состав: кальцит (15-40%), кварц (10-40%), плагиоклаз (5-20%), мусковит (5-25%), биотит (5-35%), (3-5%), сульфиды (3-10%). Особенностью строения пород является линзовидно-пятнистое распределение минералов и псевдоморфные структуры. Участки с повышенным содержанием мусковита (до 25 %) характеризуются развитием крупночешуйчатых псевдоморфоз этого минерала по биотиту. Породы содержат вкрапленную и прожилково-гнездовую сульфидную минерализацию, представленную практически всем набором сульфидов, характерных для руд месторождения.

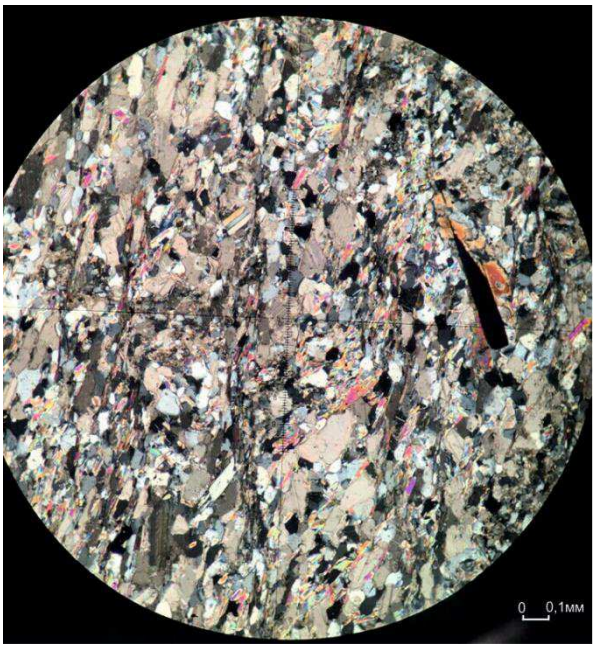
Кварц-гранат-двуслюдяные сланцы слагают нижнюю часть разреза стратифицированной толщи месторождения и распространены в ядрах лежачих складок. Они характеризуются серо-зеленой окраской обычно с коричневатым оттенком. В разрезе толщи силикатных сланцев проявлена нитевидная (0,1 см), тонкая (0,5-1 см) и широкая (> 10 см) полосчатость, обусловленная изменением цветовых оттенков в полосках. Границы между полосками постепенные. Около 50 % разреза толщи сланцев собрано в мелкую складчатость. Чуть меньше по объему в толще гранат-двуслюдяных сланцев занимают будинированные и милонитизированные породы. Практически всегда в породах толщи проявлен кливаж и в сочетании с ним микроплойчатость или микроразлинзование.

Минеральный состав основной массы кварц-гранат-двуслюдяных сланцев представлен обычно биотитом, мусковитом, кварцем. Распределение граната в породе равномерное, редко превышающее 3-5 %.

а



б



в

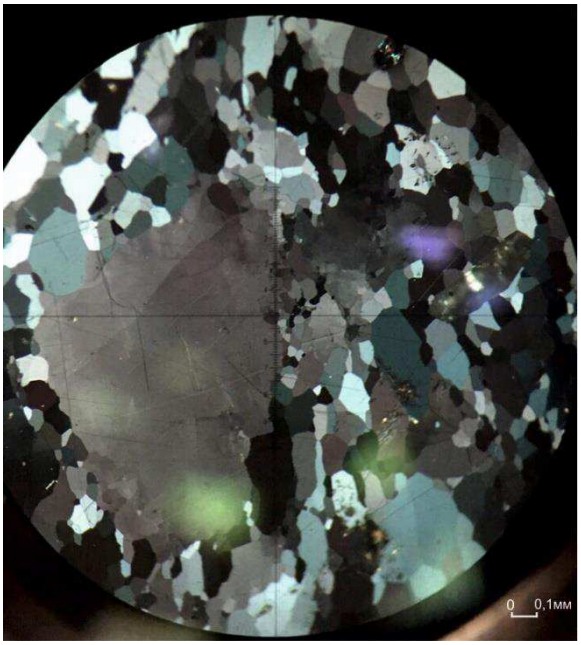
Рисунок 5.5 – Образец № c-dh-04/2 – Двуслюдяной кварц-кальцитовый сланец (а); б – без анализатора; в – николи скрещены; 5х увеличение

Рисунок 5.6 –Образец № С-21 Кварц-гранат-двуслюдяной сланец

В замках мелких складок и в линзах скольжения количество кварца возрастает, вплоть до мономинеральности. В незначительных количествах в сланцах присутствует карбонат. Его присутствие в породе обусловлено не составом исходной породы, а метасоматической карбонатизацией. В пределах рудных тел гранат-двуслюдяные сланцы мусковитизированы и окварцованы, однако макроскопически они незначительно отличаются от безрудных пород. В этих интервалах отмечаются более крупная зернистость с обильным мусковитом и сульфидной минерализацией. Для измененных пород характерна примесь карбоната в основной массе и в прожилках. Гранат редко сохраняется в неизмененном виде и замещается хлоритом. Как правило, кварц-гранат-двуслюдяные сланцы редко содержат промышленное оруденение.

Также нередко в породах отмечаются жилы антимонита различной толщины, данная жила продемонстрирована на рисунке 5.7

а.



б в

Рисунок 5.7 – Образец № c-dh-02/4 Стибнитовая жила. а – фрагмент антимонитовой жилы; б,в – аншлиф c-dh-02/4

Порода массивная, нередко в стибнитовых жилах наблюдаются зерна кварца.

5.2 Минералогия руд

Рудные минералы по данным АО «Полюс-Красноярск» представлены сульфоарсенидами, стибнидами, сульфосолями, сульфостибнидами, теллуридами и самородными металлами, среди которых преобладают пирротин, арсенопирит, антимонит, пирит. Остальные минералы, за

исключением золота, присутствуют в крайне малых количествах. Данные представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Минеральный состав первичных сульфидных руд Олимпиадинского месторождения по данным (АО «Полюс-Красноярск»)

Группа	Минерал	Формула	Сод., мас.%	Среднее сод., мас.%	Распространенность
Нерудные	Карбонаты (кальцит, сидерит, доломит)	$CaCO_3$ $FeCO_3$ $MgCO_3$	41-55	48	Главный Второстепенные
	Кварц	SiO_2	36-56	45	Главный
	Слюды: серицит, мусковит, биотит, маргарит, хлоритоид	$KAl_2[AlSiO_3O_{10}](OH)_2$; $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$	1,0-6,7	3,9	Распространенный Второстепенные
	Флюорит	CaF_2			
	Графит	C	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Рутил	TiO_2	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Ильменит	$FeTiO_3$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Магнетит	$(Fe^{3+},Fe^{2+})Fe^{3+}{}_2O_4$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Гематит	Fe_2O_3	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
Сульфиды	Арсенопирит	FeAsS	0,6-2,1	1,4	Главный
	Пирротин	FeS	0,06-1,0	0,8	Второстепенный
	Халькопирит	$CuFeS_2$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Галенит	PbS	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Сфалерит	ZnS	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Кобальтин	CoAsS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Герсдорфит	NiAsS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Киноварь	HgS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Пирит	FeS_2	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Марказит	FeS_2	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Мельниковит	FeS_2	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Висмутин	Bi_2S_3	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Алабандин	MnS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Пентландит	$(Fe,Ni)_9S_8$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Виоларит	$Fe^{2+}Ni^{3+}{}_2S_4$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Молибденит	MoS_2	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Кубанит	$CuFe_2S_3$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Валлериит	$4(Fe,Cu)S*3(Mg,Al)(OH)_2$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Борнит	Cu_5FeS_4	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Кобальтин	CoAsS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Макинавит	$(Fe,Ni)_9S_8$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий

Окончание таблицы 5.1

Группа	Минерал	Формула	Сод., мас.%	Среднее сод., мас.%	Распространенность
Минералы сурьмы	Стибнит	Sb_2S_3	0,03	0,03	Второстепенный
	Гудмундит	FeSbS	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Бертьерит	$FeSb_2S_4$	Ед.з.	Ед.з.	Второстепенный
	Плагионит	$Pb_5Sb_5S_{17}$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Ульманит	NiSbS	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Виллиамит	(Co,Ni)SbS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Костибит	CoSbS	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Брейтгауптит	NiSb	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Халькостибит	$CuSbS_2$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Бурнонит	$CuPbSbS_3$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Джемсонит	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Нисбит	$NiSb_2$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Тетраэдрит	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
Самородные	Золото	Au	До 4 г/т	До 4 г/т	Главный
	Аурostибит	$AuSb_2$	Знаки	Знаки	Второстепенный
	Сурьма	Sb	Знаки	Знаки	Второстепенный
	Свинец	Pb	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Ртуть	Hg	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
Теллуриды	Теллуриды висмута	BiTe	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Алтаит	PbTe	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
	Колорадоит	HgTe	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий
Минералы W	Шеелит	$CaWO_4$	Ед.з.	Ед.з.	Редкий
	Вольфрамит	$(Mn,Fe)WO_4$	Ед.з.	Ед.з.	Весьма редкий

Рудные минералы, встречающиеся в макроскопических агрегатах, представлены пиритом, пирротином, арсенопиритом, стибнитом, бертьеритом и редко самородным золотом в ассоциации с сульфидами сурьмы. Большая часть рудных минералов, в том числе и самородное золото, образуют микроскопические выделения. Содержание золота по результатам опробования в рудах колеблется от 0.2 до nx10 г/т, в участках с гнездами содержание видимого золота достигает кг/т.

6 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ РУДНОГО ТЕЛА № 4

Данный раздел посвящен изучению геохимической зональности рудного тела № 4 путем обработки базы данных, включающей в себя спектральный и пробирный анализы результатов кернового опробования.

Глава написана с использованием базы данных опробования и 3D модели предоставленных компанией «АО Полюс-Красноярск», а также с использованием материалов кафедры ГМ и П и справочных материалов [13, 15].

6.1 Теоретическая часть

Геохимическая модель рудного тела представляет собой генерализованное многокомпонентное, пространственно упорядоченное трехмерное изображение надфоновых содержаний рудных элементов типоморфного комплекса в условиях метрики 0,0 – 1,0, свободное от природных и технических помех [13].

В основе построения моделей лежат бесспорные геологические факты, физико-химические закономерности эндогенного или метаморфогенного рудообразования и обширный опыт геохимического изучения хорошо разведанных месторождений главнейших рудных формаций.

Геохимические модели служат основой исследования первичной зональности месторождений, интерпретации аномалий, оценке прогнозных ресурсов при геохимических поисках, прогноза оруденения на глубину и реконструкции рудных интервалов, уничтоженных эрозией. Формирование рудных тел – процесс концентрации вещества из подвижной фазы на геохимических барьерах.

Основная масса рудных элементов выпадает в твердую фазу на рудном этапе, а на пострудном происходит «затягивание» минерализации на более глубокие горизонты, что приводит к симметризации содержаний рудных элементов относительно горизонта с максимальными содержаниями. В первом приближении изображенном на рисунке 6.1, содержания рудных элементов в рудной зоне можно аппроксимировать нормальным законом, по формуле 1 [13].

$$C_z = C_{0e}^{\frac{-(z-z_0)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

где z_0 – положительная точка максимума содержания C_0 элемента, σ – полуширина кривой содержаний на уровне 0,6 C_0. Различные химические элементы характеризуются различными свойствами и содержаниями в гидротермальных растворах, для каждого из них значения C_0, z_0 и σ будут различными, т.е. неизбежно зональное строение рудных тел и их первичных ореолов. В частности на рисунке 6.1 рудное тело основного рудного элемента

сопровождается над- и подрудным первичным ореолом различного элементного состава [13].

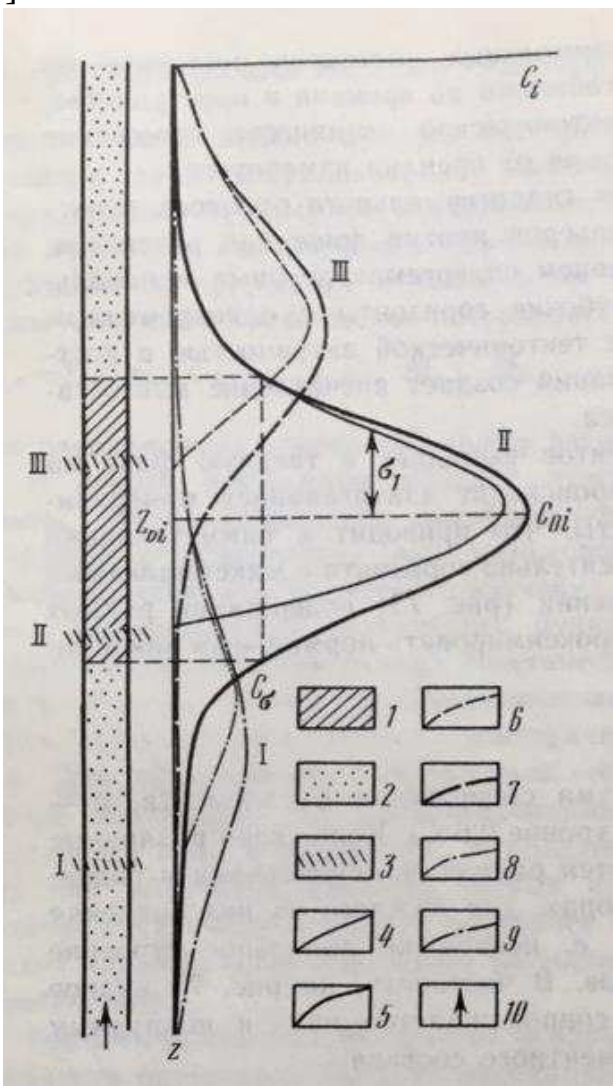
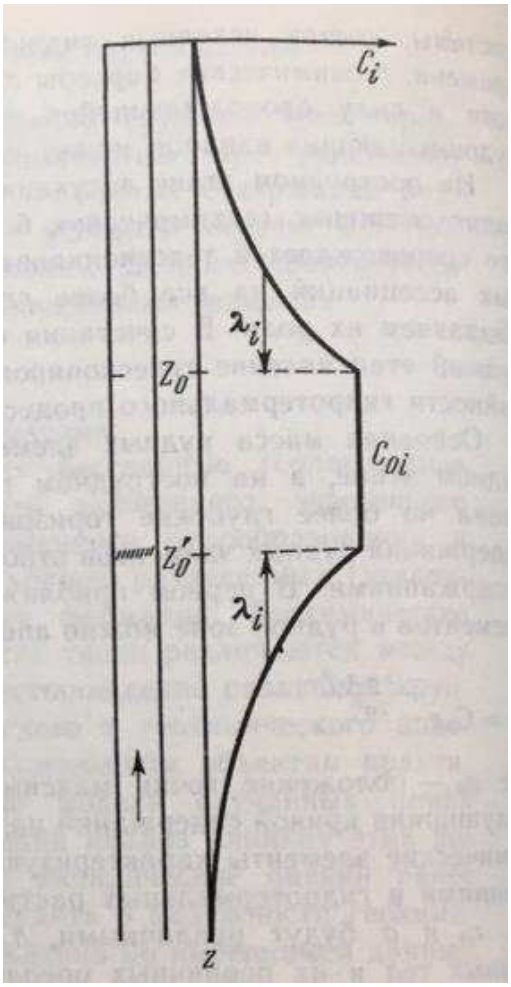


Рисунок 6.1 – Идеализированный график содержаний рудных элементов в гидротермальной рудной зоне (по А.П. Соловову, 1990)

При определении обстановки в минерализованной зоне на некотором интервале содержание химического элемента достигает «насыщения» (на этом интервале $C_z=C_0=const$), а выше и ниже этого интервала изменение содержаний элемента может быть в первом приближении аппроксимировано экспоненциальной зависимостью изображенной на рисунке 6.2.

$$C_z=C_0e^{-\lambda(z-z_0)} \qquad (2)$$

По такому же закону изменяется содержание элемента вкрест простирания рудной зоны. Параметр $1/\lambda$ имеет смысл подвижности элемента и зависит как от его свойств, так и от состава и свойств его среды миграции. Различия λ предопределяют строение рудных зон, в том числе вкрест их простирания.



6.2 – Идеализированный график содержаний рудных элементов в гидротермальной рудной зоне при наличии постоянного интервала(по А.П. Соловову, 1990)

Масса рудных элементов в зоне привноса ($C_z > C_ф$) несоизмеримо больше их массы, вынесенной из локальных подрудных ореолов выноса, т.е. источник рудного вещества должен располагаться за пределами рисунка, на значительно большей глубине и быть несоизмеримо больше [13].

В основе учения о первичной зональности эндогенных рудных месторождений лежат исследования выдающихся геологов прошлого – В.Х. Эммонса, С.С. Смирнова, Ю.А. Билибина, Д.С. Коржинского, В.И. Смирнова и многих других авторов. Достаточно полно освещена и первичная зональность экзогенных месторождений твердых полезных ископаемых, в первую очередь в работах Н.М. Страхова. В результате этих исследований получили объяснение многие геологические, физико-химические, в частности, термодинамические или палеоклиматические причины зонального рудоотложения. Дальнейшее развитие исследования зональности рудных месторождений получили в процессе обоснования методики геохимических поисков слепых рудных тел по их первичным ореолам в многочисленных работах С.В. Григоряна, Л.Н. Овчинникова, Е.М. Квятковского, А.П. Соловова и ряда других исследователей.

Природа геохимической зональности рудных месторождений определяется различиями в миграционной способности (подвижности)

химических элементов в процессах рудообразования. Вследствие этого рудные элементы, поступающие в зону рудоотложения, фиксируются на геохимических барьерах при различных физико-химических условиях. Это определяет существование зональных рядов последовательного отложения элементов [13].

Впервые детальное описание закономерностей зонального распределения рудных элементов по глубине в гидротермальных месторождениях дал в 1924 г. В. Эммонс. Предложенный им тогда ряд зонального отложения элементов (снизу-вверх): Sn, W, As, Bi, Au_1, Cu, Zn, Pb, Ag, Au_2, Sb, Hg, к настоящему времени, не ставится под сомнение и все последующие исследования его только дополняли и уточняли. Так, на основе изучения более 300 сульфидных месторождений различных рудных формаций Л.Н. Овчинников и С.В. Григорян предложили обобщенный ряд зональности отложения элементов (снизу-вверх): W_1 – Be – As_1 – Sn_1 – Au_1 – U – Mo – Co – Ni – Bi – W_2 – Au_2 – Cu_1 – Zn – Pb – Sn_2 – Ag – Cd – Au_3 – Cu_2 – Hg, As_2, Sb – Ba. Здесь индексы 1, 2, 3 при символах элементов означают, что в зональном ряду, в зависимости от минеральных форм, элементы могут занимать различное положение. В частности Sn_1отвечает отложению олова в форме касситерита (SnO_2), а Sn_2 в форме более низкотемпературного станнина ($CuFeSnS_4$), положение As_1 соответствует отложению арсенопирита (FeAsS), а As_2 – аурипигмента (As_2S_3) и т.д. Этот ряд имеет статистический характер, поскольку в каждом конкретном месторождении могут наблюдаться отдельные перестановки, без нарушения существа общей последовательности[13].

Для выявления осевой и продольной зональности используют четыре способа ранжирования элементов[13].

1.Способ ранжирования элементов по центрам тяжести графиков продуктивностей (предложен Н.Н. Сочевановым). Расчёты ведутся по формуле 3.

$$Z_м=\sum_{i=1}^{f} M_i Z_i / \sum_{i=1}^{f} M_i, \quad (3)$$

где f – число уровней.

2.Способ ранжирования элементов по средним центрам тяжести графиков парных отношений продуктивностей (предложен А.В. Гараниным). Расчёты ведутся по формуле 4.

$$Z_м=\sum_{i=1}^{f} v_i z_i / \sum_{i=1}^{f} v_i \quad (4)$$

где $v=M_1/M_2$

3.Способ ранжирования элементов по положению максимума их относительной продуктивности (способ С.В. Григоряна). Исходные величины продуктивности зоны переводятся в «метрогеофоны» и пересчитываются для каждого горизонта по формуле 5.

$$M_i^{отн.} = M_i / \sum_{i=1}^{k} M_i \% \quad (5)$$

где k число элементов

4.Способ ранжирования элементов по градиентам продуктивностей рудной зоны (способ по Е.М. Квятковского). На всех интервалах опробования рудной зоны определяются градиенты продуктивности как отношение продуктивностей верхнего горизонта к нижнему для каждого из рудных элементов. Найденным значениям присваиваются ранговые номера. Положение элемента в зональном ряду определяется по сумме мест, присвоенных каждому из элементов.

В практике работ выявленные ряды зонального отложения сравнивают с универсальным рядом зональности. Сходство зональных рядов устанавливается по наличию ранговой корреляции между порядковыми номерами в сравниваемых рядах. Коэффициент ранговой корреляции определяется по формуле 6

$$p=1-\frac{6\sum d^2}{(n^2-1)n} \quad (6)$$

где d – разность между рангом признака X и рангом соответствующего ему признака Y; n–объем совокупности

Показатель корреляции рангов изменяется в пределах $-1 \le p \le 1$. При $p=0$ линейная связь между признаками отсутствует, при $p=\pm 1$ связь функциональная. Значение $p>0$ свидетельствует о прямой зависимости между изучаемыми признаками, $p<0$ – обратной.

При наличии сильной связи между рядами можно говорить об их сходстве.

6.2 Методическая часть

Данный раздел посвящен изучению геохимической зональности рудного тела №4 путем обработки базы данных, включающей в себя спектральный (20 элементов) и пробирный (8 элементов) анализы кернового опробования скважин, объемом более двадцати тысяч проб в программе EXEL.

Обработка начиналась с корректировки исходной базы данных. В некоторых пробах были значения в виде«>0,1 и -», или просто пустые пробы, для них проводилась замена значений на половину чувствительности анализа. Далее для расчета средних содержаний и площадных продуктивностей по горизонтам, исходную базу данных импортируем из программы EXCEL в программу MICROMINE, в которой, геохимическую модель разделяем на 25 блоков мощностью 50 м.

Для более детального изучения характера распределения элементов в различных типах руд разделяем рудное тело на золото-сурьмяную и золото-мышьяковую зоны.

Следующим шагом следуют экспорт базы данных со средневзвешенными содержаниями. Далее строим графики средневзвешенных содержаний. Интерполяция этих параметров на глубину осуществлялась с помощью обработки исходных данных полиномиальной функцией 2-го порядка.

В работе выявление зонального отложения осуществлялось методом ранжирования элементов (предложенным А.В. Гараниным) по средним центрам тяжести графиков парных отношений средневзвешенных содержаний. Исходными данными послужили средние содержания элементов по 6 уровням, охватывающий практически весь изученный интервал оруденения.

Далее следует расчет рядов зонального отложения с помощью программы EXCEL по указанному выше алгоритму. Оценка сходства-различия выявленных рядов проводилась по вычисленным между ними значениям ранговых коэффициентов корреляции

6.3Результаты исследования

6.3.1 Статистическая обработка данных

Для возможности проведения обработки, в исходной базе данных произвели замену содержаний в пробах где были значения в виде«>0,1 и -», или просто пустые пробы на концентрации соответствующие половине чувствительности анализа. Кроме того, содержания золота, сурьмы и мышьяка (химический анализ), имеющие концентрации ниже предела обнаружения заменили на данные спектрального анализа.

Исправленную базу данных импортируем из программы EXCEL в программу MICROMINE. Для изучения характера распределения элементов с глубиной модель рудного тела разделяем на 25 блоков сечениями мощностью 50 м. Так как сечения располагались перпендикулярно падению рудного тела, высотная отметка пластины рассчитывалась как среднее значение верхнего и нижнего его краев.

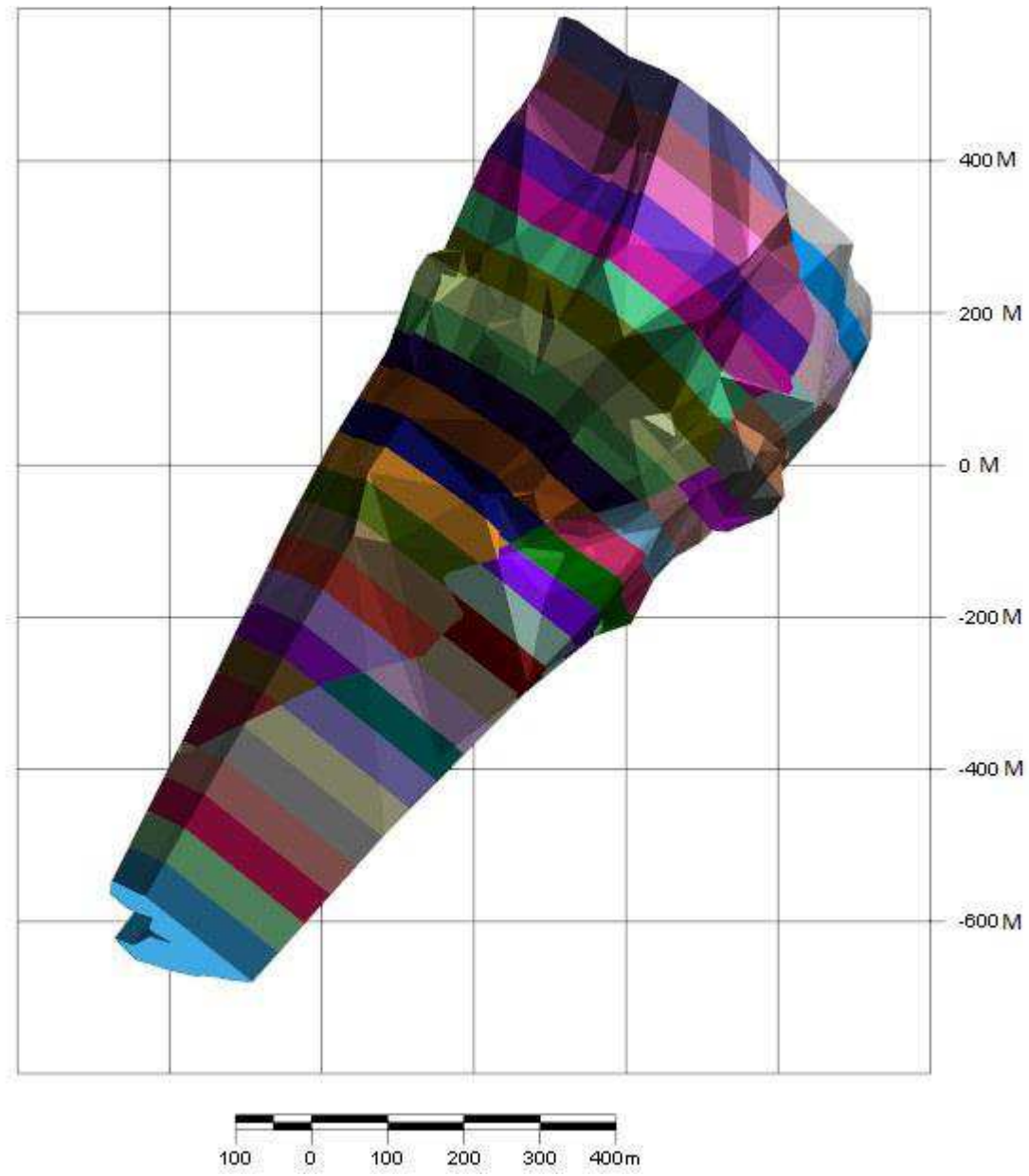


Рисунок 6.3 – 3D модель рудного тела разделенная на 25 горизонтов

В программе MICROMINE для каждого горизонта рассчитываем средневзвешенные содержания, их значения приведены в таблицах 6.1- 6.3.

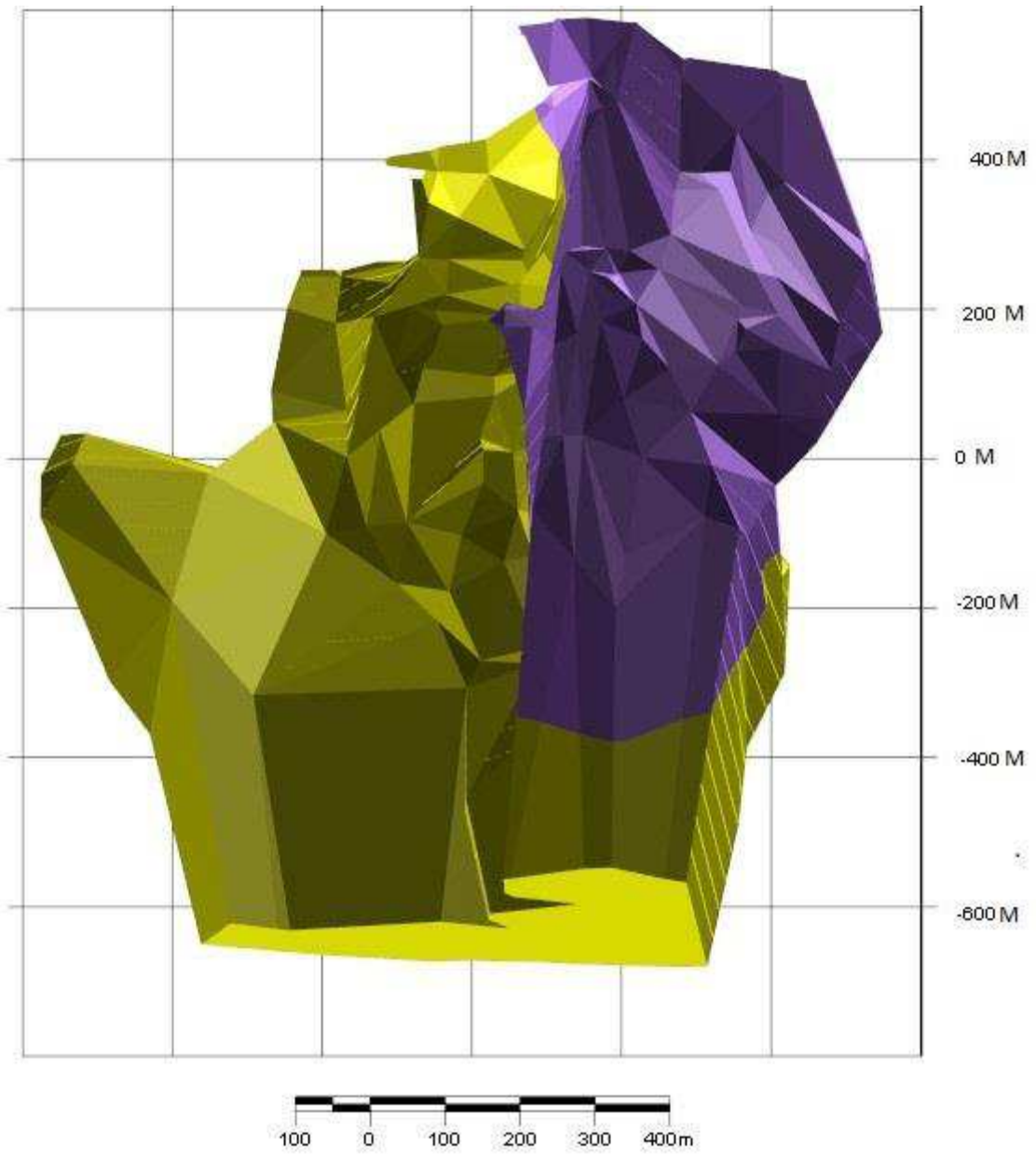


Рисунок 6.4 – 3D модель рудного тела разделенная на зоны: желтая – золото-мышьяковая; фиолетовая – золото-сурьмяная

Для рассмотрения поведения элементов в разных типах руд выделяем в рудном теле золото-сурьмяную и золото-мышьяковую зоны. Модель рудного тела разделенная на зоны Au-Sb и Au-As продемонстрирована на рисунке 6.4.

Таблица 6.1. – Значения средневзвешенных содержаний элементов по горизонтам рудного тела

№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание элемента		
		Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	374	5,3366	0,2479	0,8270
2	326	4,4921	0,2340	1,0124
3	285	3,3641	0,2677	0,2299
4	246	4,0638	0,2799	0,1735
5	206	3,3656	0,1707	0,1969
6	160	3,2696	0,2060	0,1314
7	121	2,9311	0,1883	0,1582
8	93	4,2244	0,1916	0,1987
9	52	2,9617	0,1866	0,1228
10	10	3,4772	0,1899	0,1973
11	-34	2,9096	0,1368	0,1427
12	-69	3,0294	0,1834	0,1320
13	-107	2,9564	0,1694	0,1172
14	-147	2,7739	0,1520	0,1248
15	-185	2,8755	0,2179	0,1298
16	-222	2,8565	0,1930	0,1288
17	-261	3,1558	0,2104	0,1252
18	-302	3,2029	0,1603	0,0778
19	-340	3,3882	0,1856	0,2199
20	-381	4,6080	0,2431	0,1312

Таблица 6.2 – Значения средневзвешенных содержаний элементов по горизонтам в золото-мышьяковой зоне

№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание элемента		
		Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	314	3,8953	0,2568	0,1227
2	262	4,1417	0,2974	0,2116
3	222	3,1523	0,2497	0,0680
4	184	2,9726	0,2096	0,0463
5	146	3,2366	0,2265	0,0214
6	111	2,6899	0,1587	0,0365
7	70	2,5796	0,1522	0,0187
8	31	4,8918	0,1640	0,0477
9	-15	2,5632	0,1520	0,0267
10	-48	3,4713	0,1939	0,0346
11	-89	2,2465	0,1115	0,0319
12	-120	2,7907	0,1855	0,0301
13	-152	2,7505	0,1644	0,0249
14	-185	2,2695	0,1193	0,0338
15	-224	2,8326	0,1516	0,0418
16	-268	3,6797	0,2178	0,0360
17	-307	2,5140	0,1719	0,0452
18	-340	3,2369	0,1643	0,0459
19	-373	3,5509	0,1973	0,1679
20	-403	4,6080	0,2431	0,1312

Таблица 6.3 – Значения средневзвешенных содержаний элементов по горизонтам в золото-сурьмяной зоне

№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание элемента		
		Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	454	6,09817	0,24319	1,19921
2	389	4,68380	0,19933	1,45057
3	328	3,52642	0,28152	0,35402
4	285	4,73633	0,32316	0,25188
5	249	3,46436	0,12803	0,33115
6	207	3,78239	0,24786	0,21537
7	158	3,22881	0,21879	0,27646
8	127	3,59724	0,21751	0,34059
9	92	3,46157	0,22999	0,24337
10	58	3,48576	0,18412	0,43316
11	28	4,45265	0,19564	0,40080
12	-7	4,65082	0,16933	0,82415
13	-42	4,05151	0,19575	0,60814
14	-82	4,45620	0,26115	0,42843
15	-135	2,94039	0,31815	0,26283
16	-173	2,12841	0,17095	0,21095
17	-205	4,13795	0,26923	0,24750
18	-240	2,87143	0,12167	0,38853
19	-275	1,19167	0,02811	0,92167
20	-310	1,19167	0,02811	0,21095

Характер распределения золота, мышьяка и сурьмы по падению рудного тела приведены на рисунках 6.5 – 6.12.

На графиках, с целью прогноза содержаний элементов на глубину, проведена аппроксимация исходных концентраций полиномом второго порядка.

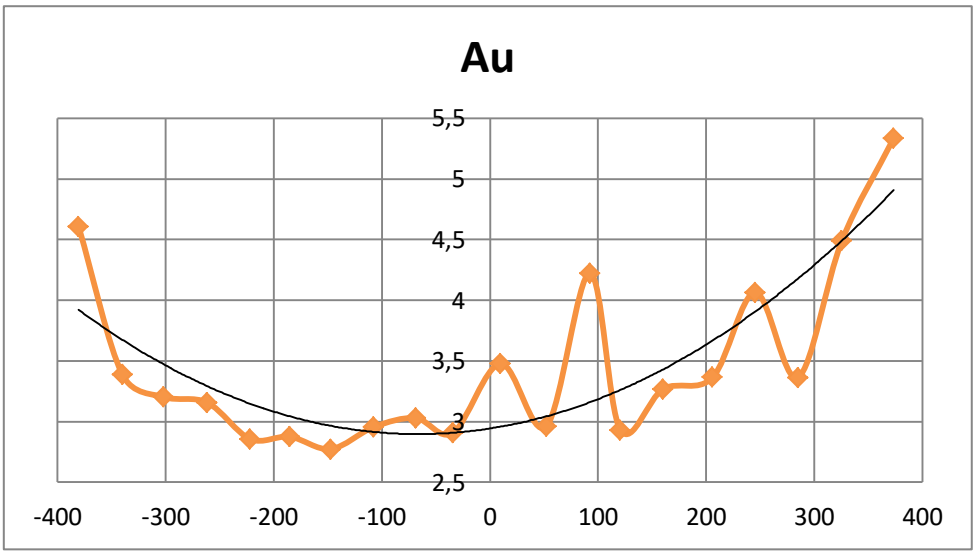


Рисунок 6.5 –График распределения содержаний золота в рудном теле (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

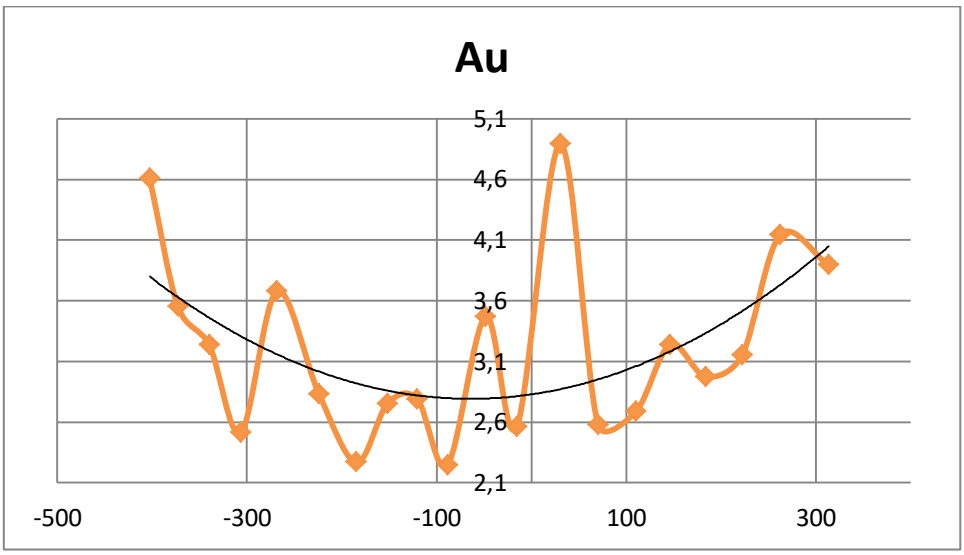


Рисунок 6.6 –График распределения содержаний золота в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

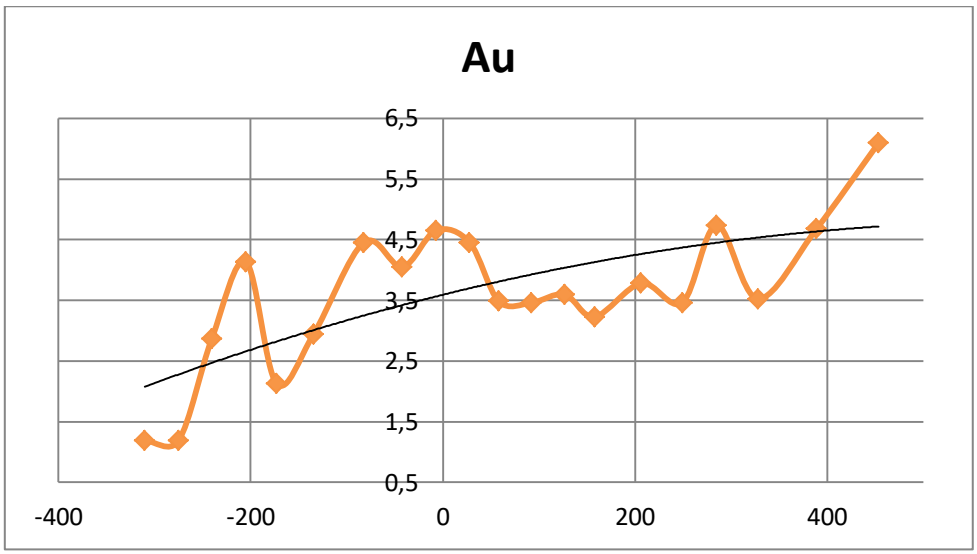


Рисунок 6.7 –График распределения содержаний золота в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

Как видно из рисунков 6.5– 6.7 содержание золота в целом по рудному телу и в его золото-мышьяковой части падает до горизонта -100 - -150 метров, а в дальнейшем увеличивается до 4 усл.ед. на горизонте -400 метров, тогда как в золото-сурьмяной зоне его концентрации уменьшаются с глубиной.

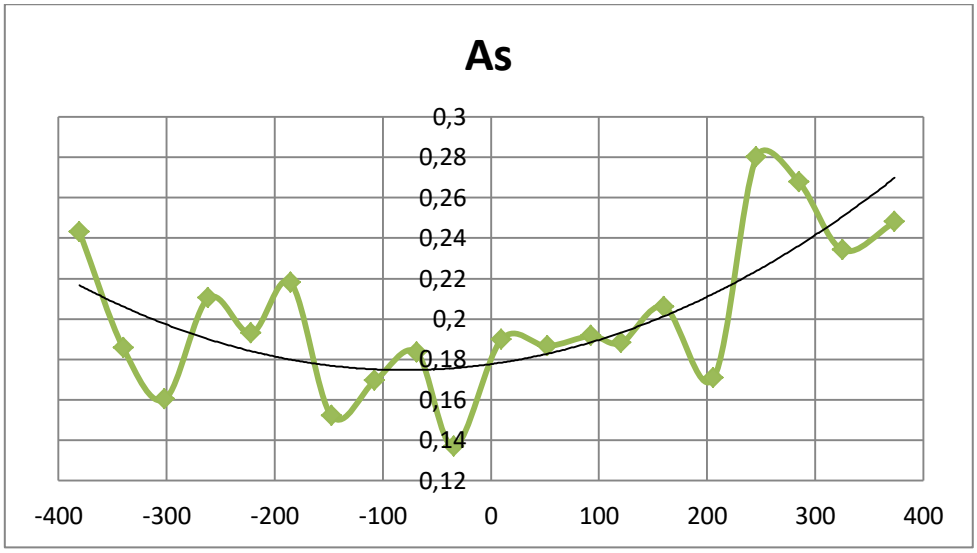


Рисунок 6.8 –График распределения содержаний мышьяка в рудном теле (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

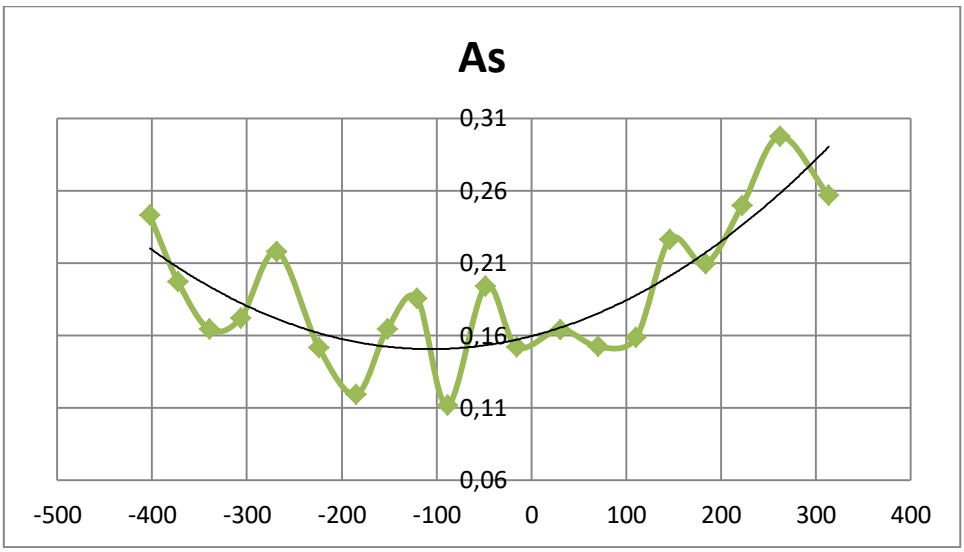


Рисунок 6.9 –График распределения содержаний мышьяка в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

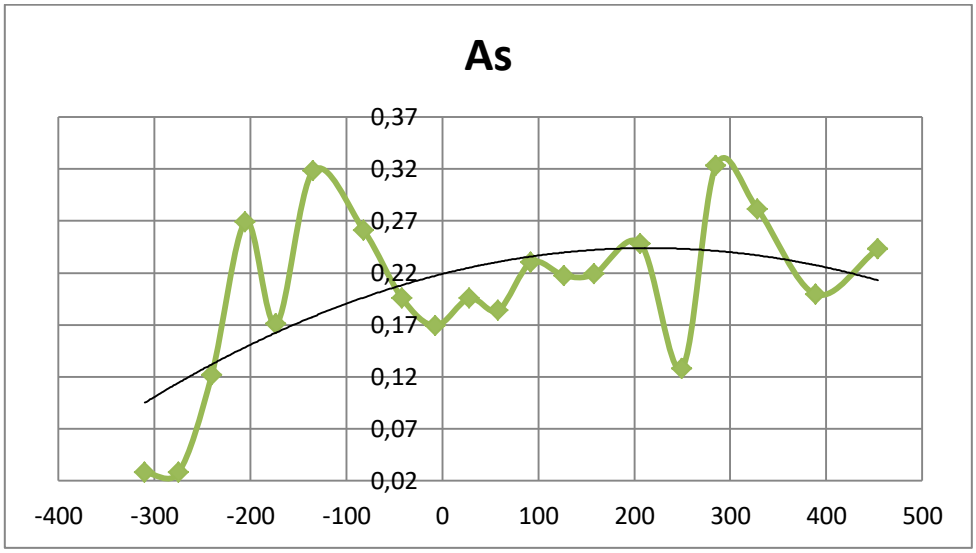


Рисунок 6.10 –График распределения содержаний мышьяка в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

Поведение мышьяка в целом по рудному телу и его золото-мышьяковой части, показанном на рисунках 6.8 – 6.9 имеет схожий характер с золотом, так же после снижения содержаний нет тенденции к увеличению с глубиной. Как видно из рисунка 6.10 в золото-сурьмяной зоне содержания мышьяка, аналогично золоту, с глубиной падают.

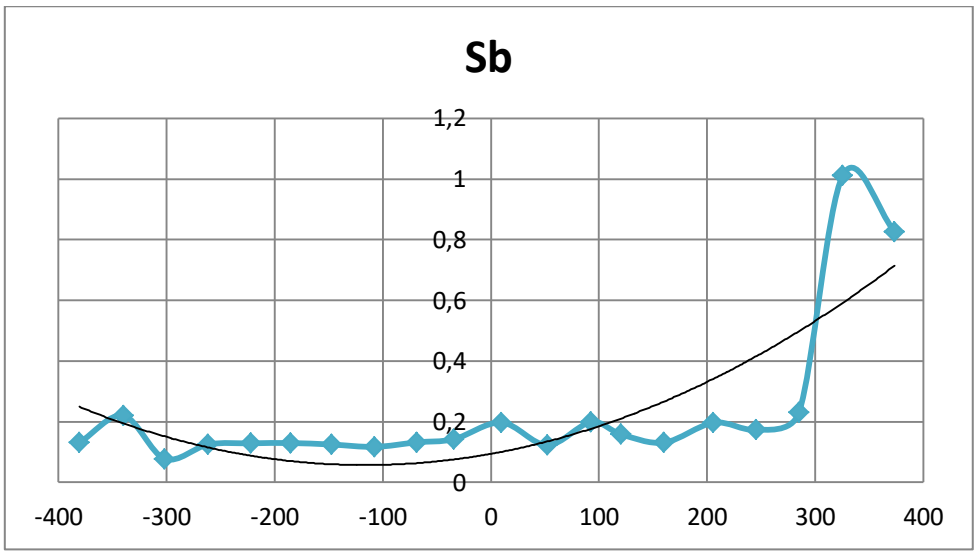


Рисунок 6.11 –График распределений содержания сурьмы в рудном теле (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

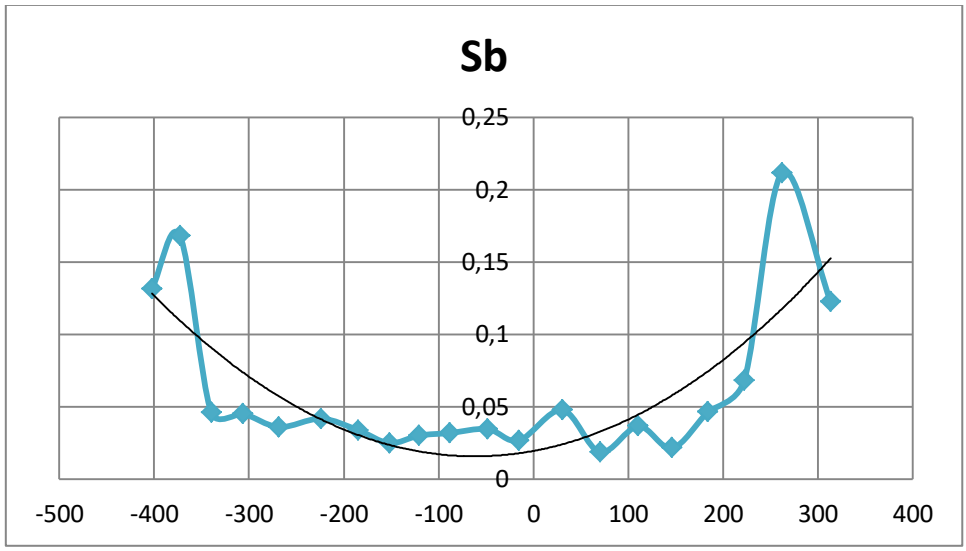


Рисунок 6.12 –График распределений содержания сурьмы в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

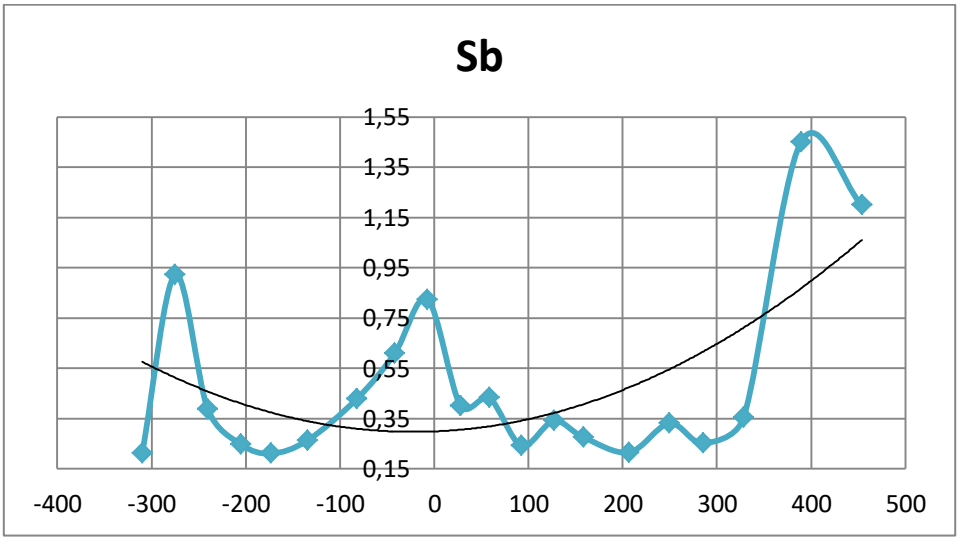


Рисунок 6.13 –График распределений содержания сурьмы в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

Характер изменения содержания сурьмы по падению рудного тела показан на рисунках 6.11 – 6.13. В целом по рудному телу ее концентрации уменьшаются до горизонта -150 метров, в дальнейшем плавно увеличивается, в отличие от более резкого увеличения содержаний в золото-сурьмяной и золото-мышьяковой зонах на горизонте -50 метров. В отличие от золота и мышьяка, поведение сурьмы одинаково, как в рудном теле в целом, так и в ее отдельных зонах.

На основании анализа характера распределения средних концентраций золота и его главных спутников можно сделать следующие выводы:

1. Минимальные значения средних содержаний золота, мышьяка и сурьмы приходятся на горизонты 0 - -200 м.
2. В нижней части рудного тела (горизонт - -400 м.) не наблюдается снижения содержаний золота, что указывает на перспективы продолжения промышленного оруденения на глубину.
3. Содержание золота закономерно уменьшается в золото-сурьмяной зоне, что обусловлено ее выклиниванием

6.3.2 Исследование геохимической зональности

Для выявления зональности использовался метод расчета ряда зонального отложения при помощи ранжирования элементов по средним центрам тяжести графиков парных отношений содержаний элементов (А.В. Гаранин).

Исходными данными для расчета центров тяжести геохимических показателей I порядка являлись значения средневзвешенных содержаний по шести горизонтам, охватывающих рудное тело по падению, порядка 900 метров, исходные данные средневзвешенных содержаний по горизонтам приведены в таблицах 6.4 – 6.6. Изучение зональности осуществлялось, как по рудному телу в целом, так и по Au-As и Au-Sb зонам.

Таблица 6.4 – Средневзвешенное содержание элементов в рудном теле

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание элемента									
			Ag (усл.ед)	B(%)	Ba(%)	Be(%)	Bi(%)	Co(%)	Cr(%)	Cu(%)	Mn(%)	Mo(%)
1	1	374	0,135234	0,024082	0,025179	0,000278	0,000432	0,002236	0,004901	0,004422	0,243356	0,000172
128	4	246	0,13165	0,022032	0,027326	0,000247	0,000462	0,002293	0,00461	0,004288	0,319033	0,000144
281	8	93	0,095817	0,021706	0,031211	0,00027	0,000418	0,001942	0,00423	0,003721	0,2773	0,000193
443	12	-69	0,107717	0,027732	0,027384	0,000201	0,000407	0,002487	0,005562	0,004962	0,256402	0,000181
596	16	-222	0,094081	0,037848	0,025983	0,000264	0,000264	0,002214	0,004326	0,004828	0,226205	0,000164
755	20	-381	0,101665	0,020107	0,03047	0,000247	0,00031	0,001677	0,002937	0,00346	0,266341	0,000125

Окончание таблицы 6.4

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание элемента										
			Nb(%)	Ni(%)	Pb(%)	Sn(%)	Ti(%)	V(%)	W(%)	Zn(%)	Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	1	374	0,000719	0,002985	0,002343	0,000269	0,246052	0,003733	0,013088	0,008801	5,336607	0,247886	0,827032
128	4	246	0,000743	0,003037	0,002066	0,000253	0,276496	0,003438	0,00575	0,008356	4,063824	0,279869	0,173497
281	8	93	0,000788	0,003071	0,001917	0,000242	0,232291	0,003343	0,006368	0,00816	4,224398	0,191583	0,198714
443	12	-69	0,00081	0,004539	0,002556	0,000356	0,294463	0,005355	0,003424	0,010261	3,029368	0,183446	0,131988
596	16	-222	0,000748	0,004416	0,002212	0,000394	0,250539	0,00508	0,003173	0,01147	2,856522	0,192952	0,128812
755	20	-381	0,000816	0,002948	0,001482	0,000204	0,183399	0,002606	0,002738	0,008048	4,608018	0,243117	0,131162

Таблица 6.5 – Средневзвешенное содержание элементов в золото-мышьяковой зоне

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание									
			Ag (усл.ед)	B(%)	Ba(%)	Be(%)	Bi(%)	Co(%)	Cr(%)	Cu(%)	Mn(%)	Mo(%)
1	1	314	0,131618	0,032211	0,022028	0,000258	0,000399	0,002845	0,00547	0,006058	0,231075	0,00022
130	4	184	0,100697	0,02586	0,027271	0,00023	0,000424	0,002485	0,005645	0,004706	0,279511	0,000112
283	8	31	0,098505	0,029051	0,030295	0,000217	0,000455	0,002349	0,005546	0,004579	0,287331	0,000143
434	12	-120	0,106809	0,029575	0,027358	0,000198	0,000403	0,002641	0,006002	0,005083	0,257557	0,000176
582	16	-268	0,084235	0,026389	0,022858	0,000214	0,000333	0,002678	0,005189	0,004486	0,324489	0,000188
717	20	-403	0,101665	0,020107	0,03047	0,000247	0,00031	0,001677	0,002937	0,00346	0,266341	0,000125

Окончание таблицы 6.5

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание										
			Nb(%)	Ni(%)	Pb(%)	Sn(%)	Ti(%)	V(%)	W(%)	Zn(%)	Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	1	314	0,000796	0,003345	0,002202	0,00034	0,257449	0,004949	0,007827	0,010936	3,895327	0,256778	0,122672
130	4	184	0,000618	0,003418	0,002162	0,000314	0,304124	0,004801	0,002936	0,009424	2,972603	0,209623	0,04631
283	8	31	0,000756	0,003875	0,002261	0,00033	0,263781	0,00477	0,002582	0,009964	4,891791	0,163989	0,047741
434	12	-120	0,000773	0,004792	0,002684	0,000385	0,31326	0,005814	0,002457	0,010923	2,790679	0,185524	0,030096
582	16	-268	0,000759	0,003884	0,001985	0,000298	0,23406	0,004907	0,003669	0,01006	3,679651	0,217824	0,035954
717	20	-403	0,000816	0,002948	0,001482	0,000204	0,183399	0,002606	0,002738	0,008048	4,608018	0,243117	0,131162

Таблица 6.6 – Средневзвешенное содержание элементов в золото-сурьмяной зоне

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание									
			Ag (усл.ед)	B(%)	Ba(%)	Be(%)	Bi(%)	Co(%)	Cr(%)	Cu(%)	Mn(%)	Mo(%)
1	1	454	0,137145	0,019786	0,026843	0,000289	0,000449	0,001914	0,004601	0,003557	0,249845	0,000147
169	4	285	0,151457	0,019584	0,02736	0,000258	0,000486	0,00217	0,003947	0,004021	0,344324	0,000164
485	8	127	0,093295	0,014814	0,03207	0,00032	0,000384	0,001559	0,002994	0,002916	0,267889	0,00024
654	13	-42	0,078491	0,024	0,028619	0,000273	0,000321	0,001514	0,002602	0,002591	0,271943	0,000157
758	16	-173	0,10279	0,047985	0,028748	0,000308	0,000204	0,001803	0,003562	0,00513	0,139266	0,000143
922	20	-310	0,05	0,006433	0,026843	0,000202	0,000169	0,000793	0,001042	0,001694	0,111212	0,000115

Окончание таблицы 6.6

	№ горизонта	Горизонт, м	Средневзвешенное содержание										
			Nb(%)	Ni(%)	Pb(%)	Sn(%)	Ti(%)	V(%)	W(%)	Zn(%)	Au(усл.ед)	As(%)	Sb(%)
1	1	454	0,000678	0,002795	0,002418	0,000232	0,24003	0,00309	0,015867	0,007673	6,098173	0,243187	1,199213
169	4	285	0,000823	0,002793	0,002004	0,000213	0,258817	0,002567	0,007551	0,007672	4,736329	0,323161	0,251881
485	8	127	0,000819	0,002316	0,001593	0,000159	0,202744	0,002004	0,009921	0,006467	3,597237	0,217514	0,340586
654	13	-42	0,000764	0,002508	0,001995	0,000184	0,210085	0,002567	0,016661	0,007741	4,051512	0,195745	0,608144
758	16	-173	0,000738	0,004886	0,002413	0,00048	0,265116	0,005233	0,002734	0,012718	2,128406	0,170952	0,210952
922	20	-310	0,000434	0,001335	0,000923	$7,67*10^{-5}$	0,096167	0,000753	0,000266	0,002792	1,191667	0,028108	0,210952

Затем по формуле 7 посчитаны центры тяжести графиков парных отношений элементов.

$$Zv = \sum_{i=1}^{f} v_i \, z_i / \sum_{i=1}^{f} v_i \qquad (7)$$

Значения центров тяжести показателей приведены в таблице 6.7

Таблица 6.7 – Значения центров тяжести

Элемент	Z рудного тела	Z золото-мышьяковой зоны	Z золото-сурьмяной зоны
Ag	345	354	451
B	184	347	542
Ba	392	385	570
Be	376	373	549
Bi	336	346	436
Co	364	347	487
Cr	531	337	435
Cu	374	340	509
Mn	373	384	464
Mo	364	362	548
Nb	394	387	523
Ni	400	372	532
Pb	359	349	495
Sn	392	342	534
Ti	362	354	490
V	382	342	505
W	243	306	377
Zn	392	359	516
Au	361	389	402
As	368	376	397
Sb	211	393	394

Ранжируя значения приведенных выше центров тяжести ν получаем следующие ряды зонального отложения элементов:

- в рудном теле без разделения на зоны (снизу-вверх): Cr-Ni-Nb-Ba, Sn, Zn-V-Be-Cu, Mn-As-Co, Mo-Ti, Au-Pb-Ag-Bi-W-Sb-B;

- в золото-мышьяковой зоне (снизу вверх): Sb-Au-Nb-Ba, Mn-As-Be, Ni-Mo-Zn-Ti-Ag-Pb-Co,B, Bi,-V-Sn-Cu-Cr-W;

- в золото-сурьмяной зоне, (снизу вверх): Ba-Be,Mo-B-Sn-Ni-Nb-Zn-Cu-V-Pb-Ti-Co-Mn-Ag-Bi,Cr-Au-As-Sb-W.

Затем сравниваем эти ряды между собой. Сходство зональных рядов отложения элементов устанавливается по наличию ранговой корреляции между порядковыми номерами элементов в двух рядах.

Выписываем получившиеся ряды зональности в каждой зоне (рудное тело, зона Au-As, зона Au-Sb). Нумеруем объекты от 1 – 21 в порядке уменьшения глубины в каждой зоне, получаем ранжированную совокупность. Среди элементов есть несколько, обладающих максимальными значениями на

одной и той же глубине присваиваем им ранг, равный среднему арифметическому их предварительных рангов. После чего рассчитываем тесноту связи между рядами зональности:

- Рудного тела и золото-сурьмяной зоны

$p=1-\frac{6\cdot 355}{(21^2-1)\cdot 21}=0.77$ – прямая сильная связь между изучаемыми признаками.

- Рудного тела и золото-мышьяковой зоны

$p=1-\frac{6\cdot 1264.5}{(21^2-1)\cdot 21}=0.18$ – корреляционная связь незначима

-Золото-мышьяковой и золото-сурьмяной зоны

$p=1-\frac{6\cdot 1423.5}{(21^2-1)\cdot 21}=0.08$ –корреляционная связь незначима

Как видно из расчетов, сходны лишь ряды по рудному телу и его золото-сурьмяной зоне, что обусловлено обогащением сурьмяной минерализацией верхних горизонтов рудного тела.

Низкое положение бария во всех трех рядах зонального отложения, а так же сурьмы в золото-мышьяковой зоне может быть связано с появлением второго эшелона оруденения.

Затем сравниваем эти ряды с универсальным рядом зональности.

Полученные значения коэффициентов ранговой корреляции между этими рядами равны:

- Универсальный ряд и рудное тело

$p=1-\frac{6\cdot 398.5}{(15^2-1)\cdot 15}=0.28$ – корреляционная связь незначима

- Универсальный ряд и золото-мышьяковая зона

$p=1-\frac{6\cdot 650.5}{(15^2-1)\cdot 15}=-0.2$ – корреляционная связь отсутствует

- Универсальный ряд и золото-сурьмяная зона

$p=1-\frac{6\cdot 471.25}{(15^2-1)\cdot 15}=0.18$ – корреляционная связь незначима

Из этого следует, что выявленные ряды не согласуется с универсальным рядом зональности. Различия выявленных рядов и универсального ряда зональности объясняется многостадийным формированием золотого оруденения Олимпиадинского месторождения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы был изучен петрографический состав пород и руд Олимпиадинского месторождения.

Обработана исходная база данных, полученная на преддипломной производственной практике. Выполнена обработка 3D модели рудного тела № 4: произведено разделение на золото-сурьмяную. и золото-мышьяковую зоны, следующим шагом было разделение на 25 блоков, мощностью по 50 метров. Изучен характер распределения с глубиной средневзвешенных содержаний золота, мышьяка и сурьмы. Рассчитаны ряды зонального отложения элементов по рудному телу в целом, и по золото-сурьмяной и золото-мышьяковой зонам, Выявление рядов осуществлено путем их ранжирования по центрам тяжести графиков парных отношений содержаний. Ряды имеют следующий вид (снизу-вверх):

- рудное тело без разделения на зоны:Cr-Ni-Nb-Ba, Sn, Zn-V-Be-Cu, Mn-As-Co, Mo-Ti, Au-Pb-Ag-Bi-W-Sb-B;
- золото-мышьяковая зона: Sb-Au-Nb-Ba, Mn-As-Be, Ni-Mo-Zn-Ti-Ag-Pb-Co,B, Bi,-V-Sn-Cu-Cr-W;
- золото-сурьмяная зона: Ba-Be,Mo-B-Sn-Ni-Nb-Zn-Cu-V-Pb-Ti-Co-Mn-Ag-Bi,Cr-Au-As-Sb-W.

Низкое положение бария во всех трех рядах зонального отложения а так же сурьмы в золото-мышьяковой зоне может быть связано с появлением второго эшелона оруденения. Сходство между рядами наблюдается лишь по рудному телу и его золото-сурьмяной зоне (коэффициент ранговой корреляции = 0.77), что обусловлено обогащением сурьмяной минерализацией верхних горизонтов рудного тела.

Корреляция выявленных рядов зональности с универсальным рядом показала отсутствие сильной связи между ними, из чего следует, что выявленные ряды не согласуется с обобщенным рядом зональности. Различие данных рядов связано с полигенностью оруденения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

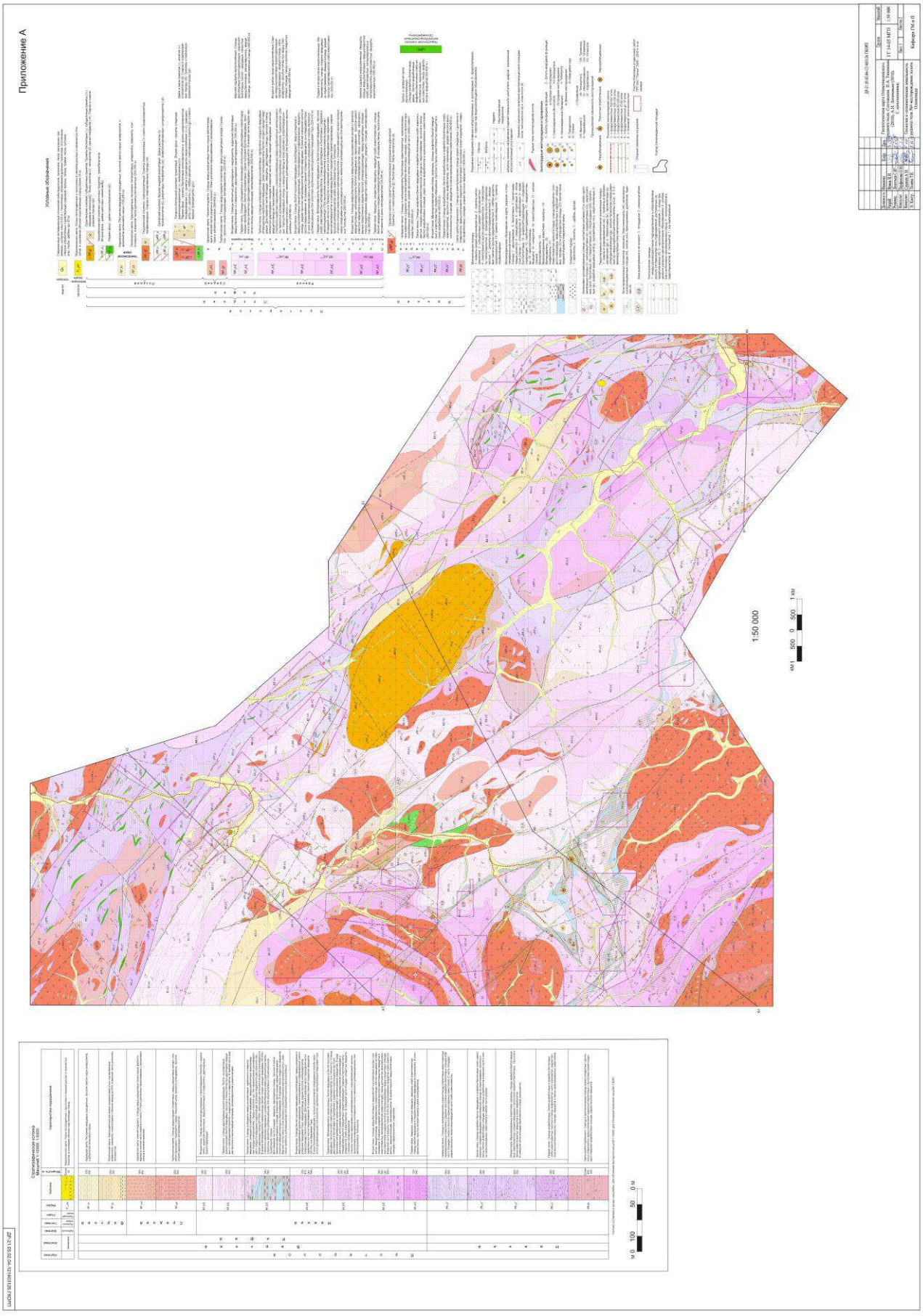
1. Баранова Н.Н. Характеристика процессов рудообразования на Au-(Sb-W) месторождения Олимпиада (по данным изучения минеральных парагенезисов и флюидных включений) / Н.Н. Баранова, З.Б. Афанасьева, Г.Ф. Иванова, О.Ф. Миронова, Н.Н. Колпакова. – Геохимия. 1997 г. №3. – 282 – 293 с.
2. Генкин А.Д. Золотоносный арсенопирит и условия его образования на золоторудных месторождениях Олимпиада и Ведуга (Енисейский кряж, Сбирь) / А.Д. Генкин, Ф.Е. Вагнер, Т.Л. Крылова, А.И. Цепин. – Геология рудных месторождений. Т 44. №1, 2002 г. – 59 – 77 с.
3. Ильин С.С. Подсчёт запасов Олимпиадинского золоторудного месторождения на 01.01.2016 г. Книга 13 / С.С. Ильин – г. Красноярск 2016 г.
4. Константинов М.М. Золоторудные месторождения России / М.М. Константинов – М.:Акварель, 2010. – 339 с.
5. Неволько П.А. Химический состав самородного золота крупнейших месторождений Енисейского кряжа / П.А Неволько – 2007. Том 2. – 40 – 44 с.
6. Плеханов А.А. Проект на поиски и оценку рудного золота на нижележащих горизонтах Олимпиадинского месторождения / А.А. Плеханов – Красноярск 2014 г.
7. Сазонов А.М. Лабораторный практикум по петрографическим методам исследования: Учебное пособие / А.М Сазонов – Издательство Красноярского университета – 1990 г.
8. Сазонов А.М. Петрография и петрология метаморфических и метасоматических пород / А.М. Сазонов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет; Институт цветных металлов, 2007 г.
9. Сазонов А.М. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей: Journal of Siberian Federal University / А.М. Сазонов, А.А. Ананьев, Т.В. Полева, А.Н. Хохлов, В.С. Власов, Е.А. Звягина, А.В. Федорова, П.А. Тишин, С.И. Леонтьев – Engineering and Technologies 4 (2010). – 371 – 395 с.
10. Сазонов А.М. Оптическое определение породообразующих минералов: учебное пособие / Полева Т.В., Некрасова Н.А. – Красноярск СФУ – 2017 г.
11. Совмен В.К., Страгис А.А., Плеханов А.А., Бибик С.М., Кровякова С.И. Геологическое строение золоторудных месторождений и опыт геологического обслуживания сырьевой базы Компании «Полюс» в Красноярском крае / В.К. Совмен, А.А. Страгис, А.А. Плеханов, С.М. Бибик, С.И. Кровякова, и др. – 2009 г.
12. Старостин В.К. История геологического развития Енисейского кряжа в связи с поисками месторождений золота: информационная записка / В.К. Старостин, Г.В. Шнейдер – Норильск 2006 г.

13. Соловов А.П. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых: справочник / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров, С.А. Воробьев, Д.М. Гершман, С.В. Григорян, Е.М. Квятковский, А.А. Матвеев, С.А. Миляев, В.А. Николаев, А.И. Перельман, Ю.В. Шваров, Б.Я. Юфа, А.А. Ярошевский – под редакцией док. геол.-мин. Наук А.П. Соловова – Москва «Недра» 1990 г. – 206 – 209 с.

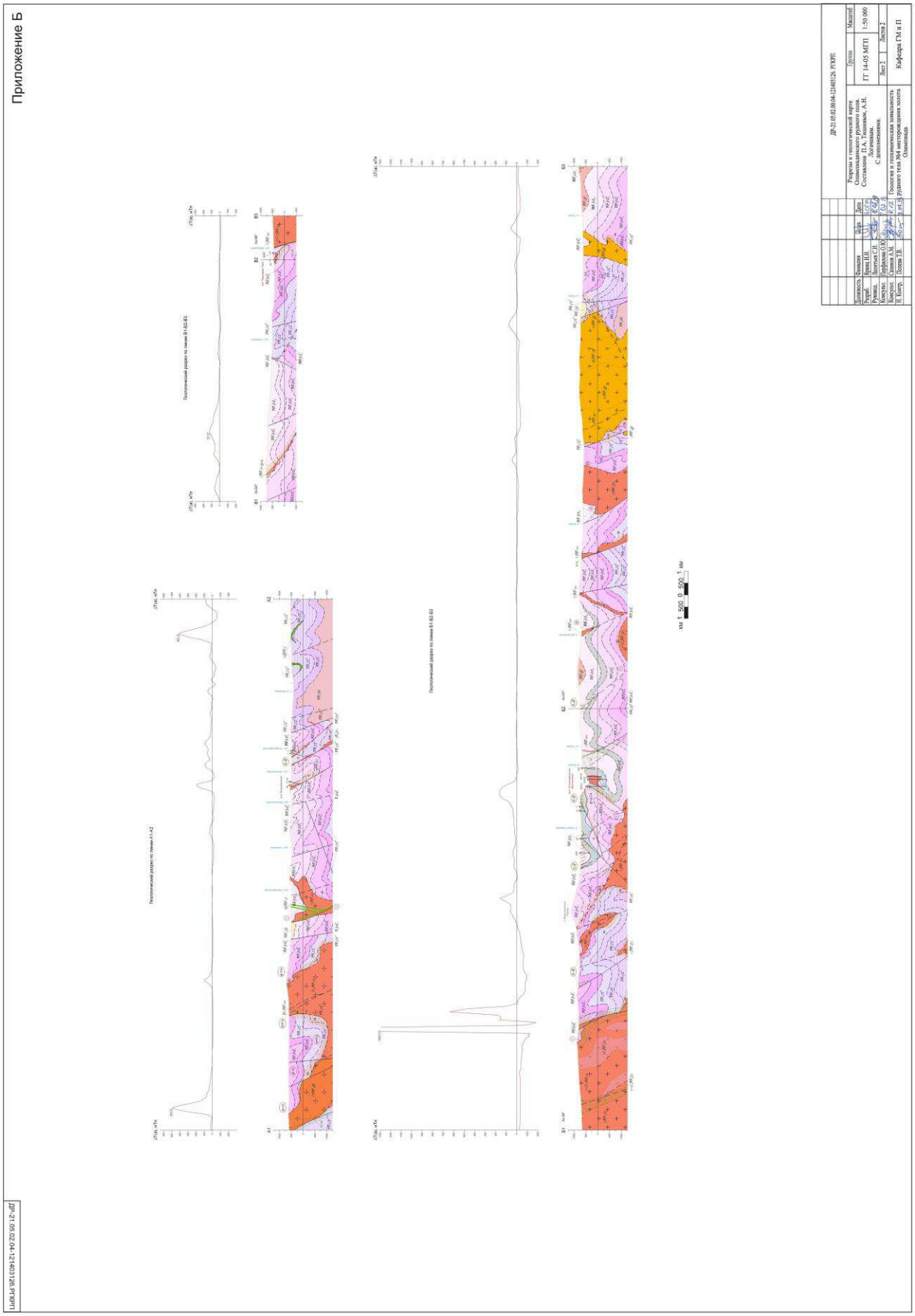
14. Трегер В.Е. Оптическое определение породообразующих минералов / В.Е. Трегер – Москва «Недра» - 1980.

15. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: учеб. пособие для студентов геологических специальностей./Ю.Г. Шестаков – Изд-во Красноярского университета 1988 г. – 102 – 105 с.

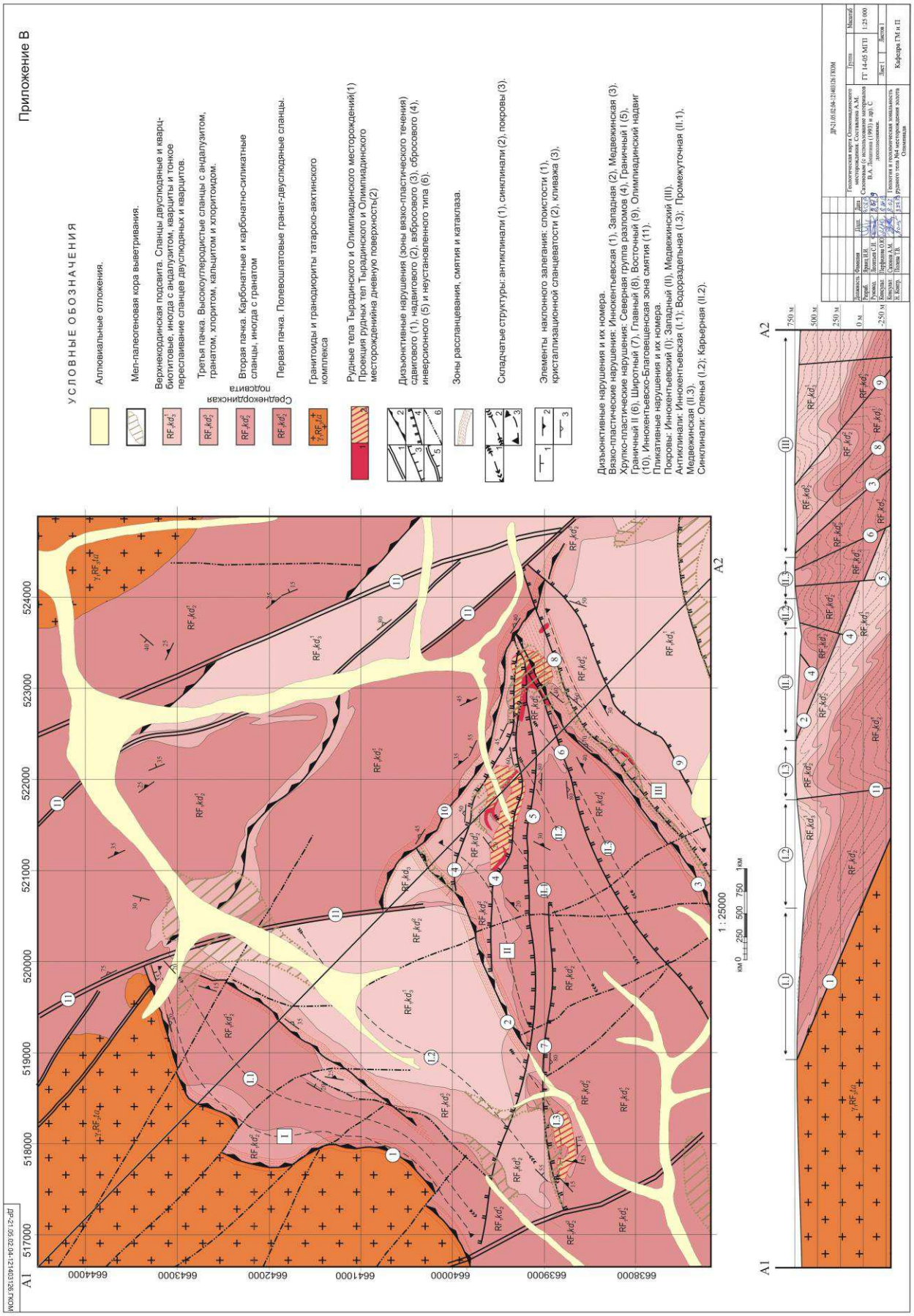
Приложение А



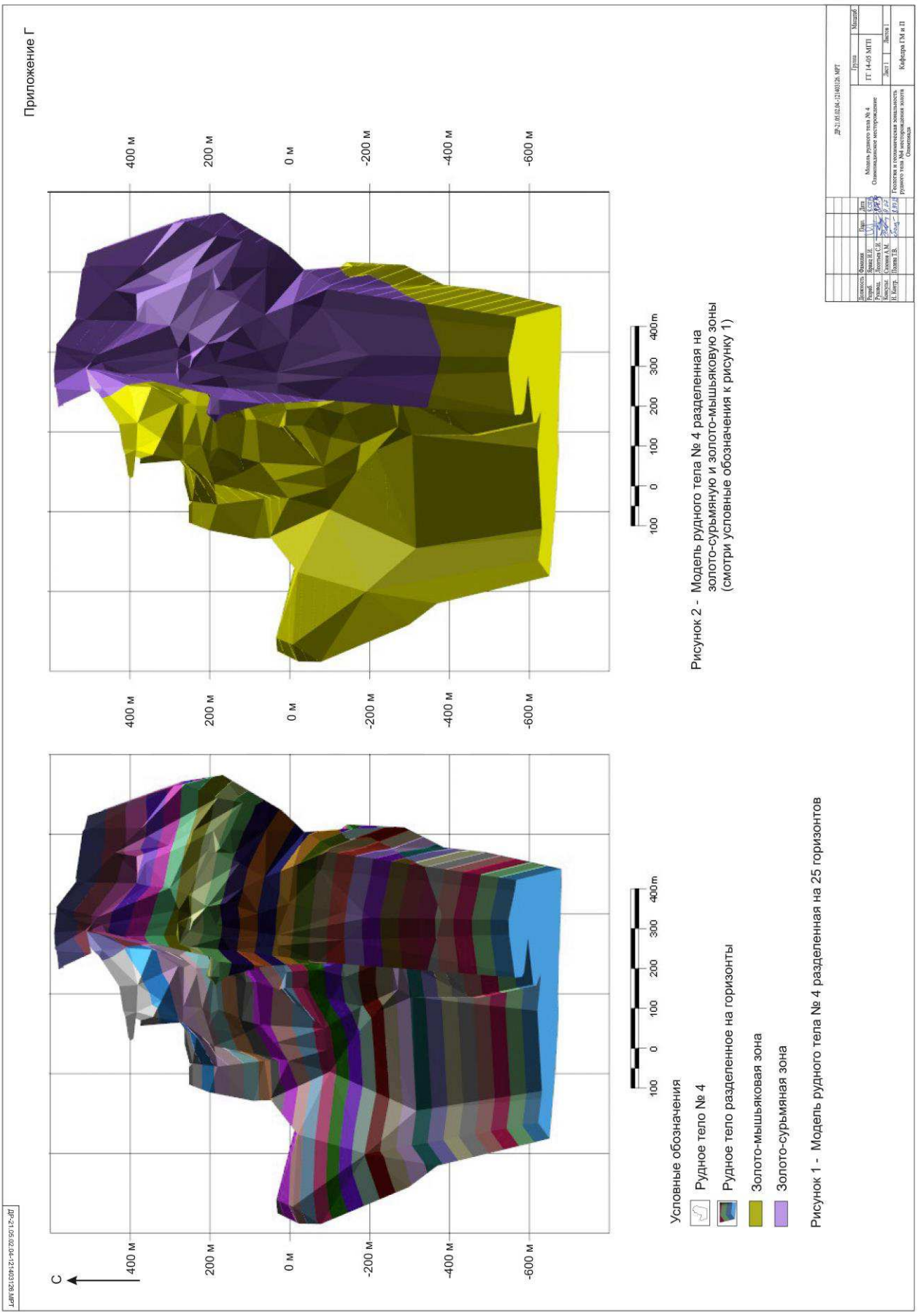
Приложение Б



Приложение В



Приложение Г



Приложение Д

ДР-21.05.02.04-121403126.ГРСЭРТ

Приложение Д

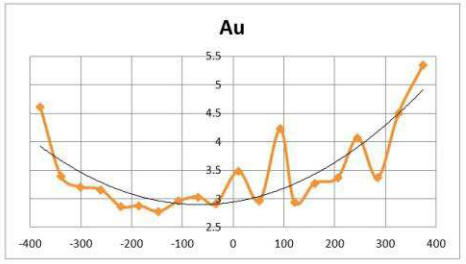


Рисунок 1 –График распределения содержаний золота в рудном теле (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

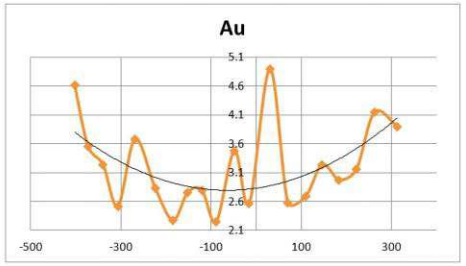


Рисунок 2 –График распределения содержаний золота в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

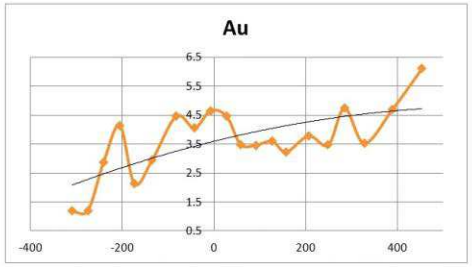


Рисунок 3 –График распределения содержаний золота в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, усл.ед.; горизонтальная ось – горизонты, м)

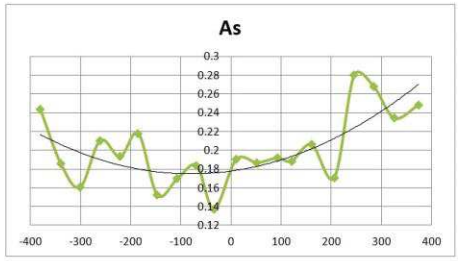


Рисунок 4 –График распределения содержаний мышьяка в рудном теле (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

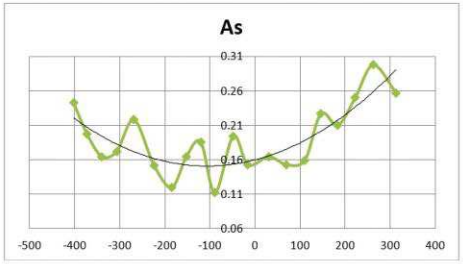


Рисунок 5 – График распределения содержаний мышьяка в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

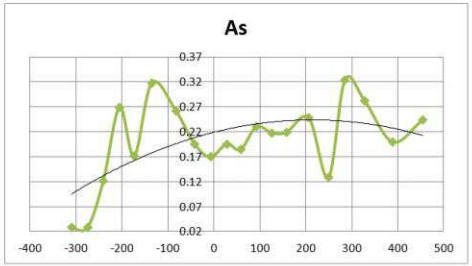


Рисунок 6 – График распределения содержаний мышьяка в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

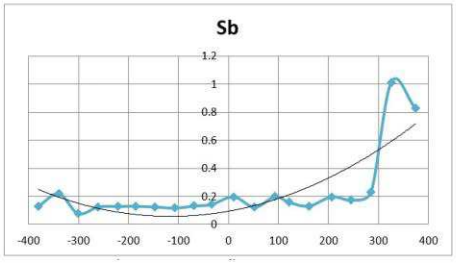


Рисунок 7 – График распределения содержания сурьмы в рудном теле (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

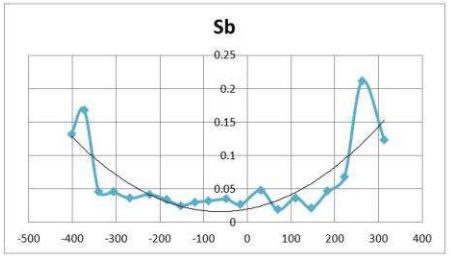


Рисунок 8 – График распределения содержания сурьмы в золото-мышьяковой зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

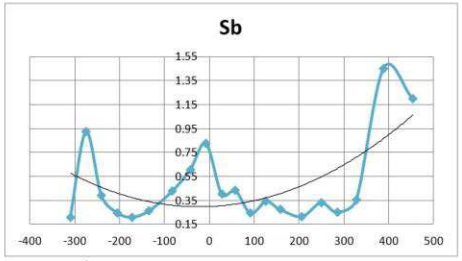


Рисунок 9 – График распределения содержания сурьмы в золото-сурьмяной зоне (вертикальная ось – содержания, %; горизонтальная ось – горизонты, м)

Ряды зонального отложения элементов:
- в рудном теле без разделения на зоны (снизу-вверх): Cr-Ni-Nb-Ba, Sn, Zn-V-Be-Cu, Mn-As-Co, Mo-Ti, Au-Pb-Ag-Bi-W-Sb-B;
- в золото-мышьяковой зоне (снизу вверх): Sb-Au-Nb-Ba, Mn-As-Be, Ni-Mo-Zn-Ti-Ag-Pb-Co,B, Bi,-V-Sn-Cu-Cr-W;
- в золото-сурьмяной зоне (снизу вверх): Ba-Be,Mo-B-Sn-Ni-Nb-Zn-Cu-V-Pb-Ti-Co-Mn-Ag-Bi,Cr-Au-As-Sb-W.

				ДР-21.05.02.04.-121403126. ГРСЭРТ		
Должность	Фамилия	Подп.	Дата	Графики распределения содержаний элементов с глубиной	Группа	Масштаб
Разраб.	Яранц И.И.		8.07.21		ГГ 14-05 МГП	
Руковод.	Леонтьев С.И.		8.07.21			
Консульт.	Салонов А.М.		8.07.21		Лист 1	Листов 1
Н. Контр.	Полева Т.В.		8.07.21	Геология и геохимическая зональность рудного тела №4 месторождения золота Олимпиада	Кафедра ГМ и П	

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.И. Леонтьев
подпись
«11» 04 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.02 «Прикладная геология»
код и наименование специальности
21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»
код и наименование специализации
Геология и геохимическая зональность рудного тела № 4 месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж)
тема

Научный руководитель	6.07.2019	Профессор кафедры ГМ и П канд. геол.-минерал. наук	С.И. Леонтьев
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	6.07.2019	ГГ 14-05 МГП	И.И. Ярвиц
	подпись, дата	группа	инициалы, фамилия
Рецензент	28.06.2019	Руководитель группы подсчета запасов «АО Полюс»	А.В. Приданников
	подпись, дата	должность	инициалы, фамилия

Красноярск 2019