

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  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

21.05.02 «Прикладная геология»  
21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»

Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного  
месторождения Ведуга (Енисейский кряж)

Научный  
руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Профессор каф. ГМиП  
к.г.-м. н.

С.И. Леонтьев

Выпускник

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Л.А. Челтыгмашева

Рецензент

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Главный геолог  
ООО ГРК «Амикан», А.Э. Динер

Красноярск 2020 г.

Продолжение титульного листа дипломной работы по теме геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного месторождения

Консультанты по разделам:

Петрография \_\_\_\_\_ профессор.доктор. геол.-минерал. наук А.М. Сазонов  
подпись, дата должность, ученая степень

Геологическая часть \_\_\_\_\_ доцент О.Ю. Перфилова  
подпись, дата должность, ученая степень

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ доцент каф. ГМиП, канд. геол-минерал. наук Т.В.Полева  
подпись, дата должность, ученая степень

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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме дипломной работы**

Студенту: Челтыгмашевой Любовь Артуровне.

Группа: МГП 15-05. Направление (специальность): 21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология».

Тема выпускной квалификационной работы: «Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного месторождения Ведуга (Енисейский кряж)».

Утверждена приказом по университету № 7805/сот 17 июня 2020г г.

Руководитель ВКР: профессор кафедры ГМиП, к.г-м.н. С.И. Леонтьев.

Исходные данные для ВКР: коллекция минералов, пород и руд Ведугинского месторождения золота; данные спектральных и химических анализов; фондовая и опубликованная научная литература.

Перечень разделов ВКР: географо-экономическая характеристика района; геологическая, поисковая и геофизическая изученность района; геологическая характеристика района, геологическая характеристика Ведугинского рудного поля; геохимическая характеристика вмещающих пород и руд; геохимическая зональность.

Перечень графического материала: обзорная геологическая карта района месторождения; геологические карта Ведугинского рудного поля; геологоразведочный план по участку Центральному и Восточному; геологический разрез РЛ-3.0 и РЛ-8.0

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ С.И. Леонтьев

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Л.А Челтыгмашева

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК выполнения ВКР

Студент \_Челтыгмашева Любовь Артуровна\_\_\_\_\_

Группа \_ГГ15-05МГП\_\_\_\_\_

Тема ВКР в виде дипломной работы: Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного месторождения Ведуга (Енисейский кряж)»

Руководитель дипломной работы: профессор кафедры ГМиП, кандидат геол.-мин. наук С.И. Леонтьев

Этапы работы	Сроки выполнения		Оценка выполненного этапа	Подпись руководителя, консультанта
	по плану	фактически		
Географо-экономическая характеристика района	13.03.20	13.03.20		
Геологическая, поисковая и геофизическая изученность района	20.04.20	20.04.20		
Геологическое строение района Ведугинского месторождения	10.05.20	10.05.20		
Геологическое строение Ведугинского рудного поля	20.05.20	20.05.20		
Геохимическая характеристика вмещающих пород и руд	6.06.20	6.06.20		
Геохимическая зональность	10.06.20	10.06.20		

Подготовка заключения	12.06.20	12.06.20		
Графические приложения	13.06.20	13.06.20		
Подготовка демонстрационных материалов	20.06.20	20.06.20		
Прохождение нормоконтроля	27.06.20	27.06.20		
Устранение отмеченных недостатков	29.06.20	29.06.20		
Получение отзыва научного руководителя	30.06.20	30.06.20		
Отзыв рецензента	1.07.20	1.07.20		

Руководитель дипломной работы, \_\_С.И. Леонтьев\_\_\_\_\_

Подпись

Студент \_\_\_\_\_Л.А.Челтыгмашева\_\_\_\_\_

Подпись

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного месторождения Ведуга» состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 81 страница. В ней содержится рисунка 22, таблицы 4, графических приложений 7. Список литературы включает 6 наименований.

**ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ, ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, РАЗВЕДОЧНЫЕ ЛИНИИ 3.0(РТ-1), 8.0(РТ-2), ГЕОХИМИЯ ПОРОД И РУД, ЗОНАЛЬНОСТЬ.**

Целью работы являлось изучение геологии и геохимической характеристики вмещающих пород и рудных тел, выявления геохимической зональности рудных тел. В связи с этим решались следующие задачи:

1. Характеристика геологического строения района и рудного поля;
2. Петрографическое описание главных типов рудоносных метасоматитов;
3. Изучение геохимической характеристики вмещающих пород и рудных тел;
4. Выявление геохимической зональности рудных тел по разрезу РЛ-3.0 и РЛ-8.0.

По результатам работ изучен минеральный состав главных типов рудоносных метасоматитов; геохимическая характеристика по разведочным линиям 3.0 и 8.0.

**Министерство образования и науки РФ**  
*Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий*

Кафедра ГМиП

"УТВЕРЖДАЮ"

Раздел плана: тематические работы

Зав. кафедрой ГМиП

Полезное ископаемое: рудное золото

\_\_\_\_\_ С.И. Леонтьев

Наименование объекта: Ведугинское месторождение «  » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Местонахождение объекта: Красноярский край

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На проведение научно-исследовательской работы по теме «Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного месторождения Ведуга (Енисейский кряж)»

Основание выдачи геологического задания:

приказ по университету № 7805/сот 17июня2020 г об утверждении тем дипломных работ

а) Целевое назначение работ, пространственные границы объекта:

Изучение геологии, геохимической характеристики вмещающих пород и руд и геохимической зональности рудных тел.

б) Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения:

- 1) провести изучение геологического строения района и рудного поля Ведугинского месторождения;
- 2) провести петрографическое описание главных типов рудоносных метасоматитов;
- 3) изучить геохимическую характеристику вмещающих пород и рудных тел;
- 4) провести анализ геохимических данных с использованием корреляционного анализа
- 5) исследовать зональность;
- б) построить моноэлементные геохимические карты

в) ожидаемые результаты:

- 1) петрографическое описание главных типов рудоносных метасоматитов;
- 2) геохимическая характеристика вмещающих пород и рудных тел, с выявлением по ним рядов зонального отложения;

3) сделать выводы о зональности рудных тел золоторудного месторождения Ведуги.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ С.И. Леонтьев

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Л.А. Челтыгмашева

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.



## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	10
<b>1 ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ, ПОИСКОВАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА.....</b>	<b>15</b>
2.1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ПОИСКОВАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ.....	15
2.2 ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ.....	17
<b>3 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА ВЕДУГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....</b>	<b>20</b>
3.1 СТРАТИГРАФИЯ.....	21
3.2 МАГМАТИЗМ.....	24
3.3 ТЕКТОНИКА.....	24
3.4 ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ.....	26
<b>4 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕДУГИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ.....</b>	<b>28</b>
4.1 ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВМЕЩАЮЩЕЙ ТОЛЩИ.....	30
4.2 СТРУКТУРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	32
4.3 ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНЫХ ТЕЛ.....	34
4.4 ГЛАВНЫЕ ТИПЫ РУДОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ.....	36
<b>5 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД.....</b>	<b>48</b>
5.1 МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....	49
5.2 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА RL-3.0.....	52
5.3 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА RL-8.0.....	56
<b>6 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ.....</b>	<b>60</b>
6.1 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ RL-3.0.....	61
6.2 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ RL-8.0.....	62
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>72</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>	<b>73</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>74</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАЙОНА.....</b>	<b>75</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ВЕДУГИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ.....</b>	<b>76</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....</b>	<b>77</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ПЛАН ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА.....</b>	<b>78</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ПЛАН ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА.....</b>	<b>79</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО RL-3.0.....</b>	<b>80</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Ж ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО RL-8.0.....</b>	<b>81</b>

## ВВЕДЕНИЕ

На территории Красноярского края сосредоточено 12 % российских запасов золота (более 1600 т). Прогнозные ресурсы категории  $P_1$  края превышают 400 т золота. Основная часть запасов и ресурсов сосредоточена в металлогенических зонах Енисейского края на севере Саяно-Енисейской металлогенической провинции.

Целью дипломной работы являлось изучение геологии и геохимической зональности золоторудного Ведугинского месторождения. Сбор каменного материала проводился на преддипломной практике, пройденной в ОАО «Красноярская горно-геологическая компания», находящееся в Северо-Енисейском районе Красноярского края. При написании дипломной работы был использован графический материал, составленный по ранее проведенным работам: обзорная геологическая карта района (масштаб 1:50 000); геологическая карта Ведугинского рудного поля (масштаб 1:5000); геологоразведочный план Центрального участка (масштаб 1:2000); геологоразведочный план Восточного участка (масштаб 1:2000); геологические разрезы по разведочным линиям 3.0 и 8.0 (масштаб 1:1000). Также компанией были предоставлены ведомости по спектральному анализу, для исследования геохимической зональности рудных тел.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- создание коллекции пород и руд месторождений;
- изучение геологического строения месторождения и рудного поля;
- геохимическая характеристика вмещающих пород и руд;
- обработка данных;
- исследование геохимической зональности
- построение моноэлементных карт

Для решение поставленных задач были описаны главные типы рудоносных метасоматитов, были изучены данные полуколичественного спектрального анализа, были проведены расчеты и обработки данных, был сделан вывод о зональности рудных тел золоторудного месторождения Ведуга, а также построены моноэлементные карты. В первой главе рассмотрено географо-экономическая характеристика района. Во второй главе рассмотрено геологическая, поисковая и геофизическая изученность работ последних лет, данных предшественников. В третьей главе изучено геологическое строение района месторождения. В четвертой главе изучено геологическое строение рудного поля, а также было сделано петрографическое описание главных рудоносных метасоматитов. В пятой главе были изучено геохимическая характеристика вмещающих пород и рудных тел, проведены обработки имеющихся данных спектрального анализа. В шестой главе была исследована геохимическая зональность рудных тел, а также построены геохимические моноэлементные карты.

Автор благодарен своему научному руководителю профессору Сергею

Ивановичу Леонтьеву, под чьим руководством сформулированы задачи исследования, организованы и выполнены экспериментальные работы, проведено обсуждение результатов и выводов. Автор выражает свою признательность О.Ю. Перфиловой за консультирование геологической части.

Автор благодарен профессору Сазонову А.М. за предоставленный материал в виде шлифов, за возможность изучения материала по сканирующему электронному микроскопу. Также хотелось выразить благодарность инженеру Сильянову С.А за помощь отбора материала на преддипломной практике, а также за возможность изучения образцов по электронному микроскопу.

## **1 ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Ведугинское месторождение расположено в Северо-Енисейском районе Красноярского края в 110 км на юго-юго-восток от районного центра и в 57 км от пос. Еруда на юго-восток. Обзорная карта района отражена на рисунке 1. Географические координаты: СШ 59°23', ВД 93°20'.

Рельеф района низкогорный, сложно расчлененный. Преобладают высотные отметки 320-600 м (до 700 м), и лишь на северо-западе возвышается г. Лысая с абсолютной отметкой 1046 м.

Климат района резко континентальный с холодной и продолжительной зимой и коротким жарким летом. Снежный покров ложится в конце сентября и полностью сходит в конце мая–начале июня.

Растительность и животный мир типично таёжные. Проходимость плохая (6-7 категория).

Гидросеть довольно густая. Наиболее крупной является р. Ведуга (правый приток р. Большой Пит), протекает в 2-3 км от месторождения. Реки и ручьи мелководны, с быстрым течением и перекатами, не пригодные для водного транспорта.

Территория района работ относится к районам Крайнего Севера, районный коэффициент – 1,5. Административный центр района – пгт. Северо-Енисейский, где расположены основные промышленные и хозяйственные предприятия, почта, телеграф, аэропорт. Вторым по величине является поселок Тея, где находится база Северной геологоразведочной экспедиции, расстояние от которой до объекта 160 км. Ближайший населенный пункт от месторождения - поселок Брянка в 32 км на р. Большой Пит, где расположена пристань и складские помещения (база АО "Соврудник"). Судоходство осуществляется по "большой воде" в весенние и осенние паводковые периоды. Остальное население сосредоточено в поселках Еруда, Новая Калами, Новоерудинский, Вангаш, Суворовский, часть из которых из-за упадка золотодобычи в районе пришли в запустение.

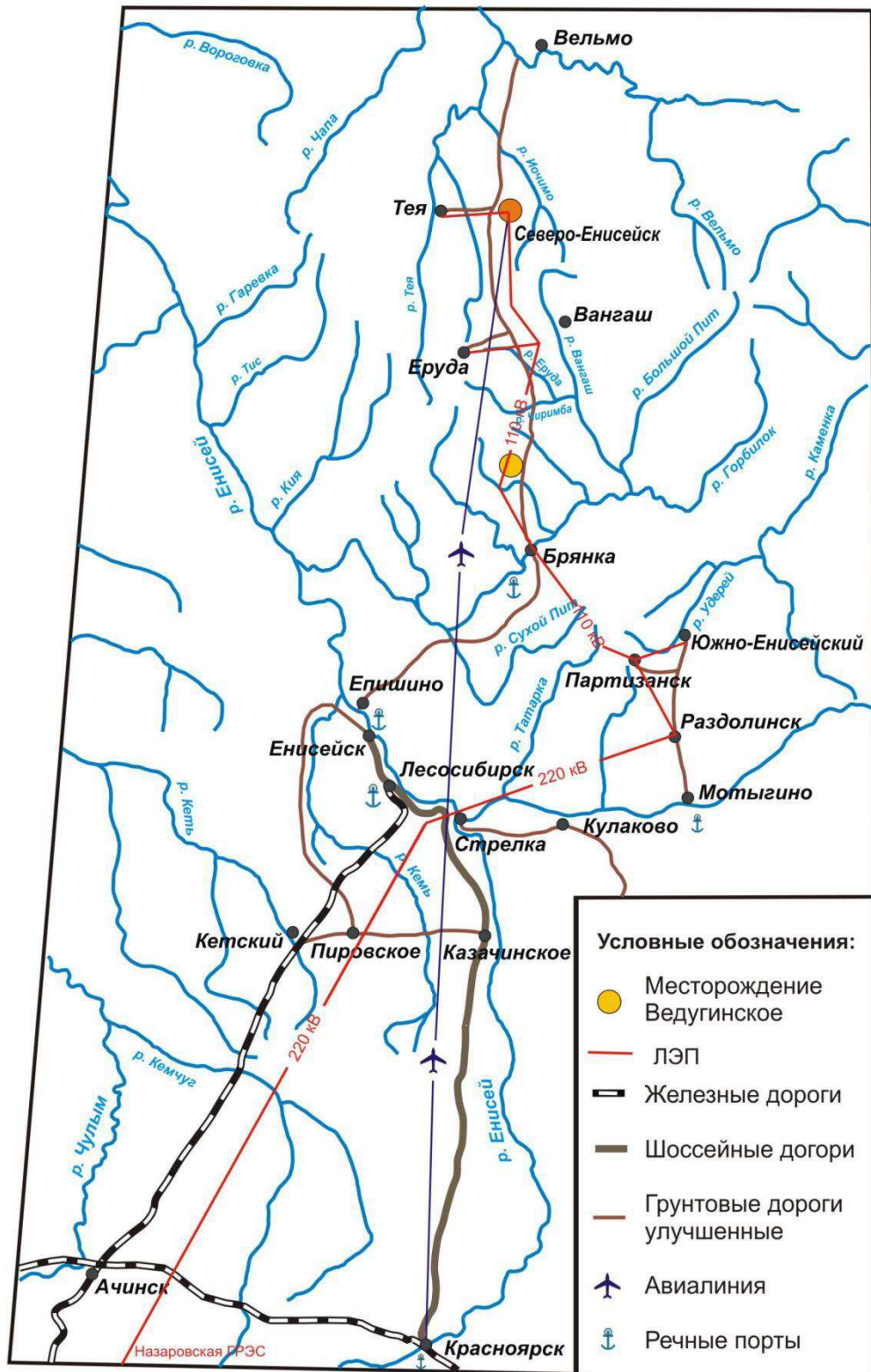


Рисунок 1 – Обзорная карта района

## 2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ, ПОИСКОВАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

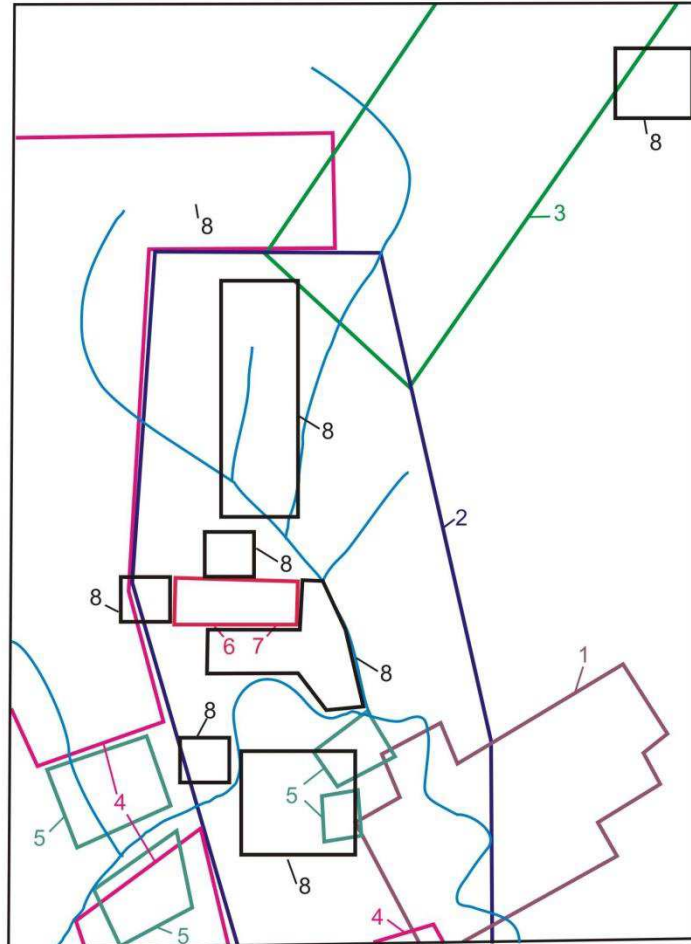
### 2.1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ПОИСКОВАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ.

Начало геологических исследований района относится к дореволюционному периоду, когда по ручью Камеро, находящемуся в 15 км к югу от Ведугинского месторождения, была открыта россыпь золота. В конце 30-40-х годов в бассейне р. Ведуга проводились поиски россыпных месторождений, не давшие положительных результатов.

В 50-60-х годах началось планомерное изучение территории Енисейского кряжа, в рамках которого на Ведугинской площади (Ошибка! Источник ссылки не найден.) были проведены геологосъемочные работы масштаба 1:100000 /Иванов, 1961ф; Лейбович, 1955ф/, по результатам которых была составлена и в 1965 г. издана Геологическая карта СССР листа О-46-IV масштаба 1:200000 /Геологическая карта..., 1965/.

В период 1971-79 гг. производились геологосъемочные работы масштаба 1:50000 с общими поисками /Хисамутдинов, 1979ф; Саваньяк, 1976ф/. Работы сопровождалось шлиховым опробованием и геохимическими поисками по вторичным ореолам рассеяния. При проверке аномалий сурьмы и мышьяка в рыхлых отложениях было выявлено Ведугинское проявления золота. В период с 1994 по 1999 гг. проводилось геологическое доизучение масштаба 1:200000 по созданию Госгеолкарты-200 РФ нового поколения /Стороженко, 2003ф/. В ходе работ создан комплект карт многоцелевого назначения, уточнено строение, возрастное положение стратиграфических подразделений и интрузивных комплексов.

В 80-90-х годах на Ведугинской площади проводились поиски рудного золота масштаба 1:25000 /Крысин, 1984ф/ и поисковые работы масштаба 1:10000 /Крысин, 1988ф; 1996ф/. В комплекс работ входили колонковое бурение проходка канав, шурфов, подземных горных выработок, геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния и наземные геофизические исследования. В ходе этих работ был выявлен ряд проявлений золота и проведены поисково-оценочные работы на Ведугинском проявление. Прогнозные ресурсами категории Р<sub>1</sub> Ведугинского проявления были оценены в количестве 66,1 т.



Поисковые работы на медь масштаба 1:10000

1 — Гаврилова, 1955ф

Поисковые работы на золото масштаба 1:10000

2 — Крысин, 1984ф

3 — Крысин, 1988ф

4 — Крысин, 1996ф

5 — Клименко, 1990ф

Поисково-оценочные работы на золото

6 — Крысин, 1996ф

7 — Головачев, 2002ф

8 — Кукушкин, 2010ф

Примечание: На всей площади листа выполнены геологосъемочные работы масштаба 1: 100000 /Иванов, 1961ф; Лейбович, 1955ф/; геологосъемочные работы масштаба 1:50000 с общими поисками /Хисамутдинов, 1979ф/; геологическое доизучение масштаба 1:200000 /Стороженко, 2003ф/.

Рисунок 2– Схема геологической и поисковой изученности

## 2.2 ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ.

С 1985 по 2001 г. на Ведугинской площади были проведены региональные геохимические работы масштаба 1:500 000 /Ладынин, 1987ф; 2001ф/.

С 1998 по 2002 г. проводились геологоразведочные работы в центральной части Ведугинского месторождения с целью подсчета запасов золотосодержащих руд до глубины 200-250 м /Головачев, 2002ф/. В результате работ было уточнено геологическое строение центральной части месторождения, параметры, морфология и внутреннее строение рудных тел 1 и 1а, характер распределения в них полезного компонента и вещественный состав руд. Подсчитаны и поставлены на Госбаланс запасы окисленных руд категории С<sub>2</sub> в количестве 2010 кг при среднем содержании 4,4 г/т (Протокол ТКЗ № 538 от 31.01.2002 г) и оценены прогнозных ресурсов категории Р<sub>1</sub> в количестве 36 т.

С 2002 по 2010 гг. на площади Ведугинского золоторудного узла ООО ГРК «Амикан» в соответствии с лицензией КРР № 11309 БП проводил поисковые и оценочные работы с целью поиска и оценки месторождений рудного золота. В результате этих работ в пределах рудного поля Ведугинского месторождения было выявлено и предварительно оценено несколько перспективных проявлений золота: Западное, ЛЭП, Интересное, Стрелка /Кукушкин, 2010ф/.

С 2002 по 2004 г на Ведугинском месторождении проводились оценочные работы с целью подсчета запасов золотосодержащих руд категории С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> рудного тела 1 и оценки прогнозных ресурсов категории Р<sub>1</sub> остальных рудных тел месторождения. В результате выполненных работ было уточнено геологическое строение месторождения, параметры, морфология и внутреннее строение рудных тел, характер распределения в них полезного компонента и вещественный состав руд. Подсчитаны запасы первичных и окисленных золотосодержащих руд рудных тел 1 и 1а, окисленных руд рудных тел 3, 4, 5, 9, 10 в количестве 39524 кг и оценены прогнозных ресурсы категории Р<sub>1</sub> месторождения в количестве 29178 кг. На основе полученных материалов было разработано ТЭО постоянных разведочных кондиций. Материалы подсчета запасов и ТЭО в 2004 г были представлены на государственную экспертизу в ГКЗ РФ. Протоколом № 947 от 29 сентября 2004 г заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых были утверждены запасы Ведугинского месторождения в цифрах авторского варианта подсчета. По особенностям геологического строения и характеру распределения оруденения Ведугинское золоторудное месторождение было отнесено к 3 группе классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. В связи с недостаточной степенью изученности геологических, горнотехнических, технологических и гидрогеологических особенностей, месторождение было отнесено к оцененным, а разработанные кондиции - к временным.



Этим же протоколом были утверждены следующие параметры временных разведочных кондиций для условий открытой и подземной отработки:

- бортовое содержание золота в пробе – 1,0 г/т;
- минимальное промышленное содержание золота в подсчетном блоке для подземной отработки – 3,6 г/т;
- минимальная мощность рудного тела – 3,0 м. При меньшей мощности руководствоваться соответствующим метрограммом (не менее 3,0);
- максимальная мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур подсчета запасов, – 5,0 м;
- подсчет запасов, предназначенных для открытой отработки, производить в контуре проектного карьера до горизонта +250 м;
- к забалансовым относить запасы с содержанием золота в подсчетном блоке ниже минимального промышленного, но выше бортового;

ГКЗ РФ было рекомендовано провести на Ведугинском золоторудном месторождении дополнительные разведочные работы и исследования с целью получения в полном объеме информации, необходимой для составления ТЭО постоянных разведочных кондиций Ведугинского месторождения.

В 2004-2010 гг. на Ведугинском месторождении проводились разведочные работы с целью подсчета запасов золотосодержащих руд, изучения технологических свойств руд, гидрогеологических и инженерно-геологических условий отработки и сбора материала необходимого для составления ТЭО постоянных разведочных кондиций.

В начале 60-х годов в пределах Ведугинской площади проведена аэромагнитная съемка масштаба 1:25000 с аппаратурой АММ-13 /Витязь, 1964ф/. В 1966-74 гг. в связи с массовыми поисками урана была проведена аэрогаммаспектрометрическая съемка масштаба 1:25000 /Петров, 1973ф/. В это же время была осуществлена гравиметрическая съемка масштаба 1:200 000 /Жураковский, 1973ф/.

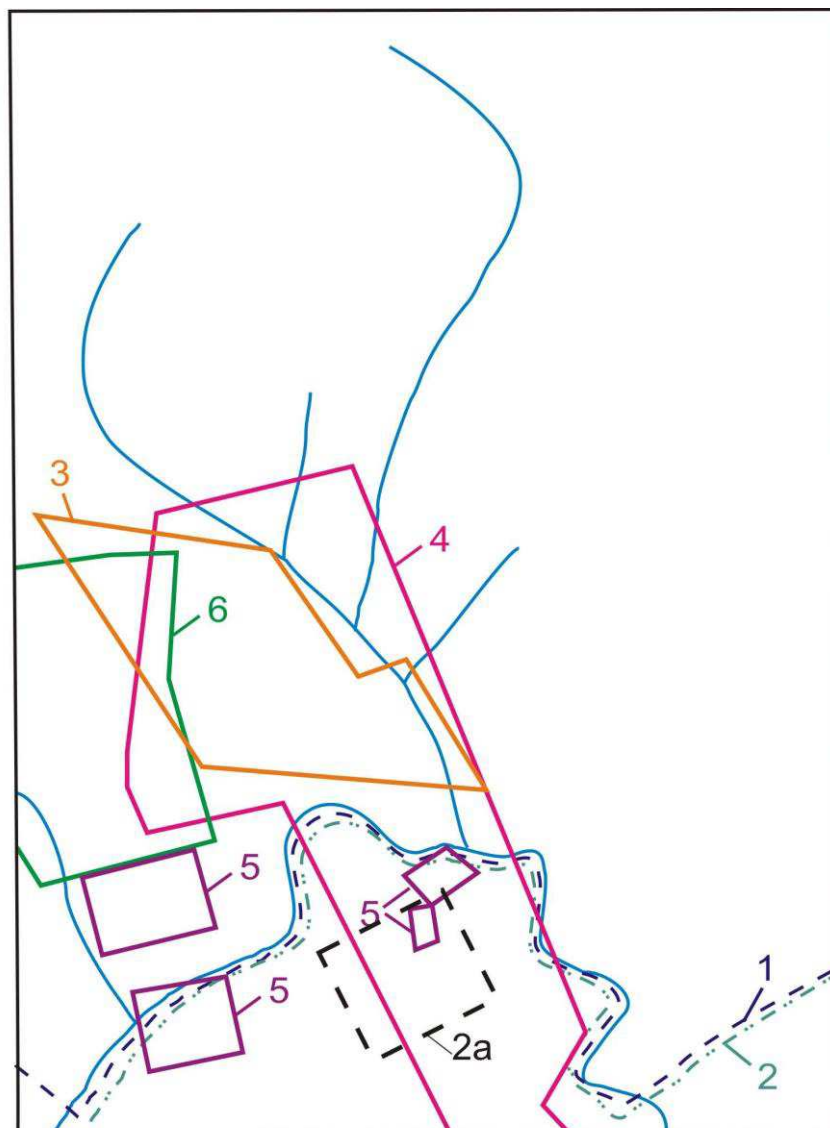
С начала 80-х годов начато изучение золоторудных районов Енисейского кряжа комплексной аэрогеофизической съемкой масштаба 1:25000 с аппаратурой СКАТ-77, СДВР-АФ (Рисунок 3) /Клименко, 1990ф; 1992ф; Мукомелло, 1985ф/. В рамках этих работ на отдельных участках, с целью заверки аэроаномалий, проводились наземные комплексные геофизические работы масштаба 1:5000 включающий в себя магниторазведку, гамма-спектрометрию и электроразведку методами СДВР, ЕП, ВП-СЭП и ЗМПП. В пределах рудного поля Ведугинского месторождения комплексные наземные геофизические исследования проводились в ходе поисковых и поисково-оценочных работ и включали в себя магниторазведку, гамма-спектрометрическую съемку и электроразведку методами ВП-СЭП, ЗМПП и методом заряженного тела (МЗТ) /Крысин, 1988ф; 1996ф/. В скважинах поисковой и оценочной стадии проведен комплекс ГИС, включающий: гамма-каротаж (ГК), каротаж кажущего сопротивления (КС), метод электродных потенциалов (МЭП), магнитный каротаж (МК), рентгено-радиометрический

каротаж (РРК), кавернометрию (КМ) и инклинометрию (ИК).

С 2002 г наземные геофизические исследования в пределах Ведугинского золоторудного узла проводились силами ООО ГРК «Амикан» в ходе поисковых и оценочных работ /Кукушкин, 2010ф/. В комплекс поисковых работ входили наземная магниторазведка, электроразведка методами СДВР, МИП, ЧЭЗ-СГ, ВП, ЕП.

В 2006 г. на Ведугинской площади была выполнена аэрогеофизическая съемка масштаба 1:10 000, а в пределах Ведугинского месторождения - масштаба 1:5000. Аэрогеофизическая съемка выполнялась компанией "Спектрэм Эйр Лимитед". В состав комплекса работ вошли магнитная съемка и электромагнитное зондирование. Съемка выполнялась с помощью аэрогеофизической аппаратуры ExplorHEM (произведенной корпорацией SpectremAir, ЮАР) /Съемка Ведугинской и Богунаевской площадей, 2006ф/. В 2008 г. компанией «Сибгеотех» проведена магнитная и аэрогаммаспектрометрическая съемка масштаба 1:10 000 в южной части Ведугинского рудного поля /Дидичен, 2009ф/.

Из тематических исследований, проведенных на площади Ведугинского рудного узла, следует отметить работы по оценке перспектив Енисейского кряжа на гидротермально-метасоматическое золотое оруденение Олимпиадинского типа /Попереков, 1988ф/ и составлению прогнозной карты Ведугинского золоторудного узла /Хохлов, 1992ф/.



Комплексная аэрогеофизическая съемка масштаба 1:25000-1:10000 с аппаратурой СКАТ-77 и СДВР-АФ

1 — Клименко, 1990ф

2 — Клименко, 1992ф

2a — Дидичен, 2008ф

Наземные комплексные геофизические исследования

масштаба 1:5000-1:10000

3 — Козлов, 1978ф

4 — Крысин, 1984ф

5 — Клименко, 1990ф

6 — Крысин, 1996ф

Примечание: Вся площадь листа покрыта гравиметрической съемкой масштаба 1: 200000 /Жураковский, 1973ф/; аэромагнитной съемкой масштаба 1:25000 с АММ-13 /Витязь, 1964ф/; комплексной аэрогеофизической съемкой масштаба 1:25000 с аппаратурой СКАТ-77 и СДВР /Мукомелло, 1985ф/; аэрогаммаспектрометрической съемкой масштаба 1:25000 с АСГМ-48 /Петров, 1973ф/, аэроэлектромагнитная съемка масштаба 1:10000 с аппаратурой ExplorNEM /Клинкерт, 2006ф/

Рисунок 3– Схема геофизической изученности

### 3 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА ВЕДУГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Территория сложена терригенными, карбонатно-терригенными отложениями сухопитской, тунгусикской и киргитской серий позднего протерозоя. Магматические породы объединены в два интрузивных комплекса и на площади пользуются ограниченным распространением. Расчленение стратифицированных и интрузивных образований произведено в соответствии с легендой Енисейской серии листов для Госгеолкарты-200 РФ (Качевский, 1998ф).

#### 3.1 СТРАТИГРАФИЯ

##### 3.1.1 Рифейская акротема (RF)

Рифейская акротема включает в себя отложения среднерифейских и верхнерифейских эратем.

###### 3.1.1.1 Среднерифейская эратема (RF<sub>2</sub>)

Среднерифейская эратема представлена отложениями сухопитской серии.

##### *СУХОПИТСКАЯ СЕРИЯ*

Серия представляет собой комплекс согласно залегающих осадочных отложений с отчетливой трансгрессивно-регрессивной направленностью процесса осадконакопления. Сложена алеврито-глинистыми и глинистыми породами горбилкокской и удерейской свиты, а также глинисто-алеврито-псаммитовыми флишоидными осадками погоруйской свиты, глинисто-карбонатными и карбонатными отложениями свиты карточки.

**Горбилкокская свита (RF<sub>2gr</sub>).** Отложения свиты развиты в пределах рудного поля Ведугинского месторождения, бассейнах ручья Березового и Золотого и представлены монотонными алевритистыми серицит-хлоритовыми сланцами (алевритистыми метапелитами) зеленовато-серого цвета. Мощность свиты составляет 600 м.

**Удерейская свита (RF<sub>2ud</sub>).** Отложения свиты развиты в пределах рудного поля Ведугинского месторождения, в среднем и нижнем течении реки Малой Ведуги, в бассейнах ручья Придорожного и Дорогого. По литологическому составу расчленена на три подсвиты, их мощность колеблется в пределах 400-600 м:

-*нижнеудерейская подсвита (RF<sub>2ud1</sub>)* – состоит из двух пачек. Нижняя (100-150 м) сложена темно-серыми, черными углеродисто-серицитовыми кварцевыми сланцами с многочисленными тонкими слоями кварцевых алевритов (метаритмиты). В верхней части разреза залегает пачка монотонных темно-серых, черных углеродисто-серицитовых сланцев с

единичными алевритовыми слойками (250-300 м).

-*среднеудерейская подсвита*(RF<sub>2ud2</sub>) – сложена зелеными, зелено-серыми, серыми, темно-серыми, светло-коричневыми серицит-хлоритовыми, иногда карбонатсодержащими сланцами. Отмечаются единичные прослои сланцев, обогащенных магнетитами мраморизованных известняков.

-*верхнеудерейская подсвита*(RF<sub>2ud3</sub>) – сложена темно-серыми, черными серицитовыми углеродистыми сланцами. В верхней части разреза подсвиты выделяется пачка (60-100 м) метапелитов с тонкими (1-5 мм) линзовидными алевритовыми прослоями.

**Погорюйская свита**(RF<sub>2pg</sub>). Отложения свиты широко развиты в бассейнах рек Ведуги и Мал. Ведуги. Они представлены хлорит-серицитовыми сланцами, ритмично переслаивающимися с метаалевролитами и метапесчаниками. Обломочные и глинистые разности образуют двучленные трансгрессивные градационно-слоистые ритмы псаммито-пелитового и алевропелитового состава. Мощность свиты 1200 м.

**Свита Карточки**(RF<sub>2kr</sub>). Породы свиты развиты в бассейнах рек Ведуги и Малой Ведуги. По литологическому составу свита делится на две пачки. Нижняя пачка сложена зелено-серыми, голубовато-серыми, вишневыми, серыми серицитовыми, хлорит-серицитовыми, хлорит-гидрослюдистыми, иногда карбонатсодержащими сланцами с магнетитом. Мощность пачки составляет 300-400 м. Верхняя пачка сложена метамергелями, кристаллическими известняками и известковистыми хлорит-серицитовыми сланцами. Породы преимущественно имеют пеструю полосчатую окраску за счет тонкого чередования (2-10 мм) зеленых, лиловых, красноватых, оранжевых, голубовато-серых и серых прослоев. Мощность свиты превышает 700 м.

### 3.1.1.2 Верхнерифейская эратема(RF<sub>3</sub>)

Верхнерифейская эратема представлена отложениями тунгусикской и киргитской серий.

#### ТУНГУСИКСКАЯ СЕРИЯ

В её составе выделяются свиты потоскуйская, шунтарская и Серого ключа. Породы серии смяты в линейные и мелкие брахиформные складки. Отложения серии метаморфизованы в хлоритовой и цеолитовой субфациях зеленосланцевой фации. На сухопитской серии тунгусикская залегает с перерывом и угловым несогласием и выделяется в метаморфизованную карбонатно-песчано-глинистую с элементами флишоидной формацию.

**Потоскуйская свита**(RF<sub>3pt</sub>). Отложения свиты развиты в бассейнах реки Ведуги и Малой Ведуги и представлены сланцами кварц-серицит-хлоритоидными (60%), метаалевролитами и метапесчаниками (25%) и кристаллическими известняками (15%). В низах разреза залегают сланцы кварц-серицитовые часто с хлоритоидом красновато-бурые, зеленоватые, темно-серые, черные, иногда пятнисто-окрашенные. В средней части

преобладают серые кристаллические известняки с прослоями хлоритоидных сланцев. Венчает разрез пачка темно-серых кварц-серицитовых хлоритоидных сланцев с многочисленными прослоями метаалевролитов, линзами и прослоями кварцевых метапесчаников. Мощность свиты составляет 1000 м.

**Шунтарская свита**(RF<sub>3</sub>ш). Отложения свиты откартированы в бассейнах рек Ведуги, Малой Ведуги и ручья Тихого. Свита представлена мощной толщей черных и темно-серых углеродистых гидрослюдистых, глинистых, серицитовых сланцев с хлоритоидом. В кровле залегают зеленые, зеленовато-серые реже светло-зеленые и горчично-зеленые гидрослюдистые и хлорит-серицитовые хлоритоидные сланцы. Мощность отложений свиты составляет 1000 м.

**Свита Серого ключа**(RF<sub>3</sub>sk). Отложения свиты пользуются незначительным распространением в верхнем течении ручья Тихого и Дорогого, сохранившись от размыва в ядрах синклинальных складок. Свита сложена метаизвестняками и известковистыми сланцами с немногочисленными прослоями (2-6 м) зеленых и серых метадоломитов и мелкозернистых метапесчаников с карбонатным цементом. Неполная мощность свиты составляет 100 м.

#### КИРГИТЕЙСКАЯ СЕРИЯ

В её составе развиты отложения удоронгской свиты, метаморфизованные в условиях зеленосланцевой и цеолитовой фаций и смятые в узкие линейные, килевидные складки. Серия залегает на тунгусикской несогласно, имеет трансгрессивную направленность и выделяется в метаморфизованную терригенно-карбонатную флишоидную формацию.

**Удоронгская свита** (RF<sub>3</sub>ur). Отложения свиты залегают на известняках свиты Серого ключа или на зеленых сланцах шунтарской свиты в бассейне ручья Веселого и на хребте Вэйвандэ. Сложена темно-серыми глинисто-серицитовыми сланцами, ритмично переслаивающимися со светло-серыми метаалевролитами или метапесчаниками и представляющими двучленный алевропелитовый или псаммито-пелитовый ритм. Мощность отложений свиты превышает 250 м.

### 3.1.2 Кайназойская эратема

#### 3.1.2.1 Четвертичная система (Q)

Четвертичные образования различной мощности практически полностью перекрывают поверхность территории. Выделяются аллювиальные отложения поймы, надпойменных террас, пролювиально-делювиальные, элювиально-делювиальные, биогенные и склоновые отложения.

Элювиально-делювиальные отложения, покрывая сплошным чехлом

все водораздельные пространства, склоны водоразделов и долин, представлены буровато-коричневыми, серовато-бурыми суглинками с дресвою, щебнем и глыбами развитых здесь пород. Мощность отложений составляет 0,5-1,5 метра на относительно крутых склонах, до 2-3 метров на пологих склонах и водоразделах. Аллювиальные отложения сложены песчано-гравийным, галечниковым материалом с суглинками и супесями. Мощность аллювия составляет 2-3 метров в долинах мелких ручьев, достигая 8 метров в долине р. Ведуга. Биогенные отложения накапливаются в верховых болотах на водораздельных пространствах и пологих склонах в поле развития терригенно-карбонатных пород. Они представлены торфами и тонкими темно-серыми илами. Мощность образований до 2 м.

### 3.2 МАГМАТИЗМ

#### Позднерифейские интрузивные образования

Магматические образования на Ведугинской площади пользуются ограниченным распространением и представлены позднерифейскими умереннощелочными гранитоидами гурахтинского комплекса и базитами захребетнинского комплекса.

**К захребетнинскому комплексу** ( $\tau\beta RF_3 z$ ). отнесена маломощная (1-2 м) дайка трахидолеритов, протяженностью около 30 м, прорывающая отложения верхнеудерейской подсветы на левобережье ручья Придорожного. Радиологический возраст трахидолеритов составляет 700 млн. лет (Стороженко, 2003ф)

**К гурахтинскому комплексу** ( $\epsilon\gamma RF_3 gr$ ) отнесены гранитоиды Панимбинского массива (на изученной территории находится его южное окончание). Интрузив, площадью около 23 км<sup>2</sup>, имеет в плане форму овала, вытянутого в субмеридиональном направлении и сложен средне-крупнозернистыми биотитовыми и амфибол-биотитовыми умереннощелочными гранитами, прорванными маломощными жилами аплитов.

Вмещающие породы вблизи массива ороговикованы и скарнированы. Интрузив сильно эродирован. Глубина залегания его подошвы, по геофизическим данным, составляет 400-600 м. С интрузиями умереннощелочных гранитов в Заангарской части Енисейского кряжа связано оловянное и вольфрамовое оруденение. Гранитоиды гурахтинского комплекса относятся к образованиям умереннощелочной гранитной формации. Их абсолютный возраст составляет 652-670 млн. лет.

### 3.3 ТЕКТОНИКА

Ведугинская площадь расположена в пределах Панимбинского антиклинория, ограниченного с запада зоной Татарского глубинного разлома.

Панимбинский антиклинорий представляет собой купольную структуру, осложненную серией крупных надвиговых пластин-сегментов.

В пределах Ведугинской площади выделены Верхневедугинская, Маловедугинская и Черкутская аллохтонные пластины, сложенные отложениями сухопитской серии. Породы аллохтонов смяты в овально-вытянутые, линейные иногда изоклиналильные опрокинутые складки, осложненные мелкой складчатостью высших порядков (углы падения крыльев  $10-85^\circ$ , преобладающие  $30-60^\circ$ ). На южном замыкании Маловедугинского аллохтона расположено рудное поле Ведугинского месторождения, ограниченное зоной Маловедугинского надвига.

Автохтон сложен отложениями тунгусикской и киргитейской сериями позднего рифея, смятыми в крупные линейные, килевидные складки субширотного и северо-восточного простирания с углами падения крыльев  $30-60^\circ$ . Выделяются фрагменты двух осложненных синклиналильных структур: Левоведугинская в районе г. Лысой на хребте Вэйвандэ и в верховьях руч. Веселого. Ядерные части синклиналей сложены породами свиты Серого ключа, удоронгской и шунтарской свит. Крылья складок осложнены мелкой изоклиналильной складчатостью; на отдельных участках иногда запрокинуты на восток и на юг под углами  $40-70^\circ$ . По фронту Маловедугинского надвига в породах автохтона (потоскуйская свита) откартирована параллельная плоскости надвига зона смятия, вторичного рассланцевания и меланжирования.

Разрывные нарушения широко развиты в пределах Ведугинской площади. Выделяются зоны нарушений сбросо-сдвигового, взбросо-сдвигового типов и зоны надвигов. Наиболее крупными являются Ведугинский, Черкутский и рудоконтролирующий Маловедугинский надвиги. Все известные в настоящее время золоторудные объекты Ведугинского рудного узла, а также многочисленные геохимические аномалии золота и элементов-спутников размещены, главным образом, в породах аллохтона, вблизи плоскости Маловедугинского надвига.

Строение Маловедугинской надвиговой зоны сложное. Зона состоит из серии сближенных тектонических нарушений, ограничивающих небольшие тектонические пластины, создавая сложный, чешуйчатый рисунок пакета пластин. На фронте надвига в разной степени проявлены меланжирование, вторичное рассланцевание с образованием зон вторичной складчатости, графитизации, кварцевого прожилкования, серицитизации и формирования зон повышенного приразломного динамотермального метаморфизма. Изменениям в большей степени подвержены породы автохтона. Породы аллохтона повсеместно смяты в напряженные, изоклиналильные нередко опрокинутые складки, сопровождающиеся зонами межпластовых, чешуйчатых срывов, усложняющие пластины. Наклон плоскости надвига меняется по простиранию зоны: на западном и северном флангах месторождения он относительно пологий ( $35-40^\circ$ ), в центральной части - крутой ( $60-80^\circ$ ).



Среди крутопадающих тектонических нарушений преобладают зоны северо-западного простирания, реже развиты системы ортогональных разломов северо-восточного направления. Строение взбросо-сбросовых разрывов однотипно. Плоскость сместителя обычно представляет собой серию сближенных зон скольжения и пород, перетертых в тектоническую глинку. Зонки трения линзуются, реже ветвятся. В центре некоторых зон устанавливаются брекчии, милониты с прожилками и линзами кварца. Амплитуды вертикальных перемещений по зонам тектонических нарушений не превышает первых сотен метров.

### 3.4 ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Полезные ископаемые района представлены месторождениями и проявлениями рудного золота. Известны так же 2 пункта минерализации меди и месторождение пресных вод. В районе широко распространены четвертичные отложения, пригодные для использования в качестве строительных материалов.

#### 3.4.1 Цветные металлы

**Медь.** Первый пункт минерализации расположен на левобережье р. Ведуги и представлен кварц-сидеритовой жилой мощностью до 1,5 м и протяженностью 10-15 м с гнездами пирит-халькопиритового состава и содержанием меди 0,1-4%. Второй расположен на правом берегу реки Ведуги и представлен примазками малахита в метамергелях свиты Карточки.

#### 3.4.2. Благородные металлы

**Золото.** Ведугинская площадь расположена в южной части Северо-Енисейского золотоносного района в пределах Татарской золоторудной зоны, к которой приурочены Ведугинский (Ведугинское месторождение и ряд пунктов минерализации), Панимбинский (проявление ручья Дорогого), Елено-Таврикульский, Ерудинский и Верхне-Енашиминский рудные узлы с Олимпиадинским месторождением.

Проявление Западное расположено на западном окончании Маловедугинского аллохтона. В аллохтоне, над плоскостью надвига среди отложений горбилкокской свиты выделена крутопадающая (70-80°) на северо-восток минерализованная зона мощностью 10-40 м вытянутая в северо-западном направлении вдоль зоны надвига на 820 м. В пределах минерализованной зоны отложения горбилкокской свиты интенсивно брекчированы, серицитизированы, окварцованы, сульфидизированы, пронизаны маломощными кварцевыми прожилками. Метасоматиты развиваются по всем типам пород, полнопроявленные серицитолиты залегают, преимущественно вблизи контактов с метапесчаниками. Последние в зонах метасоматоза интенсивно прокварцованы и превращены во

вторичные кварциты.

Содержание сульфидов в минерализованной зоне составляет 1-5%. Наиболее обычные: пирит и арсенопирит. В незначительных количествах присутствуют: антимонит, пирротин, сфалерит, халькопирит, джемсонит.

Проявление Интересное расположено в южной части рудного поля в 500 м от рудного тела 11 Ведугинского месторождения. Золотое оруденение локализовано в зоне окварцевания и серицитизации по отложения погорюйской свиты в автохтоне вблизи плоскости Маловедугинского надвига. Рудные тела представлены окварцованными метапесчаниками и метаалевролитами с убогой вкрапленностью (до 2%) арсенопирита, пирита, пирротина и антимонита

Протяженность минерализованной зоны по простиранию составляет около 650 м по падению – 200 м. Содержание золота в частных пробах изменяется от 0,5 до 3,5 г/т. В пределах минерализованной зоны по данным опробования выделено два рудных тела протяженностью 600 и 120 м, средней мощностью 2,0 и 2,2 м и средним содержанием золота 1,7 и 1,9 г/т соответственно. Ресурсы золота проявления по категории  $P_1$  до глубины 160 м оцениваются в 800 кг /Кукушкин, 2010ф/.

Проявление ЛЭП расположено в 1,5 км севернее основных рудных тел месторождения и локализовано в серицитизированных и окварцованных породах погорюйской свиты в автохтоне под плоскостью пологопадающего Маловедугинского надвига. Среди метасоматитов выделено 4 слепых пластообразных рудных тела, залегающих на глубине 15-100 м.

Протяженность рудных тел по простиранию до 200 м, мощность изменяется от 3,0 до 13,6 м, содержания золота в среднем составляет 2,8 г/т при вариациях от 0,1 до 11,1 г/т. Ресурсы золота категории  $P_1$  оцениваются в 2021 кг, категории  $P_2$  в 1000 кг /Кукушкин, 2010ф/.

Проявление Стрелка расположено в аллохтонной пластине на юго-восточном фланге главной минерализованной зоны Ведугинского месторождения. Минерализованная зона прослежены по простиранию в юго-восточном направлении за пределами горного отвода на 1500 м до устья р. Мал. Ведуга и трассируется интенсивной линейной аномалией ВП. В пределах зоны кулисообразно расположены крутопадающие линзовидно-пластовые тела полнопроявленных серицитовых метасоматитов мощностью до 20 м. Содержание золота в рудных сечениях составляет 1,2-13,2 г/т на мощность 1-10 м. Максимальные содержания золота в метасоматитах достигают 20,8 г/т. Ресурсы проявления категории  $P_2$  оцениваются в 10 т при среднем содержании 5,67 г/т /Кукушкин, 2010ф/.

Пункт минерализации Стрелка-3 расположен на восточном фланге зоны Интересной в автохтоне вблизи зоны Маловедугинского надвига. Среди метаритмитов погорюйской свиты выделена зона серицитизации и окварцевания мощностью до 12 м с убогой сульфидной минерализацией. Максимальное содержание золота в метасоматитах составило 1,56 г/т на мощность 1 м /Кукушкин, 2010ф/.

Пункт минерализации Штольневой расположен на восточном фланге

Ведугинского месторождения. Среди метаритмов погорюйской свиты залегает крутопадающее тела полнопроявленных серицитовых метасоматитов мощностью 1-10 м. Серицитолиты прослежено по простиранию на 100 м и по падению на 120 м. Содержание сульфидов в них составляет 2-3% (пирит, пирротин, арсенопирит, антимонит), золота – 0,1-0,41 г/т /Кукушкин, 2010ф/.

Прочие пункты минерализации Ведугинского золоторудного узла. Пункт минерализации Маловедугинский представлен крутопадающей (80°) кварцевой жилой мощностью 1,5 м, залегающей среди метаритмов погорюйской свиты. В жиле установлена убогая вкрапленность арсенопирита, антимонита и пирита. Содержание золота в жиле составляет 0,6-1,0 г/т. В окварцованных, лимонитизированных и пиритизированных метаритмах экзоконтакта установлены повышенные содержания As (до 1%), Sb (до 0,3%), Pb (до 0,3%), Zn (до 0,2%) и Mo (до 0,01%) /Крысин, 1984ф, Кукушкин, 2010ф/. Пункт минерализации Маловедугинский-2 представлен свалом кварца с вкрапленностью арсенопирита и содержанием золота в 7 г/т /Хисамутдинов, 1979ф/.

Проявление представляет собой кварцево-жильная зона среди отложений погорюйской свиты приуроченную к тектоническому нарушению северо-западного простирания. Кварцево-жильная зона мощностью 10-20 м прослежена по простиранию горными выработками на 500 м. В пределах зоны установлено 3 сближенные кварцевые жилы мощностью 1,5-4,0 м и протяженностью до 150-200 м. В зальбандах жил сланцы окварцованы и лимонитизированы. Содержания золота в кварцевой жиле составляет 0,4-3,1 г/т в околожильных метасоматитах – 0,1-0,6 г/т при повышенных концентрациях As (до 0,2%), Cu (до 0,04%) и Sb (до 0,004%) /Крысин, 1988ф, Кукушкин, 2010/. Содержание сульфитов (пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит) в кварцевых жилах составляет 1-2% местами достигая 8%. Золото самородное мелкое, размер золотин составляет 0,07-0,15 мм. Ресурсы проявления категории P<sub>2</sub> до глубины 100 м оцениваются в 2 т при среднем содержании золота 2 г/т /Кукушкин, 2010ф/.

### **3.4.3 Пресные подземные воды**

Маловедугинское месторождение пресных подземных вод расположено в нижнем течении р. Мал. Ведуга. Продуктивный горизонт приурочен к интенсивно трещиноватым метаморфическим породам удерейской свиты в долине реки Малая Ведуга. На его юго-восточном фланге расположены скважины действующего водозабора, центральная и северо-западная части изучены при оценке возможности получения перспективной потребности.

## 4 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕДУГИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Ведугинское месторождение расположено на водоразделе рек Ведуги и Мал. Ведуги в 2-х км северо-западнее их слияния в южной части Маловедугинского аллохтона. Рудная зона месторождения имеет форму ленты шириной 100-300 м, протяженностью 2700 м и состоит из трех разобщенных сегментов: западного, имеющего форму дуги, обращенной выпуклостью к югу, центрального – субширотного и юго-восточного.

В геологическом строении месторождения принимают участие терригенные отложения горбилокской, удерейской, погорюйской, потоскуйской свит и свиты карточки, метаморфизованные в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Стратифицированные образования смяты в сильно сжатые до изоклинальных линейных складок с близвертикальным падением осевых поверхностей, местами отклоняющихся к югу реже северу и крутым (70-90°) падением крыльев. Крылья складок осложнены мелкой часто изоклинальной складчатостью высших порядков. Простириание складок на юго-восточном фланге рудного поля северо-западное, в центре - субширотное, на западном фланге запад-северо-западное. В общем случае простириание складок соответствует простирианию плоскости надвига и, вероятно, некоторые складки образовались в процессе надвигообразования. Пострудные разломы северо-восточного направления разбивают минерализованную зону на три различно эродированных блока. Уровень эрозионного среза рудных тел снижается в восточном направлении.

### 4.1 ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВМЕЩАЮЩЕЙ ТОЛЩИ

Стратиграфический разрез представлен средне-верхнерифейскими отложениями

**Горбилокская свита (RF<sub>2gr</sub>).** Отложения свиты широко распространены в западной и северной частях месторождения, где слагают ядра сближенных антиклинальных складок, в центральной части ими сложен отдельный тектонический блок на границе участков Центральный и Восточный.

Разрез свиты однообразен - от подошвы до кровли она сложена зелено-серыми тонкослоистыми сланцами серицит-хлорит-кварцевого состава алевропелитовой размерности. В кровле залегают отдельные маломощные прослои метаалевролитов и кварцевых метапесчаников (10-20 м). Неполная мощность свиты составляет 600 м. Среди отложений горбилокской свиты залегают рудные тела 9, 10 и 13.

**Удерейская свита (RF<sub>2ud</sub>).** Отложения свиты широко развиты в центральной и восточной частях рудного поля месторождения. По

литологическому составу разделена на три подсвиты: нижнюю – сероцветную пелито-алевролитовую, среднюю – зеленоцветную пелитовую и верхнюю – темноцветную пелито-алевролитовую.

В составе *нижнеудерейской подсвиты* (RF<sub>2ud1</sub>) выделяются две пачки: нижняя (100-150 м) ритмитоидная и верхняя монотонная метапелитовая (150-200 м). Отложения подсвиты широко развиты в пределах участков Западный и Промежуточный, а также в северной, западной и восточной частях участка Центральный, где слагают крылья и ядра синклинальных складок и картируются в виде лент шириной 100-300 м в обрамлении отложений горбилкокской свиты. Мощность нижнеудерейской подсвиты составляет 300-350 м.

Отложения нижней пачки откартированы в виде субпараллельных полос субширотного и северо-западного направления шириной 100-150 м в пределах участков Западный, Промежуточный и, частично, Центральный и представлены темно-серыми, черными углеродистыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами с многочисленными светло-серыми прослоями (0,1-8 мм) кварцевых метаалевритов (метаритмитами). Количество и мощность алевритовых прослоек в низах пачки составляет 30-40% объема при мощности до 8 мм. Вверх по разрезу мощность алевритовых прослоек постепенно уменьшается до 0,2-1 мм, а их количество снижается до 10-20%. В кровле пачки залегают темно-серые метапелиты с единичными (1-2%) алевритовыми слоями.

Углеродисто-хлорит-серицитовые сланцы тонко-, параллельно- и волнистосланцеватые породы темно-серого, черного цвета с лепидобластовой структурой, сложенные субпараллельно ориентированными чешуйками серицита (65-75%) и хлорита (10-15%) размером 0,005-0,03 мм, насыщенных по плоскостям спайности пылеватым углеродистым веществом (2-3%).

В метаритмитах алевритовые слои сложены тонкозернистым (0,01-0,06 мм) кварцем (80-90%) с примесью хлорита и серицита.

Отложениями верхней пачки сложены ядра синклинальных складок на участках Западный, Промежуточный и Центральный. Представлены монотонными черными, темно-серыми углеродисто-хлорит-серицитовыми сланцами. Сланцы тонкочешуйчатые (0,005-0,03 мм) серицитовые (65-75%) с примесью хлорита (10-15%), тонкодисперсного углеродистого вещества (1-3%), рассеянных зерен аутигенного кварца (15-17%), циркона, апатита, ильменита и турмалина. Мощность нижнеудерейской подсвиты составляет 400 м. Отложения подсвиты вмещают рудное тело 1, 1а, 9-11.

Отложения *среднеудерейской подсвиты* (RF<sub>2ud2</sub>) распространены в северо-восточной и южной частях рудного поля, где слагают ядра и крылья синклинальных складок. Мощность среднеудерейской подсвиты в пределах рудного поля составляет 300-350 м.

Подсвита сложена тонколистоватыми и полосчатыми зелеными, зеленовато-серыми хлорит-серицит-кварцевыми, реже желтовато-серыми карбонатсодержащими сланцами (метапелитами).

В карбонатсодержащих разностях мелкокристаллический (0,05-

0,07 мм) анкерит и сидерит равномерно рассеяны в массе, реже образуют тонкие (1-2 мм) полоски. При выветривании пород в первом случае образуются обохренные поры, а во втором – буроватые полоски. Иногда в сланцах отмечаются немногочисленные (до 1%) порфиробласты анкерита размером до 1-1,5 мм. Мощность среднеудерейской подсвиты составляет 600 м.

Отложения *верхнеудерейской подсвиты*(RF<sub>2ud3</sub>) широко распространены в восточной части рудного поля, где слагают ядра антиклинальных складок. В разрезе подсвиты преобладают темно-серые, черные углеродистые сланцы хлорит-серицитового состава. Сланцы состоят из тонкочешуйчатого (0,0005-0,005 мм) агрегата серицита (60-80%), хлорита (5-10%), кварца (10-20%) и углеродистого вещества (2-3%). Мощность верхнеудерейской подсвиты составляет 600 м. Среди отложения подсвиты залегают рудные тела 2, 3, и 5.

**Погорюйская свита**(RF<sub>2pg</sub>). Отложения погорюйской свиты широко распространены на участках Юго-Восточный и Восточный, где слагают ядро сжатых линейных синклиналиных складок. Они представлены хлорит-серицитовыми сланцами (метапелитами), ритмично переслаивающимися с метаалевролитами и метапесчаниками. Обломочные и глинистые разности образуют двучленные трансгрессивные, градационно-слоистые ритмы псаммито-пелитового и алевропелитового состава. Выделяются ритмы тонкослоистые (0,1-0,2 см), рядовые (0,5-1,0 см), широкослоистые (2-5 см) и грубослоистые (10-20 см). Слоистость параллельная, иногда линзовидная, с раздувами и перемычками. В толще метаритмитовпогорюйской свиты выделяются внеритмовые прослои (до 10 м) мелко - среднезернистых метапесчаников. Количество и мощность прослоев метапесчаников возрастает вверх по разрезу. Мощность погорюйской свиты составляет 1200 м.

Сланцы хлорит-серицитовые тонко слоистые темно-серые, темно-зеленовато-серые. Слоистость породы обусловлена чередованием тонких (1-1,5 см) и нитевидных (до 1 мм) слойков, группирующихся в серии. В нижней части слойков преобладает алевритовый материал, в верхней – глинистый с постепенным переходом.

Сланцы серицит-кварцевые углеродистые ритмичнослоистые имеют серую, светло-зеленовато-серую до темно-серой окраску. Структура пород бластоалевритовая, бластоалевропелитовая.

Метаалевролиты - породы серого, темно-серого цвета иногда зеленовато-серого цвета с бластоалевритовой структурой и реликтовой слоистой текстурой.

Метапесчаники кварцевые, реже полевошпат-кварцевые - грубослоистые, косолинзовиднослоистые мелко-среднезернистые породы серого, зеленовато-серого цвета с бластопсаммитовой, гранобластовой структурой. Обломочный материал хорошо сортирован, среднеокатан. Отложения свиты вмещают рудные тела 7-8.

**Свита карточки**(RF<sub>2kr</sub>). Отложения свиты пользуются ограниченным

распространением и откартированы в виде узкой полосы (50-200 м) в южной части рудного поля месторождения в тектонических пластинах, зажатых между двумя ветвями Маловедугинского надвига. В пределах пластины отложения опрокинуты и круто (70-80°) падают на север под отложения погорюйской свиты. Свита сложена зелено-серыми, голубовато-серыми, вишневыми, серыми серицитовыми, хлорит-серицитовыми, хлорит-гидросланцевыми, иногда карбонатсодержащими сланцами, метамергелями, кристаллическими известняками и известковистыми хлорит-серицитовыми сланцами. Породы преимущественно имеют пеструю полосчатую окраску за счет тонкого чередования (2-10 мм) зеленых, лиловых, красноватых, оранжевых, голубовато-серых и серых прослоев. Встречаются слои (1-2 м) и пачки (до 50 м) массивных зеленых, голубоватых или серых глинистых кристаллических известняков. Мощность свиты превышает 1000 м.

**Потоскуйская свита (RF<sub>3pt</sub>).** Отложения потоскуйской свиты в пределах рудного поля пользуются ограниченным распространением и прослежены в виде узкой полосы (100-250 м) в южной и юго-западных частях рудного поля. Представлены монотонной толщей черных, темно-серых и зеленовато-темно-серых углеродисто-хлорит-серицитовых хлоритоидных сланцев. Мощность свиты составляет около 1000 м.

Сланцы тонкосланцеватые, часто широкослоистые с занозистым изломом, бластоалевропелитовой, лепидобластовой, местами порфиробластовой структурой.

Основная масса сланцев сложена тонколистоватым хлорит-серицитовым агрегатом, прокрашенным тонкодисперсным углеродистым веществом с игольчатыми кристаллами хлоритоида и их сноповидными сростками, ориентированные согласно сланцеватости.

## 4.2 СТРУКТУРА РУДНОГО ПОЛЯ

В региональном плане Ведугинское рудное поле расположено на юго-западном замыкании Маловедугинского надвигового аллохтона, сложенного различными подразделениями сухопитской (горбилоской, удерейской и погорюйской свит) серии. В пределах Ведугинского рудного поля этот аллохтон ограничен с северо-запада, запада и юга дугообразным надвигом с северным и северо-восточным падением плоскости сместителя под углом около 45-70° к горизонту. Породы аллохтона надвинуты на отложения потоскуйской свиты тунгусикской серии позднего рифея. Мощность аллохтонной пластины в пределах рудного поля, по геофизическим, составляет 1-1,3 км.

Надвиг имеет сложное строение и состоит из нескольких сближенных тектонических нарушений, ограничивающих небольшие тектонические пластины, сложенные отложениями погорюйской свиты и свиты карточки.

Постнадвиговыми взбросо-сдвигами северо-восточного направления

рудное поле месторождение разбито на три крупных различно эродированных блока - Западный, Центральный и Юго-Восточный. Уровень эрозионного среза блоков уменьшается в восточном направлении.

В автохтоне отложения потоскуйской свиты слагают крупную сжатую изоклиналичную запрокинутую синклиналичную складку с падением крыльев на северо-восток под углом  $65-75^\circ$ , осложненную мелкими напряженными складками высших порядков с амплитудой от нескольких сантиметров до 20-30 м.

Зона Маловедугинского надвига вскрыта многочисленными канавами и буровыми скважинами на южном и северном фесе Маловедугинского аллохтона (проявление Западное, Интересное, ЛЭП).

Вблизи плоскости надвига в породах автохтона милонитизированы, рассланцованы, обуглерожены, насыщены многочисленными кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками. Мощность зоны динамопреобразованных пород зависит от геометрии тектонических нарушений. На участках пологого ( $40-50^\circ$ ) их залегания (проявление ЛЭП) мощность зоны милонитизации составляет 100-200 м. Милониты интенсивно обуглерожены, насыщены жильными образованиями.

На участках более крутого ( $60-70^\circ$ ) падения тектонических нарушений (проявления Западное, Интересное) ширина зоны милонитизации снижается до 50 м, обуглероживание пород слабо проявлено, отмечается нарастание степени метаморфизма в породах автохтона. В гидрослюдисто-хлоритовых породах потоскуйской свиты формируется биотит-гранатовая ассоциация. Гранат-биотитовые динамосланцы в виде прерывистой полосы прослежены вдоль южного феса Маловедугинского надвига. С удалением от надвига в них сначала исчезает гранат, затем биотит. Ширина зоны динамометаморфизма составляет 100-200 м.

В аллохтоне в центральной частях рудного поля отложения сухопитской серии слагают сопряженные линейные гребневидные сильно сжатые складки с близвертикальным, местами крутым северным падением осевых плоскостей и крутым  $75-90^\circ$  падением крыльев и шарниром погружающимся в восточном направлении. Ядра антиклиналей сложены отложениями горбилкокской свиты, синклиналей – сланцами нижнеудерейской подсвиты. Простираие складок субширотное, отмечается слабая ундуляция шарнира. Амплитуда складок составляет около 1000 м. В общем случае простираие складок соответствует простираию плоскости надвига и, вероятно, некоторые складки образовались в процессе надвигообразования.

На крыльях складок в сланцах отмечается напряженная подобная и изоклиналичная складчатость высоких порядков с амплитудами от первых



сантиметров до нескольких метров, многочисленные зоны пластических срывов. Складки осложнены серией малоамплитудных ступенчатых взбросов.

Рудовмещающая зона межпластовых срывов, ограниченная сближенными субпараллельными тектоническими нарушениями, имеет субширотную ориентировку, согласную направлению надвиговой зоны, располагается в 700-800 м северней этой зоны и приурочена к южному крылу крупной гребневидной складки. Ее заложение связано с компенсационными явлениями в аллохтоне при формировании надвига, вследствие разницы скоростей тектонических перемещений фронтальной и фланговых зон аллохтона. Рудоконтролирующие разломы на западе участка ограничивают отложения нижней пачки среднеудерейской подсвиты, на востоке они занимают полого секущее положение по отношению к основному направлению структур. В пределах зоны залегают тела серицитовых, кварц-серицитовых метасоматитов, сланцы местами интенсивно графитизированы и сульфидизированы.

На западном фланге рудного поля отложения сухопитской серии образуют сопряженные сильно сжатые до изоклинальных линейные складки с близвертикальным падением осевых поверхностей, местами отклоняющихся к северу, крутым падением крыльев ( $70-90^\circ$ ) и шарниром, полого погружающимся в юго-восточном. Ядра синклинальных складок сложены отложениями верхней пачки нижнеудерейской подсвиты, крылья – метапелитами нижней пачки нижнеудерейской свиты, ядра антиклиналей – метаалевропелитами горбилкокской свиты. Простираание осевых плоскостей складок северо-западное (азимут простираания  $325-340^\circ$ , падение северо-восточное под углом  $80-85^\circ$ ), в восточной части отмечается ундуляция шарниров и смена простираания осевых плоскостей на субширотное при субвертикальном и крутым северном их падении ( $80-90^\circ$ ).

Амплитуды складок составляют 100-350 м. Крылья складок осложнены многочисленными складками высших порядков.

Рудовмещающая зона межпластовых срывов, ограниченная сближенными тектоническими нарушениями северо-западного направления ( $315-325^\circ$ ), располагается субпараллельно фронтальной линии надвиговой пластины в 300-500 м к северо-востоку и приурочена к осевой части синклинали. На юго-востоке ограничивающие зону разломы проходят по контакту отложений нижней и верхней пачке нижнеудерейской подсвиты, а на северо-западе – смещаются от контакта пачек на крылья синклинали. В пределах зоны залегают тела серицитовых, кварц-серицитовых

метасоматитов.

В юго-восточной части рудного поля отложения сухопитской серии слагают линейную сжатую асимметричную синклинальную складку с субвертикальным падением, северо-западным простираем осевой плоскости и шарниром, полого погружающимся в юго-восточном направлении. Ядро складки сложено отложениями погоруйской свиты; крылья – отложениями верхнеудерейской подсвиты. Западное крыло складки крутое ( $70-90^\circ$ ), восточное – более пологое –  $50-70^\circ$ . Амплитуда складки – более 400 м, ее крылья складок осложнены многочисленными подобными складками высших порядков.

Рудовмещающая зона, ограниченная тектоническими нарушениями северо-западного направления ( $310-320^\circ$ ), приурочена к осевой части синклинали. Разломы трассируются зонами серицитизации, окварцевания, маломощными телами серицитовых метасоматитов.

#### 4.3 ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНЫХ ТЕЛ

В настоящее время на Ведугинском месторождении выделено 26 рудных тел, расположенных на 5 участках, из них на 16 наиболее крупных создана разведочная сеть, необходимая для подсчета запасов категорий  $C_1+C_2$ . остальные тела изучены по более редкой сети, что позволило только провести оценку их прогнозных ресурсов по категории  $P_1$ .

Рудные тела не имеют отчетливых геологических границ и выделяются лишь по результатам опробования. Золотоносным интервалам соответствуют хорошо различаемые визуально участки интенсивной метасоматической проработки вмещающих пород, насыщенные сульфидами. Отмечается прямая корреляция между концентрацией золота и содержанием в породе сульфидов. Наиболее богатые руды характеризуются интенсивным проявлением тонкоигольчатого арсенопирита, образующего густую сыпь в метасоматитах. Слабо золотоносным участкам ( $0,2-1,0$  г/т) соответствуют интервалы с убогой сульфидной минерализацией и рассеянной вкрапленностью призматического арсенопирита.

##### 4.3.1 Участок Центральный.

Рудные тела 1 и 1а расположены в центральной части рудного поля в пределах зоны межпластовых срывов, ограниченной сближенными субширотными тектоническими нарушениями в ядре сжатой синклинальной складки, разбитом системой малоамплитудных тектонических нарушений северо-западного направления. Рудное тело 1 залегает в осевой части минерализованной зоны, имеет линзовидную форму, субширотную ориентировку, субвертикальное падение и является наиболее крупным рудным телом Ведугинского месторождения, в котором сосредоточено около

61,9% общих запасов.

Оруденение локализовано в крупном, сложно построенном линзовидном в плане теле полнопроявленных кварц-серицитовых метасоматитов, протяженностью 370 м и мощностью до 55 м, сопровождаемом маломощными апофизами. Метасоматиты развиваются по отложениям нижнеудерейской подсвиты в зоне смятия, насыщенной многочисленными межпластовыми срывами. По простиранию мощность тела кварц-серицитовых метасоматитов уменьшается, единое тело расщепляется, степень метасоматической проработки субстрата снижается, полнопроявленные метасоматиты сменяются серицитизированными сланцами.

На западном фланге единое тело метасоматитов расщепляется на две субширотные апофизы, разделенные 8-10-метровым интервалом слабозолотоносных серицитизированных и обуглероженных пород. С глубиной происходит усложнение формы тела метасоматитов. Единое мощное тело кварц-серицитовых метасоматитов с глубиной расщепляется, линзуется, формирует цепочки линзовидных тел с раздувами и пережимами. Мощность апофиз полнопроявленных метасоматитов уменьшается с глубиной, хотя общая мощность минерализованной зоны метасоматической проработки в целом снижается незначительно. Между апофизами, сложенными полнопроявленными метасоматитами, породы серицитизированы и обуглерожены. Мощность зон обуглероживания возрастает с глубиной. Золотоносность «межжильных» серицитизированных пород с глубиной снижается.

Минерализованная зона имеет четкие геологические границы и представляет собой крутопадающую зону смятия и интенсивной метасоматической проработки, ограниченную сближенными субширотными тектоническими нарушениями. За пределами зоны смятия метасоматиты слабозолотоносны, либо не золотоносны. Золотое оруденение локализовано в телах серицитовых, кварц-серицитовых и углеродистых метасоматитах, имеющих сложную линзовидно-пластовую форму с раздувами, пережимами, расщеплением и апофизами.

На поверхности рудное тело 1 имеет форму линзы, ориентированной в широтном направлении. Протяженность по простиранию составляет 320 м, мощность изменяется от 59-69 м в центральной части тела до 10-20 м на флангах. На востоке, в 20 м от основной линзы расположен небольшой, изолированный выход протяженностью 35 м и мощностью 1-13,7 м.

В центральной части рудного тела содержания золота в сечениях составляет 0,7-7,0 г/т (в среднем 2,9 г/т), в рядовых пробах – 0,2-19,4 г/т. На участках выклинивания возрастает содержание золота в сечениях до 9-9,5 г/т.

Рудное тело 1 круто (80-90°) падает на юг и прослежено по падению на 600 м без признаков выклинивания. Горизонтальная мощность центральной части рудного тела 1 от границы зоны окисления до горизонта +70 м составляет 60-77 м, снижаясь на горизонтах +70 - - 60 м до 48-55 м. На флангах мощность рудного тела плавно снижается вплоть до полного

выклинивания.

Глубина развития зоны окисления в центральной части рудного тела 1, сложенного кварцевыми метасоматитами, составляет 7-12 м и увеличивается на флангах, сложенных преимущественно серицитовыми метасоматитами, до 25-45 м. Среднее содержание золота в окисленных рудах составляет 3,1 г/т, в первичных сульфидных рудах в контурах проектного карьера – 5,23 г/т, в сульфидных рудах для условий подземной отработки – 6,16 г/т.

Для рудного тела 1 характерно неравномерное, струйчатое распределение золота, фиксирующее, по видимому, пути поступления металлоносных растворов. Рудное тело 1 оконтурено по простиранию, по падению не оконтурено. Возможен прирост запасов богатых руд за счет изучения глубоких горизонтов.

Рудное тело 1а расположено в 7-12 м южнее рудного тела 1 субпараллельно, имеет линзовидно-пластовую форму и субширотную, переходящую на флангах в северо-западную и северо-восточную, ориентировку. С поверхности до горизонта (+140) м падает круто (80-90°) на север и юг, ниже горизонта (+140) м выполаживается и падает на юг под углом 70-75°. В нем сконцентрировано около 0,5% запасов золота месторождения при среднем содержании в окисленных рудах – 3,26 г/т, в первичных рудах – 3,08 г/т. Рудное тело 1а локализовано в серицитолитах, залегающих в ядре сильно сжатой синклинали складки.

Рудное тело 13 расположено в восточной части участка Центральный и локализовано в теле серицитоцитов, залегающем на контакте отложений горбилкокской и удерейской свит. Мощность рудного тела на поверхности составляет 2,0-3,2 м, горизонтальная мощность в скважинах изменяется от 0,6 до 9,1 м. Содержание золота в окисленных рудах в сечениях составляет 1,2-1,5 г/т, в сульфидных – 1,7-5,1 г/т. В рудном теле 13 сосредоточено 0,3% запасов месторождения при среднем содержании около 2,66 г/т. Глубина развития зоны окисления составляет 10-15 м.

#### **4.3.2 Участок Восточный.**

Рудные тела 2, 2а, 3, 3а, 4, 4а, 5, 5а расположены в восточной части месторождения в пределах зоны межпластовых срывов в ядре и крыльях крупной синклинали складки, сложенной отложениями погоруйской и удерейской свит и осложненной системой ортогональных тектонических нарушений.

Рудные тела участка Восточный сложены преимущественно серицитолитами, с незначительной долей кварц-серицитовых и углеродистых метасоматитов. Рудные тела сближенные, крутопадающие, имеют сложную линзовидную и линзовидно-пластовую форму. Руды преимущественно бедные. Содержание сульфидов в первичных рудах низкое и обычно не превосходит 2-3%, содержания серы в них составляет 2-3%, мышьяка – 0,3-0,4%, сурьмы – 0,007-0,23%.

Рудное тело 2 залегает среди отложений верхнеудерейской подсвиты, круто падает ( $80^\circ$ ) на юг, имеет линзовидную форму, широтную ориентировку и содержит 2,6% общих запасов месторождения. Оруденение локализовано в теле серицитолитов, у поверхности единое тело метасоматитов расщепляется на 4 апофизы. В их экзоконтактах сланцы интенсивно обуглерожены.

Протяженность рудного тела на поверхности составляет 180 м, мощность на поверхности варьирует от 1,3 до 17,0 м, в скважинах от 1,3 до 13,4 м. Восточный и западный контакты – тектонические. По падению рудное тело прослежено на 400 м до горизонта (+20) м и полностью не оконтурено. Глубина развития зоны окисления составляет 7-10 м.

Содержания золота в рядовых пробах колеблются от 0,2 до 18,7 г/т. В целом, среднее содержание золота в первичных рудах составляет 4,09 г/т, в окисленных – 3,18 г/т.

В лежачем боку рудного тела 2 в 10-15 м от контакта залегает небольшое слепое линзовидное рудное тело 2а. Мощность рудного тела изменяется от 0,8 до 11,1 м, протяженность по простиранию составляет 40-70 м, содержания золота в сечениях от 2,1 до 6,7 г/т.

Рудное тело 3 расположено в 80 м к югу от рудного тела 2, имеет пластообразную форму, субширотную ориентировку при субвертикальном падении. В рудном теле сконцентрировано 2,6% запасов золота. Оруденение локализовано в теле серицитолитов и обрамляющих его углеродистых метасоматитах, залегающих среди интенсивно дислоцированных отложений погорюйской, удерейской и горбилокской свит в ядре синклинальной складки.

Мощность рудного тела на поверхности изменяется от 1,4 до 9,5 м при вариациях средних содержаний в пересечениях от 0,9 до 8,5 г/т. В скважинах мощность рудного тела 3 изменяется от 1,6 до 12,1 м, содержание золота в сечениях от 1,7 до 19,5 г/т. Рудное тело 3 тектоническим нарушением северозападного направления разбито на 2 крупных блока. Западный блок залегает среди отложений горбилокской свиты и сложен бедными рудами (среднее содержание – 2,7 г/т). Вблизи тектонического нарушения отмечается вынос золота, что привело к усложнению формы рудного тела. Мощность зоны окисления составляет 7-12 м. В целом, среднее содержание золота в первичных рудах составляет 4,18 г/т, в окисленных – 3,17 г/т.

В лежачем боку рудного тела 3 в 10-15 м от контакта залегает небольшое линзовидное рудное тело 3а, локализованное в теле серицитолитов. Протяженность рудного тела на поверхности составляет 30 м.

Рудное тело 4 расположено в 6-30 м южной рудного тела 3, имеет пластообразную форму, субширотную, к западу плавно переходящую в юго-западную ориентировку при крутом ( $80-85^\circ$ ) южном и юго-восточном падении. В рудном теле 4 сосредоточено 2,4% запасов золота месторождения. Оруденение локализовано в серицитолитах и обрамляющих их углеродистых метасоматитах и серицитизированных сланцах, залегающих в крыле складки и приуроченных к контакту отложений удерейской и погорюйской свит.

Руды бедные, среднее содержание золота в первичных рудах составляет 3,21 г/т, в окисленных – 2,45 г/т. Мощность зоны окисления в восточной части рудного тела составляет 10-12 м, в западной увеличивается до 20-22 м.

В 10-15 м к югу от рудного тела 4 расположено рудное тело 4а. Представлено двумя разобщенными блоками протяженностью 35-50 и 107 м, разделенных интервалом (65-85 м) слабозолотоносных пород. На дневной поверхности обнажен только западный блок, протяженностью 35 м, локализованной среди серицитизированных метаалевропелитов горбилкокской свиты. Восточный блок рудного тела не выходит на дневную поверхность, залегает на глубинах 15-75 м и приурочен к крутопадающей (80-85°) на юг зоне серицитизации среди метапелитов удерейской свиты. Мощность рудного тела изменяется от 0,6 до 3,8 м, содержание золота в сечениях варьирует от 1,3 до 7,6 г/т.

Рудное тело 5 расположено в 50 м южной рудного тела 2 субпараллельно и содержит около 1,7% запасов золота месторождения. Имеет пластообразную форму, субширотную ориентировку, субвертикальное падение и локализовано в теле серицитовых метасоматитов, залегающих на границе отложений погорюйской и удерейской свит, в западной части – у контакта отложений удерейской и горбилкокской свит.

На поверхности мощность рудного тела 5 изменяется от 0,7 до 9,9 м, средние содержания золота в сечениях варьируют от 1,1 до 5,8 г/т.

Среднее содержание золота в первичных рудах составляет 3,55 г/т, в окисленных – 3,88 г/т. Обогащенные участки расположены на флангах и глубоких горизонтах рудного тела. Мощность зоны окисления составляет 5-12 м. Содержание серы в первичных рудах не высокое и изменяется от 1,3 до 3,6% и в среднем составляет 1,9%. Концентрации мышьяка и сурьмы так же не высоки. Содержание мышьяка в рудах не превосходит 0,43%, сурьмы – 0,0073%. С глубиной в рудном теле происходит рост содержания серы сопровождаемое снижением концентраций мышьяка и сурьмы. Ниже горизонта (+250 м) в рудах содержания мышьяка и сурьмы увеличиваются, что может указывать на наличие еще одной рудной кулисы.

Рудное тело 5а расположено в 22 м северной рудного тела 5 и представлено маломощной крутопадающей на юг линзой, локализованной в пределах зоны серицитизации среди метапелитов удерейской свиты. Протяженность линзы по простиранию 40 м, по падению – 145 м.

#### **4.3.3 Участок Юго-Восточный.**

Рудные тела 7, 7б, 7в, 7г и 8 расположены в юго-восточной части месторождения, залегают среди отложений погорюйской свиты и приурочены к ядру (рудное тело 7) и юго-западному крылу (рудное тело 8) сильно сжатой линейной сложной синклинальной складки, шарнир которой погружается в юго-восточном направлении. Характерной особенностью участка является широкое развитие антимонитовой минерализации (жилы антимонит-кварцевого состава).

Рудные тела маломощны, сложены богатыми рудами (среднее содержание в запасах – 12,8 г/т) и содержат 11,2% общих запасов месторождения.

Рудное тело 8 локализовано в серицитолитах и обрамляющих их серицитизированных метаалевролитах погорюйской свиты в зоне рассланцевания у контакта отложений погорюйской и удерейской свит. Имеет пластообразную форму, северо-западную ориентировку при субвертикальном падении. В теле сосредоточено около 3,4% запасов месторождения. На поверхности фиксируется двумя изолированными выходами протяженностью 105 и 95 м, разделенных интервалом (50 м) слабозолотоносных пород. Тектоническим нарушением северо-восточного направления разделено на 2 блока. Амплитуда вертикального перемещения составляет около 50 м. Северо-западный блок более эродирован и сложен бедными рудами (4,7 г/т). Рудное тело погружается в юго-восточном направлении. Общая протяженность рудного тела 8 на горизонте +400 м составляет 430 м.

Среднее содержание золота в первичных рудах составляет 9,85 г/т, в окисленных – 5,02 г/т. Для рудного тела характерно неравномерное гнездовое распределение золота, богатые участки расположены на перегибах рудного тела.

#### **4.3.4 Участок Западный.**

Рудные тела 9, 9а и 10 расположены в западной наиболее эродированной части Ведугинского рудного поля. Залегают в северном крыле сильно сжатой антиклинальной складки, вблизи контакта отложений удерейской и горбилокской свит в пределах зоны смятия и межпластовых срывов вблизи взброса северо-западного простирания. Локализованы в серицитолитах и обрамляющих их серицитизированных сланцах. Рудные тела сильно эродированы, крутопадающие и имеют простую линзовидно-пластовую форму.

#### **4.3.5 Участок Промежуточный.**

На участке находятся рудные тела 9б, 11, 11а 11б и 11в. Рудные тела расположены в пределах минерализованной зоны, ограниченной сближенными субширотными тектоническими нарушениями, приуроченной к центральной части сильно сжатой линейной синклинальной складки с южной вергентностью. Локализованы в серицитолитах и обрамляющих их графитизированных, сульфидизированных и серицитизированных сланцах нижнеудерейской подсвиты. До глубины 15-40 м (в среднем 25 м) на рудном теле развита зона окисления.

#### 4.4 ГЛАВНЫЕ ТИПЫ РУДОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ

Ведугинское месторождение относится к типичным объектам золотосульфидной рудной формации, к ее пирит-арсенопирит-антимонитовому минеральному типу. Аналогами данного типа в других регионах являются месторождения Бакырчик, Суздальское (Восточный Казахстан), Олимпиадинское, Боголюбовское и Майское (Россия).

Рудными телами на месторождении являются сульфидизированные метасоматиты березитовой формации, образованные по метаосадочным преимущественно черносланцевым породам сухопитской серии среднего рифея. Полнопроявленные метасоматиты имеют отчетливое зональное строение. Их ядерные части сложены существенно кварцевыми метасоматитами, так называемыми кварцитолитами (Сазонов, 1992ф). К периферии они последовательно сменяются метасоматитами кварц-серицитового (кварцитолино-серицитолиты), серицитового (серицитолиты) составов и серицитизированными сланцами. В обрамлении тел кварц-серицитовых метасоматитов вмещающие породы обуглерожены, сульфидизированы, насыщены многочисленными кварцевыми прожилками. Углеродистые метасоматиты слагают так же и самостоятельные тела.

##### **4.4.1 Петрографическое описание главных типов пород рудоносных метасоматитов**

К этой разновидности руд относятся сульфидизированные метасоматиты существенно кварцевого состава с незначительной примесью реликтовых и акцессорных минералов сланцев (серицита, хлорита, карбонатов, рутила, лейкоксена, апатита, углеродистого вещества). Данные образования залегают в центральных частях тел метасоматитов и имеют резкие, иногда тектонические контакты. Для метасоматитов типичны высокие содержания золота в среднем 8,43 г/т. Образование кварцитоцитов сопровождалось выносом практически всех петрогенных элементов и привносом кремнезема. Текстура пород массивная, местами брекчиевидная. Структура мелкозернистая, неравномернозернистая, гранобластовая. Минеральный состав: кварц 75-90%, серицит 7-20%, хлорит 3-5%, карбонат – 0,5%, турмалин, апатит, рутил и другие акцессорные минералы - 1%. Общее количество сульфидов не превосходит 2-3%. Преобладают арсенопирит и антимонит, в меньших количествах присутствуют пирит и пирротин.

**Кварцевые метасоматиты (кварцитоциты).** К этой разновидности руд относятся сульфидизированные метасоматиты существенно кварцевого состава с незначительной примесью реликтовых и акцессорных минералов сланцев (серицита, хлорита, карбонатов, рутила, лейкоксена, апатита, углеродистого вещества). Текстура пород массивная. Структура мелкозернистая, неравномернозернистая отражена на рисунке 4.



Минеральный состав: кварц 75-90%, серицит 7-20%, хлорит 3-5%, карбонат – 0,5%, турмалин – 0,5%, апатит, рутил и другие акцессорные минералы - 1%. Общее количество сульфидов не превосходит 2-3%. Преобладают арсенопирит и антимонит, в меньших количествах присутствуют пирит и пирротин.



Рисунок 4–Месторождение Ведуга. Промежуточный участок. (Образец П.5.)

*Кварц* в породе образует неправильные и изометричные зерна. Кварцевые зерна имеют первичную метазернистую структуру, вторичную – гранобластовую. Они иногда трещиноваты. Границы зерен могут быть как плавными, так и остроугольными, так же характерны тройные границы. Размеры зерен кварца достаточно разнообразны (0,15-0,7 мм). Зерна кварца в кварцитолите (Ц.11) составляет не менее 90%. В жилах кварца по трещинкам так же наблюдаются редкие чешуйки мусковита.

Вторым по распространенности минералом после кварца является полевые шпаты (альбит). Их содержание в породе составляет до 5%. Размеры зерен полевых шпатов сравнимы с размерами кварца. Совместно с кварцем по полевым шпатам развивается трещиноватость.

*Серицит* в породе образует чешуйки размером 0,001-0,01 мм, сгруппированные в полосы вдоль кливажа согласного либо секущего первичную (метаморфическую) сланцеватость (слоистость).

*Карбонат* в породе представлен кальцитом. Форма зерен изометричная с извилистыми очертаниями.

*Клинохлор* (магнезиальный хлорит) образует чешуйки

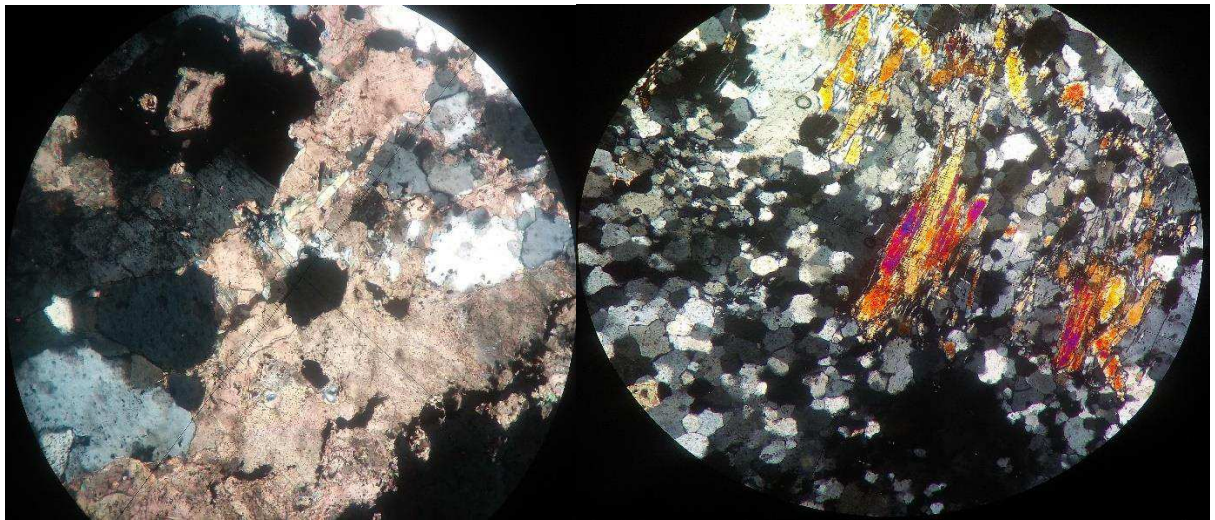


Рисунок 5—Шлиф П.5 в проходящем свете, николи скрещены. Ширина поля зрения 1,15 мм а) основная масса-карбонат (кальцит); б) Турмалин в кварце

Из рудных минералов в полированном шлифе кварцитолита (П.5) обнаружены пирротин, галенит и ульманит.

*Пирротин* является одним из самых распространенных минералов руд. Содержание пирротина в рудах, по результатам изучения технологических проб, составляет 1,5-2,4%. Пирротин образует различные по величине аллотриоморфнозернистые агрегаты от микроскопических до моносulfидных прожилков мощностью до 10 см.

*Халькопирит* ассоциируется с пирротинном и образует тонкую рассеянную вкрапленность в кварцевых жилах. Замещается тетраэдритом, ульманитом и халькозином с формированием графических и скелетных структур замещения.

*Ульманит* сурьмяный минерал образует тонкую вкрапленность, реже гнезда размером до 0,3-0,5 см и немногочисленные кварц-антимонит-бертьеритовые жилы мощностью до 10-20 см (К-102, инт. 5-10 м).

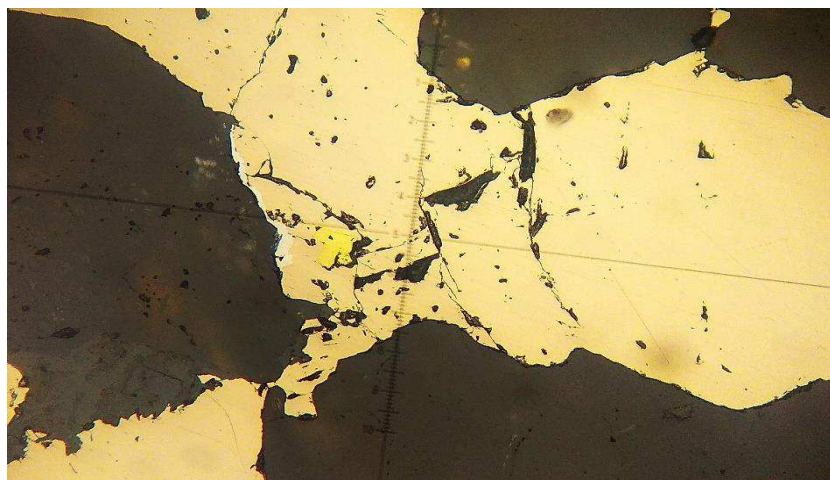


Рисунок 6—Халькопирит в пирротине, по краям пирротина ульманит белого цвета. Образец П.5 в отраженном свете. Николи параллельны. Ширина поля зрения 0,46 мм



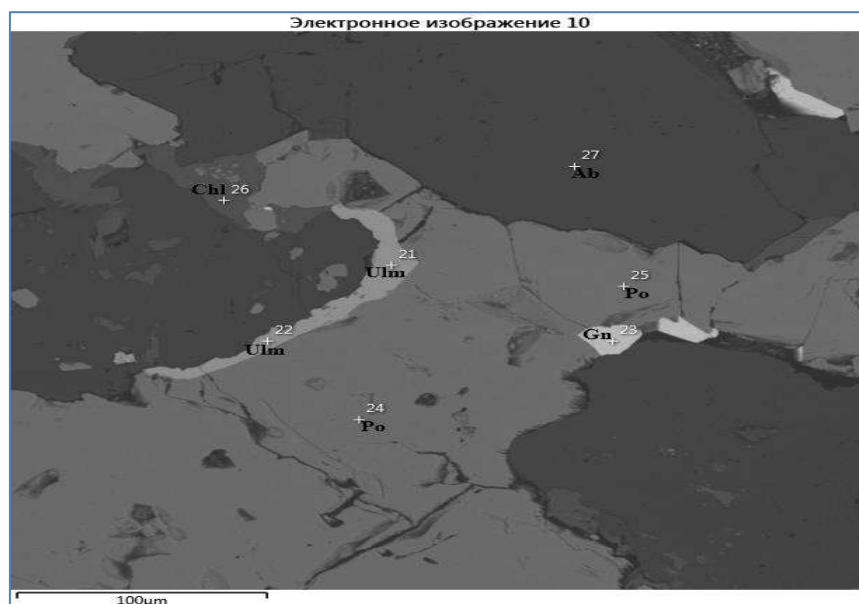


Рисунок 7–Электронное изображение аншлифа (образец П.5)

**Существенно серицитовые метасоматиты (серицитолиты).** Данный тип метасоматитов имеет наибольшее распространение на месторождении и слагает большинство рудных тел, располагаясь в сторону вмещающих пород от кварцевых метасоматитов. Порода имеет бледно желтовато-зеленоватый, яблочно-зеленый цвет, шелковистый блеск. Текстура – полосчатая, сланцеватая, местами пльичатая, реже массивная. Структура – лепидобластовая, гранолепидобластовая отражена на рисунке 7.



Рисунок 7–Серицитолит. (Образец П.1.)

Минеральный состав: серицит 60-75%, хлорит 10-15%, кварц 15-25%, хлорит 5-7%, карбонат до 5%, сульфиды 1-20%, углеродистое вещество 1-3%,

рутил до 2%. Среди сульфидов преобладает пирротин, в меньших количествах присутствуют пирит, арсенопирит.

Рудные минералы в аншлифе серицитолита (П.4) представлены пирротинном, арсенопиритом, галенитом и ульманитом.

*Арсенопирит* минерал представлен двумя генерациями: ранний - игольчатый и поздний - призматический, из которых золотоносным является ранний игольчатый арсенопирит. Призматический арсенопирит образует рассеянную, гнездовую вкрапленность и линзы размером до 5-10 см.

Количество арсенопирита-2 достигает 3-5%.

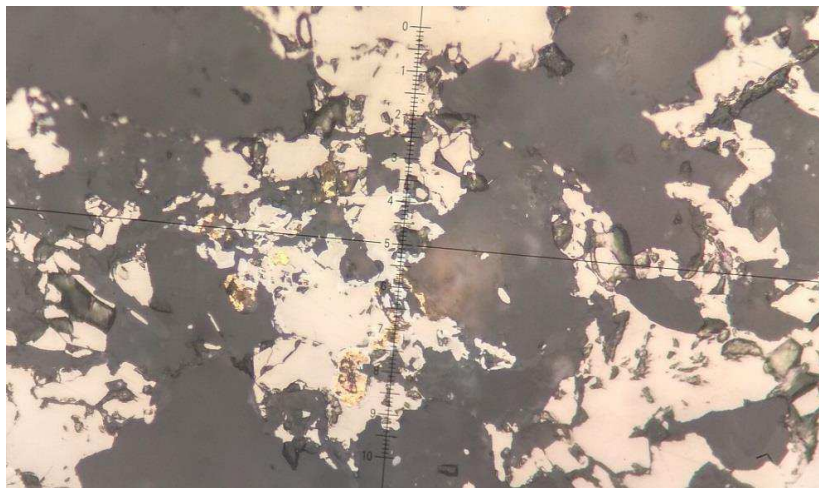


Рисунок 8–Золото в пирротине. Образец П.4 в отраженном свете. Николи параллельны. Ширина поля зрения 0,46 мм

***Кварц-серицитовые метасоматиты (кварцито-серицитолиты)*** представляют промежуточную разновидность между первыми двумя метасоматитами. В их основе лежат серицитолиты с большим количеством кварцевых гнезд, линз, прожилков и различного рода кварцевых обособлений, формирующих линзовидно-полосчатую текстуру породы. По химическому составу они близки к серицитолитам, отличаясь от последних высокими содержаниями кремнезема. В связи с присутствием в их составе рудоносного метасоматического кварца среднее содержание золота в этих рудах достаточно высокое – 6,57 г/т (102 определения).

Вмещающие породы месторождения представлены, в основном, серицит-кварцевыми сланцами (метаалевролитами) темно-серого цвета, лепидогранобластовой, порфиробластовой структуры и сланцеватой текстуры изменчивого состава с преобладанием кварца. Облик сланцев характеризуется чередованием тонких слоев преимущественно слюдяного (серицитового) и существенно кварцевого состава, представлен на рисунке 9.

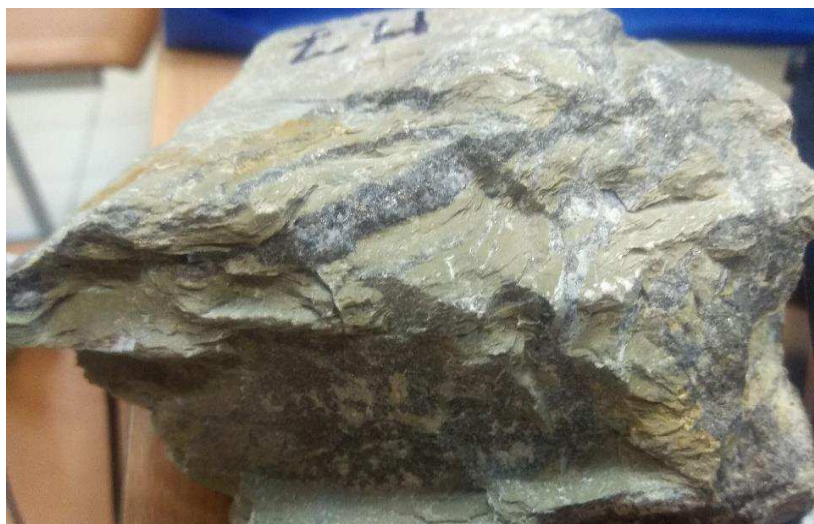


Рисунок 9–Кварц-серицитовый. Месторождение Ведуга. Промежуточный участок.  
(Образец П.7.)

**Обуглероженные сульфидизированные сланцы** обрамляют с внешней стороны серицитовые метасоматиты, залегают на флангах рудных тел, в редких случаях образуя самостоятельные тела. Породы имеют черный, пепельно-серый цвет, тонкополосчатое строение, что обусловлено тонким рассланцеванием пород. В породах отмечаются многочисленные, сближенные трещинки кливажа согласные слоистости либо секущие её под острым углом вдоль которых концентрируется тонкодисперсное углеродистое вещество. В виде примеси в них отмечаются гнезда и мелкие выделения равномерно рассеянных агрегатов хлорита, серицита, анкерита, сульфидов, лейкоксена и рутила. Среди сульфидов преобладает пирит, слагающий крупные до 1-2 см метакристаллы, гнезда и линзующиеся прожилки. Содержание золота в метасоматитах составляет, в среднем, 5,71 г/т (250 определений). Углеродистые метасоматиты насыщены кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками.





Рисунок 10– Углеродистый сланец. Месторождение Ведуга. Промежуточный участок. (Образец П.9.)

Во всех типах метасоматитов оруденение представлено в виде рассеянной или гнездовой вкрапленности, тонких прожилков и линзовидных обособлений сульфидов. Содержание сульфидов непостоянно и колеблется от 1 до 10-20%, наблюдается прямая зависимость содержания золота от содержания сульфидов.

*Мусковит* тонкочешуйчатый пропитанный углеродистым веществом представлен в образце как основная масса.

*Кварц* в породе образует неправильные и изометричные зерна. В трещинах с кварцем можем заметить клинохлор с гребенчатой формой.



Рисунок 11 –По прожилку кварца наблюдаем клинохлор гребенчатой формы. Образец П.9 в проходящем свете. Николи скрещены. Ширина поля зрения 0,575 мм.

Рудные минералы в аншлифе углеродистого сланца (П.9) представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом и ульманитом.

В основном порода сложена *пиритом*, светло-желтого цвета, слабо анизотропен. По отношению к другим рудным минералам ксеноморфен.

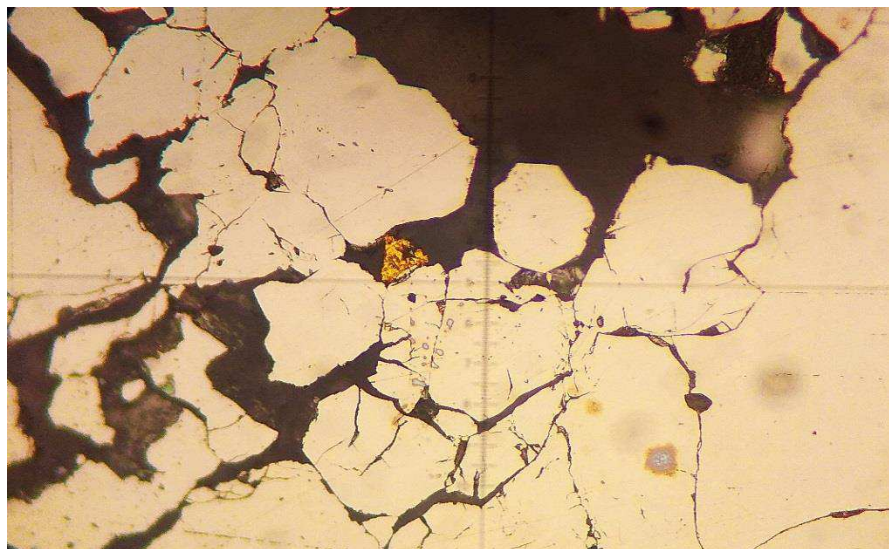


Рисунок 12 – Метазернистый пирит, частица золота в нерудном минерале. Образец П.9 в отраженном свете. Николи параллельны. Ширина поля зрения 0,46 мм

## 5 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД.

Целью работы является изучение геохимической характеристики рудных тел и вмещающих пород Ведугинского месторождения на примере двух разведочных линий 3.0 и 8.0.

Задачами данной работы является выявление геохимической специализации вмещающих пород, установление типоморфного комплекса элементов, выявление связи между золотом и элементами этого комплекса, исследование геохимической зональности.

Исходными данными RL-3.0 являются результаты полуколичественного спектрального анализа на 13 элементов и пробирного анализа кернового опробования скважин 204, 210, 306, 127, 323, 139, 142 уч. Центрального месторождения Ведуги.

Исходными данными RL-8.0 являются результаты полуколичественного спектрального анализа на 13 элементов и пробирного анализа кернового опробования скважин 314, 326, 320, 330 уч. Восточного месторождения Ведуги.

### 5.1 МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

#### 5.1.1 Оценка статистических параметров

Для определения содержания элементов был использован пробирный анализ (Au) и спектральный анализ (Au, As, Ba, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, W, Zn)

Погрешность спектрального анализа подчиняется логнормальному закону распределения, поэтому для этих элементов рассчитываются среднегеометрические значения содержаний и стандартные множители. А для элементов, определенных химическим анализом рассчитываются средние арифметические значения.

Обработка начиналась с создания баз геохимических данных. Статистические данные рассчитываются отдельно для рудных интервалов и интервалов вмещающих пород. Для выявления первичных ореолов рассчитываются аномальные содержания золота и его элементов-спутников. Согласно логнормальному закону распределения элементов:

$$C_A = C_{\Phi} * \varepsilon^{3/\sqrt{m}} \quad (1)$$

где  $C_A$  – аномальное содержание элементов;

$C_{\Phi}$  – фоновое содержание элемента;

$m$  – количество смежных аномальных точек,  $m = 1-9$ ;

$\varepsilon$  – стандартный множитель,  $\varepsilon = \exp S_{lg}$ ,

$S$  – среднеквадратическое отклонение.



Фоновое содержание элементов определяется как среднее геометрическое по формуле:

$$C_{\Phi} = \exp\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \lg c_i \quad (2)$$

где  $c_i$  - содержания;  
 $n$  – количество анализов.

### 5.1.2 Расчет коэффициента концентрации элементов

С целью определения закономерности накопления или обеднения элементов в рудных телах относительно рудовмещающих пород, были посчитаны отношения их среднегеометрических значений содержаний элементов:

$$K_k = \frac{C_{\text{руды}}}{C_{\text{породы}}} \quad (6)$$

$\bar{C}_{\text{руды}}$  – среднегеометрическое значение содержаний элементов руды  
 $\bar{C}_{\text{породы}}$  – среднегеометрическое значение содержаний элементов вмещающих пород.

### 5.1.3 Расчет коэффициентов корреляции

Для того чтобы оценить силу корреляционных связей между элементами типоморфного комплекса, рассчитываем коэффициент корреляции.

$$r = \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s(x)s(y)} \quad (7)$$

где  $x_i, y_i$  – классы значений;  
 $n$  – число пар значений;  
 $s$  – стандартное отклонение;  
 $\bar{x}, \bar{y}$  – среднее арифметическое значений.

Значение коэффициента корреляции изменяются в интервале  $[-1;+1]$ , в связи с чем различают обратную или отрицательную корреляционную связь  $[-1;0]$ , когда с увеличением концентрации одного элемента концентрация другого элемента уменьшается, и прямую или положительную связь  $[0;+1]$ , когда содержание двух элементов одновременно увеличиваются или уменьшаются на одинаковых участках геохимического поля.

Сила корреляционной связи оценивается по величине  $r$ :  
слабая при  $r$  от 0,3 до 0,5  
средняя при  $r$  от 0,5 до 0,7

сильная при  $r$  от 0,7 до 0,9

функциональная при  $r$  от 0,9 до 1,0

Основным типом графического представления корреляционных связей, наиболее удобным для анализа общей структуры связей элементов, являются корреляционные дендрограммы. Они строятся объединением в группы элементов, имеющих положительные корреляционные связи между собой. Ядро групп образуют пары элементов с максимальными коэффициентами корреляции. Порядок последующего включения элементов в группу и объединения групп определяются получением наибольшей величины среднего коэффициента корреляции во вновь образуемой группе.

Расчет корреляционных связей между элементами и построение дендрограмм проводились в программе ASOD.

#### **5.1.4 Исследование геохимической зональности**

При оценке уровня глубины эрозионного среза изучаемых объектов и прогноза ожидаемой протяженности рудных тел на глубину возникает необходимость исследования геохимической зональности месторождения, под которой понимается закономерное изменение соотношений между средними содержаниями (или продуктивностями) по какому-либо направлению в рудной зоне. Наиболее важным является исследование осевой зональности, которая проявляется в направлении движения рудоносных растворов в случае наклонных и крутопадающих зон совпадает с вертикальной.

Исследование зональности включает в себя установление рядов зонального отложения элементов и выявления монотонно-меняющихся с глубиной геохимических показателей. Для установления рядов зонального отложения был использован способ ранжирования элементов по средним центрам тяжести графиков парных отношений продуктивности по способу А.В. Гаранину:

$$r = \sum_{i=1}^f v_i z_i / \sum_{i=1}^f v_i (8)$$

где  $Z_i$ - центры тяжести графиков парных отношений элементов,  $f$ - число уровней.

#### **5.1.5 Построение геохимических разрезов**

Следующим шагом обработки данных является построение первичных ореолов элементов типоморфного комплекса с помощью программы Surfer. Поскольку при обработке данных программа отстраивает регулярную сетку, отличную от сети опробования необходимо также производить расчёт фоновых и аномальных значений для точек полученной сети. Это также позволяет снизить порог обнаружения аномалий и служит для более корректного построения геохимических полей.

Исходные данные из таблицы формата Microsoft Excel переводились в формат программы (.dat), далее по элементу создавался Grid-файл, который содержит регулярную сетку, создаваемую программой и математически вычисленные содержания элемента в этих точках. Grid-файл создавался одним из наиболее распространенных методов – методом Кригинга.

Непосредственно построение первичных ореолов выполняется из grd-файлов, при этом для выделения аномальных зон применяются рассчитанные значения по формуле 1.

## 5.2 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД RL-3.0.

В данном разделе рассматривается геохимическая характеристика рудовмещающих пород.

Значения основных статистических параметров элементов в различных участках рудовмещающих пород RL-3.0, приведены в таблице 1.

Для выявления закономерности накопления или обеднения элементов в рудных телах относительно рудовмещающих пород, посчитаны коэффициенты концентрации рудовмещающих пород RL-3.0 приведены в таблице 1.

Направление и сила связи определялась между золотом и элементами по данным химического анализа, и между золотом и элементами типоморфного комплекса (по спектральному анализу). Результаты расчетов парных коэффициентов корреляции между элементами по рудным интервалам приведены в таблице 2, а также построена дендограмма на рисунке 13.

Таблица 1- Значения основных статистических параметров элементов в рудных телах и во вмещающих породах, а также коэффициенты концентрации RL-3.0

Элемент	По рудам				По вмещающим породам				K <sub>к</sub>
	C <sub>min</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>геом</sub>	ε <sup>+1</sup>	C <sub>min</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>геом</sub>	ε <sup>+1</sup>	
Au	0,10	51,40	5,35	5,48	0,00	0,98	0,01	5,01	446,13
As	29,00	9847,00	1143,01	2,73	0,50	10630,00	52,21	4,85	21,89
Ba	10,00	65,00	30,54	1,48	0,50	1000,00	42,95	2,88	0,71
Co	2,00	107,00	22,44	1,72	3,00	80,00	22,41	1,53	1,00
Cu	16,00	615,00	48,48	1,67	0,13	781,00	43,54	2,88	1,11
Mn	23,00	2239,00	349,09	2,42	61,00	6190,00	998,17	1,66	0,35
Mo	0,25	7,00	1,19	2,35	0,25	23,00	0,88	2,35	1,35
Ni	2,00	167,00	37,06	1,65	16,00	167,00	39,41	1,29	0,94
Pb	1,75	210,00	24,00	2,45	1,75	845,00	15,27	3,00	1,57
Sb	1,25	14330,00	444,72	5,56	1,25	8643,00	16,48	4,24	26,98
Sn	1,00	2,00	1,24	1,09	1,25	50,00	1,53	1,60	0,81
W	2,50	1006,00	2,64	1,58	0,50	1006,00	3,31	2,49	0,80
Zn	11,00	240,00	66,93	1,91	13,00	407,00	100,42	1,50	0,67

Таблица 2-Корреляционная матрица элементов по рудным интервалам

	<b>Au</b>	<b>As</b>	<b>Ba</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Sb</b>	<b>Sn</b>	<b>W</b>	<b>Zn</b>
<b>Au</b>	1,00	0,16	-0,09	-0,13	-0,15	-0,29	0,16	-0,10	-0,02	0,08	-0,03	-0,02	-0,17
<b>As</b>	0,16	1,00	-0,36	0,08	-0,09	-0,17	-0,17	0,08	0,03	0,00	0,03	-0,06	-0,05
<b>Ba</b>	-0,09	-0,36	1,00	0,05	0,01	0,13	0,15	-0,03	0,13	-0,08	0,02	0,16	0,27
<b>Co</b>	-0,13	0,08	0,05	1,00	0,50	0,27	-0,17	0,89	0,05	-0,14	0,22	0,33	0,21
<b>Cu</b>	-0,15	-0,09	0,01	0,50	1,00	0,24	-0,11	0,62	-0,07	-0,17	0,13	0,79	0,15
<b>Mn</b>	-0,29	-0,17	0,13	0,27	0,24	1,00	-0,22	0,23	-0,16	-0,29	0,02	0,11	0,47
<b>Mo</b>	0,16	-0,17	0,15	-0,17	-0,11	-0,22	1,00	-0,18	0,01	0,11	-0,01	0,02	-0,22
<b>Ni</b>	-0,10	0,08	-0,03	0,89	0,62	0,23	-0,18	1,00	0,02	-0,16	0,40	0,44	0,06
<b>Pb</b>	-0,02	0,03	0,13	0,05	-0,07	-0,16	0,01	0,02	1,00	0,35	-0,10	-0,03	0,03
<b>Sb</b>	0,08	0,00	-0,08	-0,14	-0,17	-0,29	0,11	-0,16	0,35	1,00	-0,03	-0,04	0,01
<b>Sn</b>	-0,03	0,03	0,02	0,22	0,13	0,02	-0,01	0,40	-0,10	-0,03	1,00	0,00	0,01
<b>W</b>	-0,02	-0,06	0,16	0,33	0,79	0,11	0,02	0,44	-0,03	-0,04	0,00	1,00	0,15
<b>Zn</b>	-0,17	-0,05	0,27	0,21	0,15	0,47	-0,22	0,06	0,03	0,01	0,01	0,15	1,00

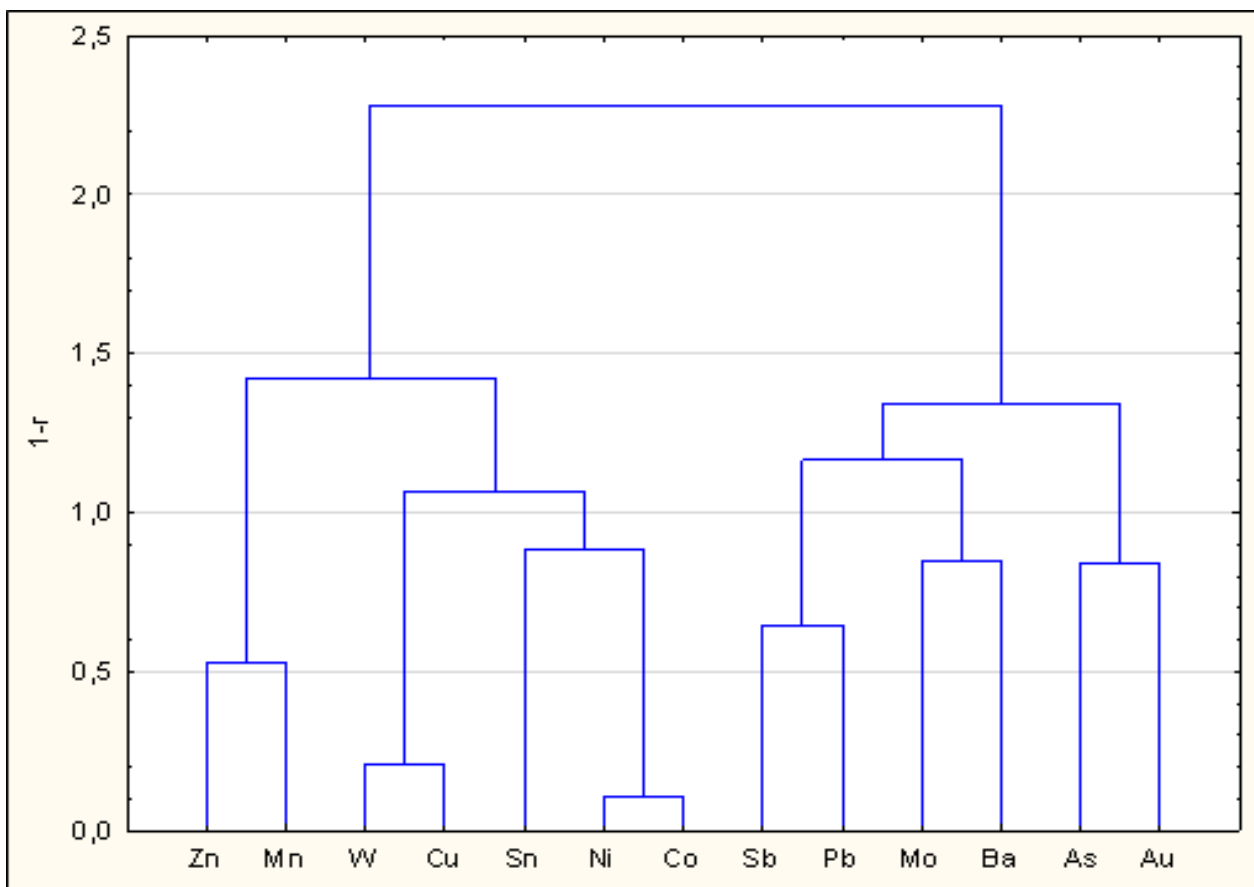


Рисунок 13 – Корреляционная дендрограмма

Сравнение средних содержаний золота и элементов примесей в рудах и вмещающих породах показало, что руды заметно обогащены золотом ( $K_k=446$ ), сурьмой ( $K_k=27$ ), мышьяком(22).

Данные корреляционной матрицы показывают, что сильная корреляционная связь в рудах была установлена между никелем и кобальтом, медью и вольфрамом, средняя между медью и никелем, медью и кобальтом, а слабая между вольфрамом и никелем, вольфрамом и кобальтом, вольфрамом и оловом, цинком и марганцем.

На основе рассчитанных коэффициентов корреляции построена дендограмма, на которой по силе связи между всеми элементами, выделяется две группы элементов. Несмотря на небольшие связи между собой золото и главные сопутствующие элементы мышьяк сурьма объединяются в одну группу.

### 5.3 ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД RL-8.0

В данном разделе рассматривается геохимическая характеристика рудовмещающих пород.

Значения основных статистических параметров элементов в различных участках рудовмещающих пород RL-8.0, приведены в таблице 3.

Для выявления закономерности накопления или обеднения элементов в рудных телах относительно рудовмещающих пород, посчитаны коэффициенты концентрации рудовмещающих пород RL-8.0 приведены в таблице 3.

Направление и сила связи определялась между золотом и элементами по данным химического анализа, и между золотом и элементами типоморфного комплекса (по спектральному анализу). Результаты расчетов парных коэффициентов корреляции между элементами по рудным интервалам приведены в таблице 4, а также построена дендограмма на рисунке 14.

Таблица 3- Значения основных статистических параметров элементов в рудах и во вмещающих породах, а также коэффициенты концентрации RL-8.0

Элемент	По рудам				По вмещающим породам				K <sub>к</sub>
	C <sub>min</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>геом</sub>	ε <sup>+1</sup>	C <sub>min</sub>	C <sub>max</sub>	C <sub>геом</sub>	ε <sup>+1</sup>	
Au	0,10	34,20	4,25	5,58	0,01	0,96	0,02	3,79	250,26
As	185,00	5647,00	2168,30	1,64	1,25	5647,00	76,52	5,08	28,33
Ba	30,00	89,00	52,51	1,27	27,00	300,00	58,44	1,37	0,90
Co	4,00	40,00	26,56	1,53	4,00	48,00	26,10	1,29	1,02
Cu	27,00	89,00	52,84	1,35	5,00	204,00	42,22	1,68	1,25
Mn	165,00	2674,00	1181,84	1,67	158,00	4043,00	1128,46	1,53	1,05
Mo	0,25	3,00	0,45	2,32	0,25	15,00	0,36	2,08	1,24
Ni	7,00	51,00	39,39	1,47	7,00	76,00	41,03	1,23	0,96
Pb	10,00	112,00	63,96	9,20	1,75	379,00	6,15	4,09	10,40
Sb	5,00	344,00	45,14	4,69	1,25	9663,00	4,97	8,55	9,08
Sn	1,25	1,40	1,26	1,03	1,25	1,57	1,26	1,26	1,00
W	2,50	2,50	2,50	1,00	2,50	21,00	2,58	1,26	0,97
Zn	10,00	152,00	67,68	1,89	10,00	222,00	103,71	1,38	0,65



Таблица 4-Корреляционная матрица элементов по рудным интервалам

	<b>Au</b>	<b>As</b>	<b>Ba</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Sb</b>	<b>Sn</b>	<b>Zn</b>
<b>Au</b>	1,00	0,33	0,02	0,10	0,15	-0,04	-0,10	0,09	0,13	-0,03	-0,08	-0,01
<b>As</b>	0,33	1,00	-0,07	0,32	0,57	-0,32	-0,04	0,21	0,05	0,01	-0,15	-0,05
<b>Ba</b>	0,02	-0,07	1,00	0,15	-0,16	0,14	-0,15	0,12	-0,23	-0,36	0,03	0,02
<b>Co</b>	0,10	0,32	0,15	1,00	0,34	0,46	0,17	0,84	-0,46	-0,01	0,10	0,22
<b>Cu</b>	0,15	0,57	-0,16	0,34	1,00	-0,37	-0,42	0,43	0,17	0,14	0,25	0,46
<b>Mn</b>	-0,04	-0,32	0,14	0,46	-0,37	1,00	0,23	0,36	-0,38	0,00	-0,06	-0,21
<b>Mo</b>	-0,10	-0,04	-0,15	0,17	-0,42	0,23	1,00	-0,16	-0,28	-0,23	-0,14	-0,46
<b>Ni</b>	0,09	0,21	0,12	0,84	0,43	0,36	-0,16	1,00	-0,40	0,18	0,18	0,49
<b>Pb</b>	0,13	0,05	-0,23	-0,46	0,17	-0,38	-0,28	-0,40	1,00	0,05	-0,07	-0,14
<b>Sb</b>	-0,03	0,01	-0,36	-0,01	0,14	0,00	-0,23	0,18	0,05	1,00	-0,15	0,29
<b>Sn</b>	-0,08	-0,15	0,03	0,10	0,25	-0,06	-0,14	0,18	-0,07	-0,15	1,00	0,22
<b>Zn</b>	-0,01	-0,05	0,02	0,22	0,46	-0,21	-0,46	0,49	-0,14	0,29	0,22	1,00

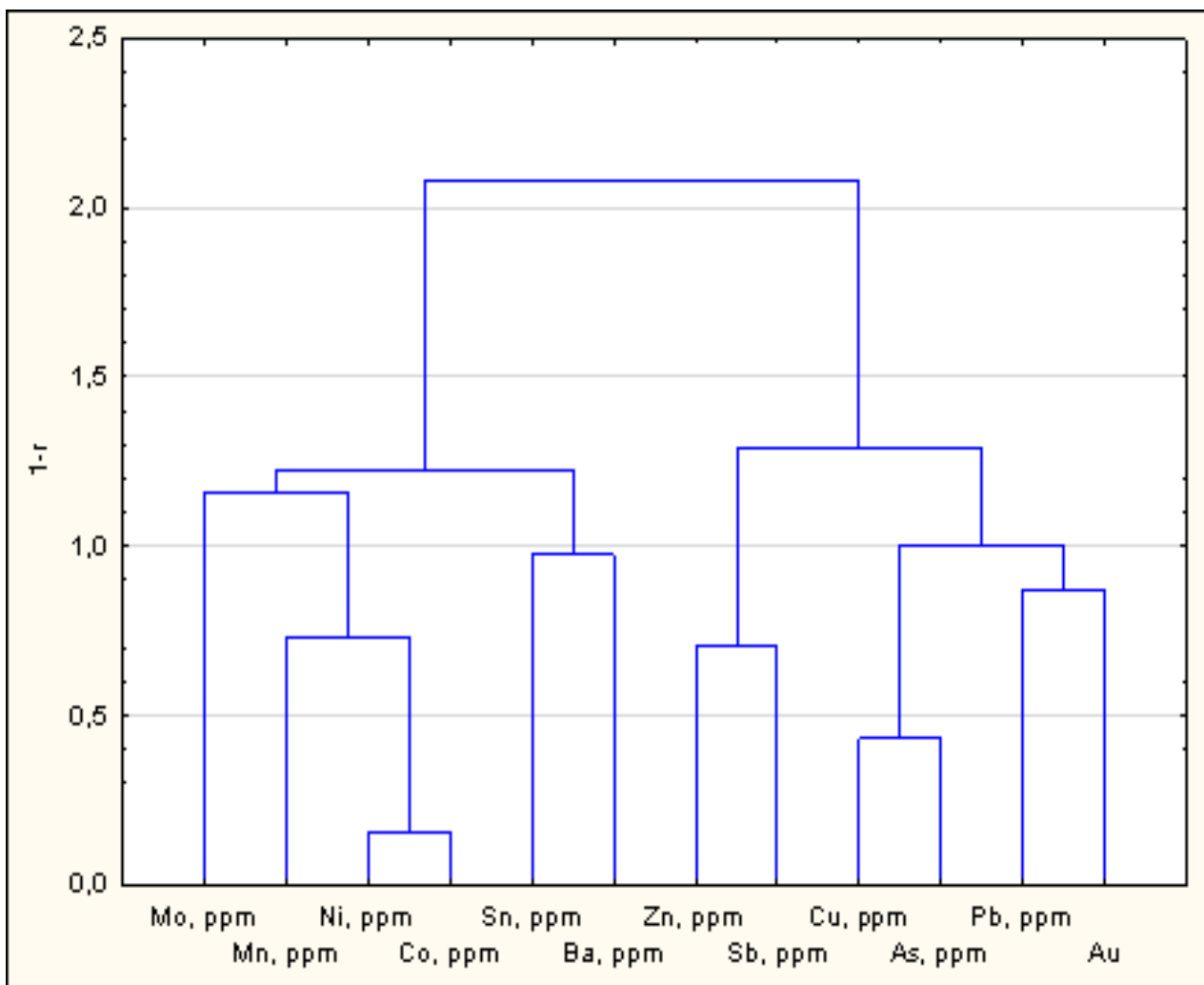


Рисунок 14 – Корреляционная дендрограмма

Сравнение средних содержаний золота и элементов примесей в рудах и вмещающих породах показало, что руды заметно обогащены золотом ( $K_k=250$ ), мышьяком ( $K_k=28$ ), свинцом ( $K_k=10$ ), сурьмой ( $K_k=9$ )

Данные корреляционной матрицы показывают, что сильная корреляционная связь в рудах была установлена между кобальтом и никелем, средняя между мышьяком и медью, а слабая между золотом и мышьяком, мышьяком и кобальтом, кобальтом и медью, кобальтом и марганцем, медью и никелем, медью и цинком, никелем и марганцем, никелем и цинком.

На основе рассчитанных коэффициентов корреляции построена дендограмма, на которой по силе связи между всеми элементами, выделяется две группы элементов. Вторая группа представлена рудогенная ассоциация объединяющая три группы, включающие практически все главные рудные элементы, в том числе золото, мышьяк и сурьму.

## 6 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

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

### 6.1 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ RL-3.0

Исследование зональности проводилось на участке Центральном по РТ-1 на RL-3.0

Исходными данными для расчета центров тяжести геохимических показателей I порядка являлись значения линейных продуктивностей по 7 уровням: (скважины-204,210,306, 127, 323, 139,142).

Затем по формуле 8 посчитаны центры тяжести графиков парных отношений элементов.

$$Z_{Au} = \frac{(1 \cdot 8.11 + 1.25 \cdot 20.34 + 2 \cdot 12.82 + 2.25 \cdot 9.91 + 2.75 \cdot 17.19 + 4 \cdot 7.27 + 4.5 \cdot 10.58)}{(8.11 + 20.34 + 12.82 + 9.91 + 17.9 + 7.27 + 10.58)} = 2.44$$

$$Z_{As} = \frac{(1 \cdot 2527.74 + 1.25 \cdot 15128.96 + 2 \cdot 3532.27 + 2.25 \cdot 2558.32 + 2.75 \cdot 17.19 + 4 \cdot 1377.84 + 4.5 \cdot 2169.09)}{(2527.74 + 15128.96 + 3532.27 + 2558.32 + 17.19 + 1377.84 + 2169.09)} = 1.82$$

$$Z_{Ba} = \frac{(1 \cdot 56.34 + 1.25 \cdot 82.83 + 2 \cdot 70.70 + 2.25 \cdot 99.36 + 2.75 \cdot 17.19 + 4 \cdot 84.15 + 4.5 \cdot 74.58)}{(56.34 + 82.83 + 70.71 + 99.36 + 17.19 + 84.15 + 74.58)} = 2.63$$

$$Z_{Co} = \frac{(1 \cdot 48.79 + 1.25 \cdot 1528.98 + 2 \cdot 70.71 + 2.25 \cdot 61.48 + 2.75 \cdot 2206.92 + 4 \cdot 57.04 + 4.5 \cdot 37.17)}{(48.79 + 1528.98 + 70.71 + 61.48 + 2206.92 + 57.04 + 37.17)} = 1.46$$

$$Z_{Cu} = \frac{(1 \cdot 358.12 + 1.25 \cdot 336.45 + 2 \cdot 259.14 + 2.25 \cdot 252.37 + 2.75 \cdot 253.46 + 4 \cdot 230.06 + 4.5 \cdot 208.08)}{(358.12 + 336.45 + 259.14 + 252.37 + 253.46 + 230.06 + 208.08)} = 2.65$$

$$Z_{Mn} = \frac{(1 \cdot 27268.59 + 1.25 \cdot 135204.11 + 2 \cdot 98999.05 + 2.25 \cdot 49260.08 + 2.75 \cdot 1073.56 + 4 \cdot 37565.72 + 4.5 \cdot 54532.25)}{(27268.59 + 135204.11 + 98999.05 + 49260.08 + 1073.56 + 37565.72 + 54532.25)} = 2.62$$

$$Z_{Mo} = \frac{(1 \cdot 2.41 + 1.25 \cdot 0.48 + 2 \cdot 1.71 + 2.25 \cdot 1.48 + 2.75 \cdot 2.79 + 4 \cdot 3.61 + 4.5 \cdot 4.7)}{(2.41 + 0.84 + 1.71 + 1.48 + 2.79 + 3.61 + 4.7)} = 4.28$$

$$Z_{Ni} = \frac{(1 \cdot 92.84 + 1.25 \cdot 191.53 + 2 \cdot 96.94 + 2.25 \cdot 93.76 + 2.75 \cdot 84.07 + 4 \cdot 76.19 + 4.5 \cdot 61.83)}{(92.84 + 191.53 + 96.94 + 93.76 + 84.07 + 76.19 + 61.83)} = 2.48$$

$$Z_{Pb} = \frac{(1 \cdot 52.23 + 1.25 \cdot 100.19 + 2 \cdot 63.39 + 2.25 \cdot 52.69 + 2.75 \cdot 43.35 + 4 \cdot 56.34 + 4.5 \cdot 59.62)}{(52.23 + 100.19 + 63.39 + 52.69 + 43.35 + 56.34 + 59.62)} = 2.84$$

$$Z_{Sb} = \frac{(1 \cdot 7.5 + 1.25 \cdot 4994.19 + 2 \cdot 1131.24 + 2.25 \cdot 1894.26 + 2.75 \cdot 1420.89 + 4 \cdot 614.48 + 4.5 \cdot 478.58)}{(7.5 + 4994.19 + 1131.24 + 1894.26 + 1420.89 + 614.48 + 478.58)} = 2.16$$

$$Z_{Sn} = \frac{(1 \cdot 2.72 + 1.25 \cdot 5.12 + 2 \cdot 2.09 + 2.25 \cdot 2.29 + 2.75 \cdot 1.89 + 4 \cdot 1.56 + 4.5 \cdot 1.13)}{(2.72 + 5.12 + 2.09 + 2.29 + 1.89 + 1.56 + 1.13)} = 2.27$$

$$ZW = (1 \cdot 6.81 + 1.25 \cdot 11.23 + 2 \cdot 5.18 + 2.25 \cdot 6.72 + 2.75 \cdot 4.8 + 4 \cdot 4.1 + 4.5 \cdot 5.27) / (6.81 + 11.23 + 5.18 + 6.72 + 4.8 + 4.1 + 5.27) = 2.61$$

$$Z_{Zn} = (1 \cdot 91.27 + 1.25 \cdot 459.96 + 2 \cdot 136.40 + 2.25 \cdot 174.25 + 2.75 \cdot 174.64 + 4 \cdot 242.35 + 4.5 \cdot 57.15) / (91.27 + 459.96 + 136.40 + 174.25 + 174.64 + 242.35 + 57.15) = 2.41$$

Ранжируя значения приведенных выше центров тяжести  $v$  получаем следующий ряд зонального отложения элементов: Mo (4.28) → Pb (2.84) → Cu (2.65) → Ba (2.63) → Mn (2.62) → W (2.61) → Ni (2.48) → Au (2.44) → Zn (2.41) → Sn (2.27) → Sb (2.16) → As (1.82) → Co (1.46).

Окончательный ряд геохимической зональности по RL-3.0 имеет следующий вид (снизу вверх): Mo → Pb → Cu → (Ba,W) → Ni → (Au,Zn) → Sn → Sb → As → Co

## 6.2 ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ RL-8.0

Исследование зональности проводилось на участке Восточном по РТ-2 на RL-8.0

Исходными данными для расчета центров тяжести геохимических показателей I порядка являлись значения линейных продуктивностей по 4 уровням: (скважины-361,260,206,131).

Затем по формуле 8 посчитаны центры тяжести графиков парных отношений элементов.

$$Z_{Au} = (1.75 \cdot 67.72 + 2.25 \cdot 37.97 + 2.75 \cdot 16.15 + 3 \cdot 13.21) / (67.72 + 37.97 + 16.15 + 13.21) = 2.23$$

$$Z_{As} = (1.75 \cdot 19777.93 + 2.25 \cdot 10336.93 + 2.75 \cdot 1385.01 + 3 \cdot 10776.89) / (19777.93 + 10336.93 + 1385.01 + 10776.89) = 2.34$$

$$Z_{Ba} = (1.75 \cdot 424.29 + 2.25 \cdot 309.67 + 2.75 \cdot 189.66 + 3 \cdot 278.72) / (424.29 + 309.67 + 189.66 + 278.72) = 2.33$$

$$Z_{Co} = (1.75 \cdot 170.29 + 2.25 \cdot 173.06 + 2.75 \cdot 105.70 + 3 \cdot 155.33) / (170.29 + 173.06 + 105.70 + 155.33) = 2.39$$

$$Z_{Cu} = (1.75 \cdot 359.01 + 2.25 \cdot 366.95 + 2.75 \cdot 230.12 + 3 \cdot 324.08) / (359.01 + 366.95 + 230.12 + 324.08) = 2.390$$

$$Z_{Mn} = (1.75 \cdot 15981.41 + 2.25 \cdot 12032.52 + 2.75 \cdot 37477.58 + 3 \cdot 15356.28) / (15981.41 + 12032.52 + 37477.58 + 15356.28) = 2.53$$

$$Z_{Mo} = (1.75 \cdot 0.38 + 2.25 \cdot 0.40 + 2.75 \cdot 0.89 + 3 \cdot 0.45) / (0.38 + 0.40 + 0.89 + 0.45) = 2.53$$

$$Z_{Ni} = (1.75 \cdot 247.55 + 2.25 \cdot 268.51 + 2.75 \cdot 151.11 + 3 \cdot 271.14) / (247.55 + 268.51 + 151.11 + 271.14) = 2.42$$

$$Z_{Pb} = (1.75 \cdot 247.55 + 2.25 \cdot 2296.22 + 2.75 \cdot 67.97 + 3 \cdot 115.51) / (247.55 + 2296.22 + 67.97 + 115.51) = 2.25$$

$$Z_{Sb} = (1.75 \cdot 81.85 + 2.25 \cdot 63.78 + 2.75 \cdot 39.14 + 3 \cdot 76.09) / (81.85 + 63.78 + 39.14 + 76.09) = 2.83$$

$$Z_{Sn} = (1.75 \cdot 5.91 + 2.25 \cdot 6.86 + 2.75 \cdot 3.37 + 3 \cdot 6.24) / (5.91 + 6.86 + 3.37 + 6.24) = 2.40$$

$$Z_{W} = (1.75 \cdot 12.81 + 2.25 \cdot 13.04 + 2.75 \cdot 7.74 + 3 \cdot 13.48) / (12.81 + 13.04 + 7.74 + 13.48) = 2.42$$

$$Z_{Zn} = (1.75 \cdot 451.91 + 2.25 \cdot 551.89 + 2.75 \cdot 255.23 + 3 \cdot 788.38) / (451.91 + 551.89 + 255.23 + 788.38) = 2.49$$

Ранжируя значения приведенных выше центров тяжести  $v$  получаем следующий ряд зонального отложения элементов: Sb(2.83) → Mo(2.53) → Mn(2.53) → Zn(2.49) → Ni (2.42) → W (2.42) → Sn (2.40) → Cu (2.39) → Co (2.39) → As (2.34) → Ba(2.33) → Pb (2.25) → Au (2.23)

Окончательный ряд геохимической зональности по RL-3.0 имеет следующий вид (снизу вверх): Sb→(Mo, Mn)→Zn→(Ni, W)→Sn→(Cu, Co)→As→Ba→Pb→Au.

Сравнение сходства частных рядов зонального отложения элементов производилось путем нахождения между ними рангового коэффициента корреляции. В рядах сильно различается положение одного из главных сопутствующих элементов – сурьмы, если на разведочной линии 3 она располагается в верхней части рудного тела, то на РЛ8 она распространена в нижней части рудного тела. Полученное значение рангового коэффициента корреляции составило 0.44, что свидетельствует об их различиях и не позволяет получить обобщенный ряд зональности. Это объясняется не большим интервалом на глубину изучения зональности на РЛ8.

### 6.3 ПОСТРОЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

В данном разделе приведены аномальные геохимические поля золота и элементов типоморфного комплекса, по данным как химического так и спектрального анализов.

В выборке представлены следующие элементы: Au, As, Pb, Sb

В программе Surfer построены изолинии аномальных концентраций золота и главных химических элементов (Au, As, Pb, Sb) по RL-3.0, которые представлены на рисунках 15, 16, 17, 18/

Аномальные концентрации золота и главных химических элементов (Au, As, Pb, Sb) по RL-8.0 представлены на рисунках 19, 20, 21, 22.

Параметры эллипсоида поиска: длинная ось 200; короткая 20; наклон 30градусов

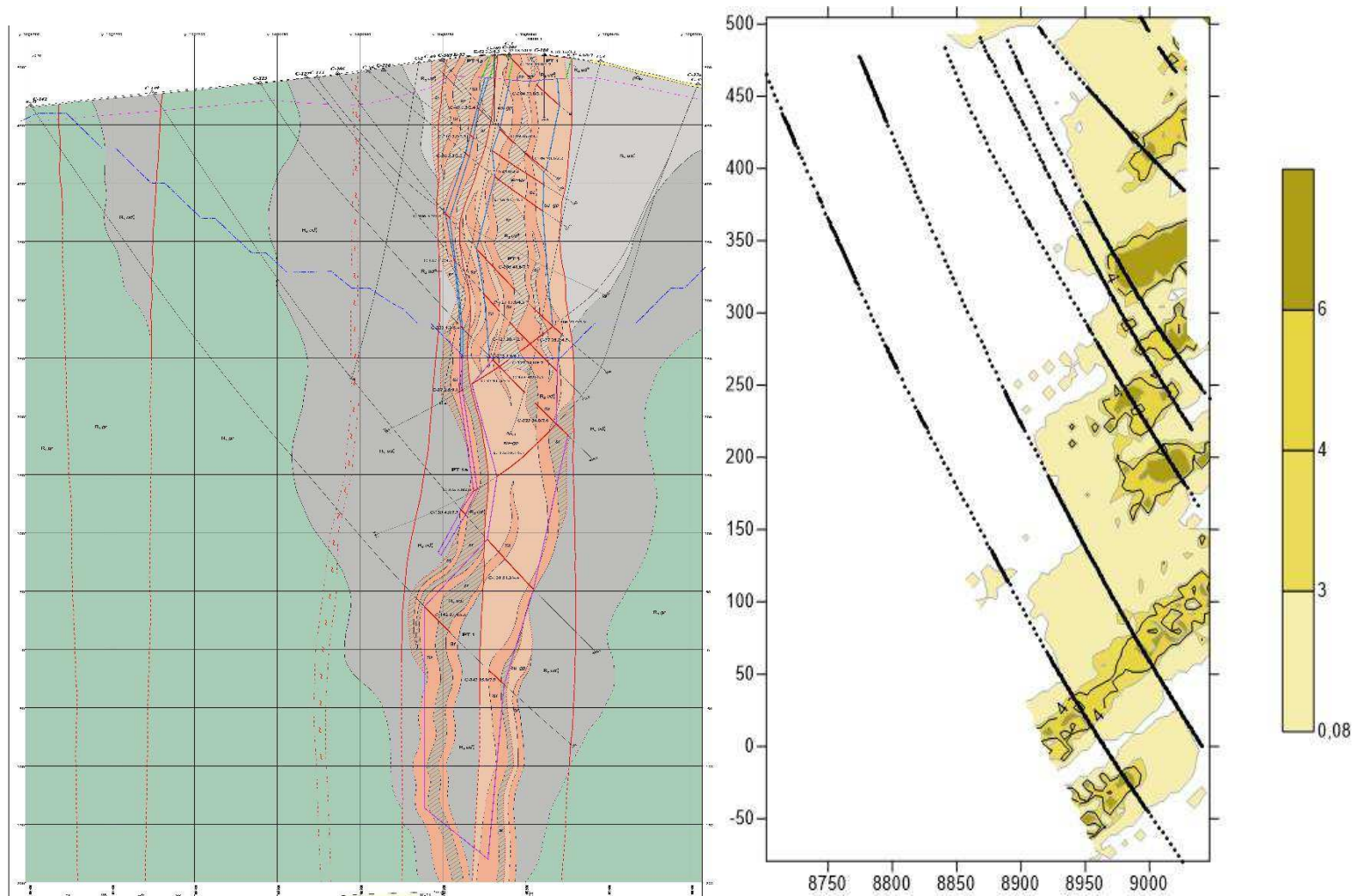


Рисунок 15 – Карта Распределение золота в плоскости RL3

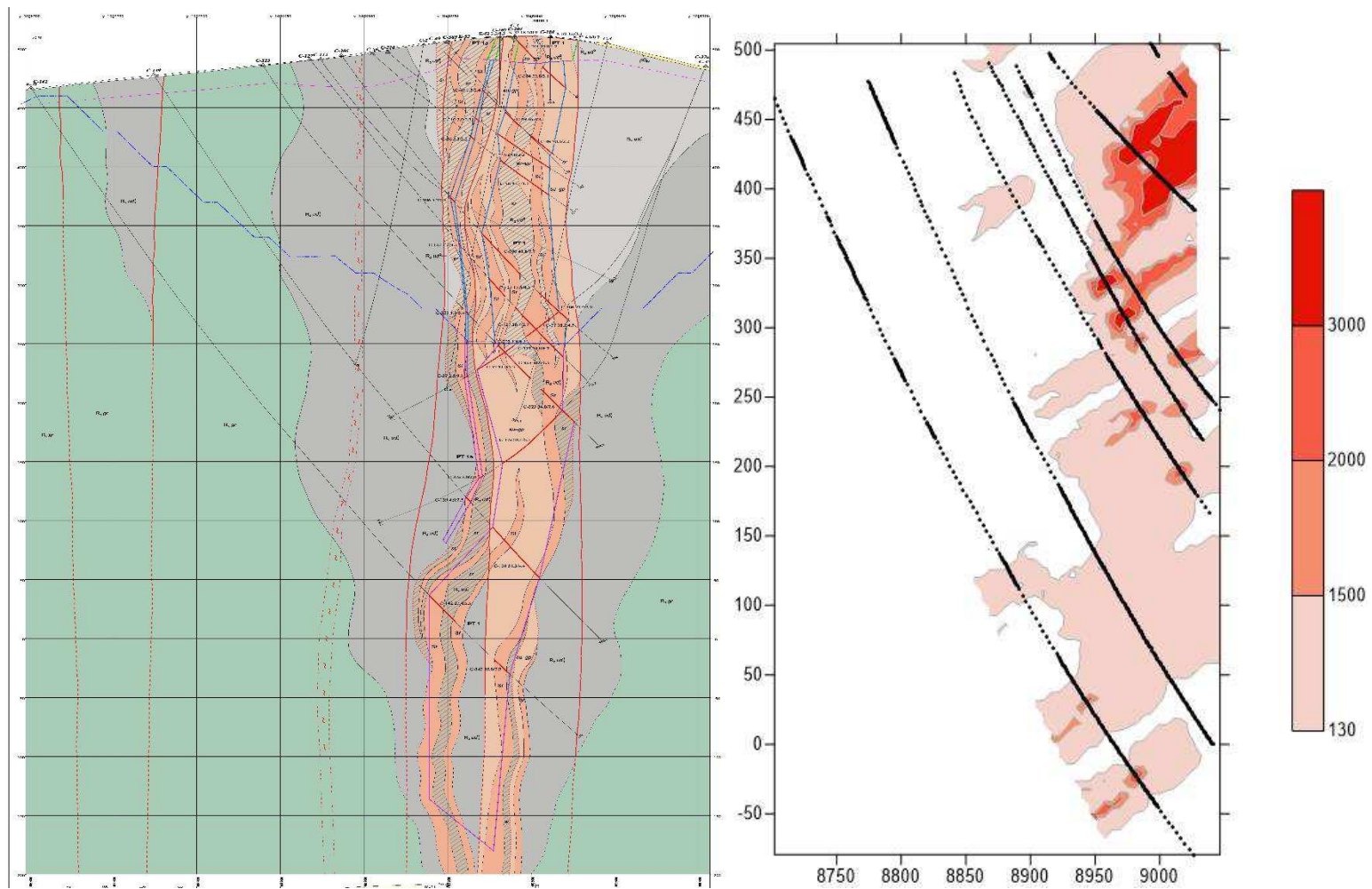


Рисунок 16 – Распределение мышьяка в плоскости RL3



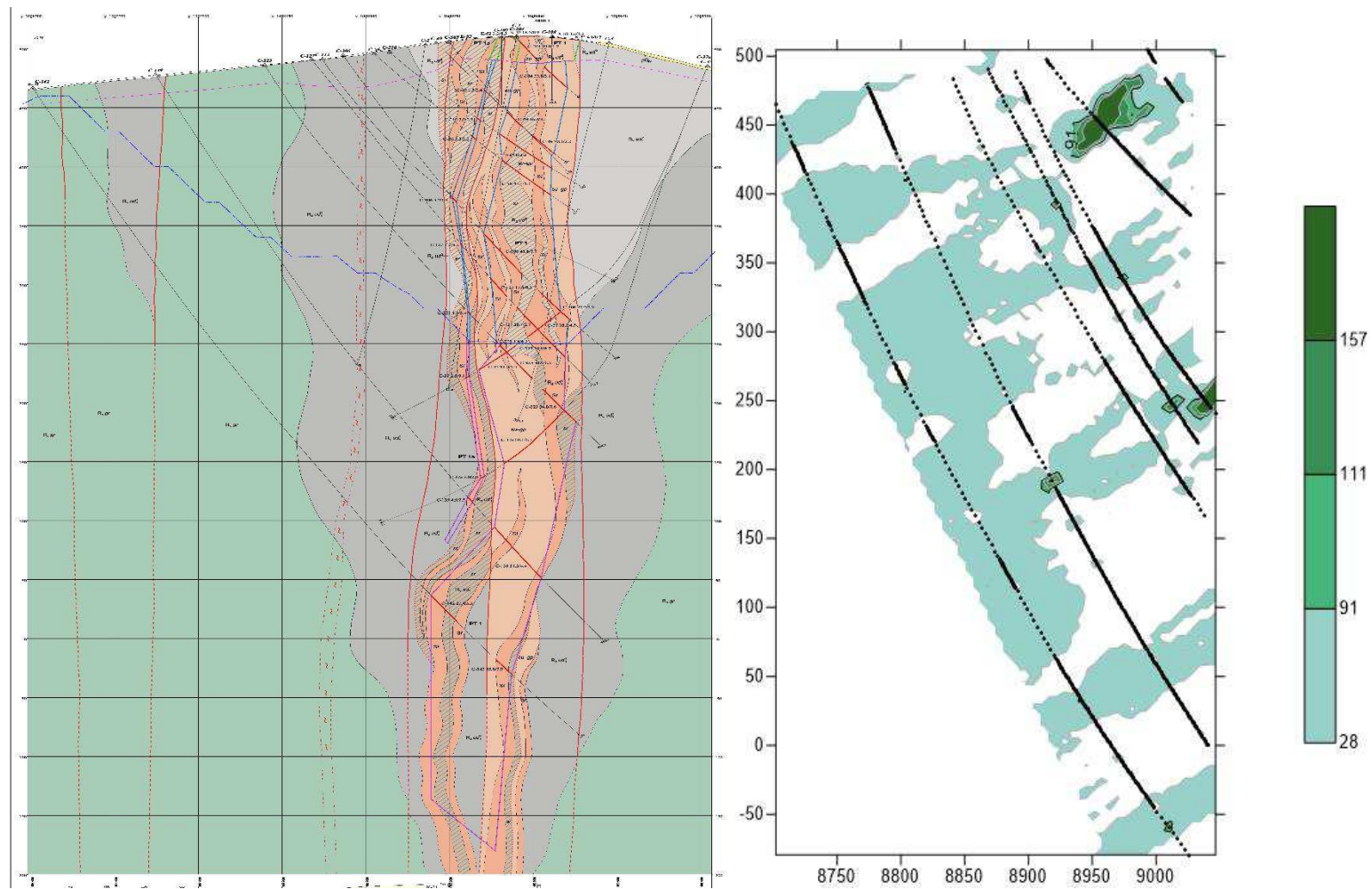


Рисунок 17 – Распределение свинца в плоскости RL3



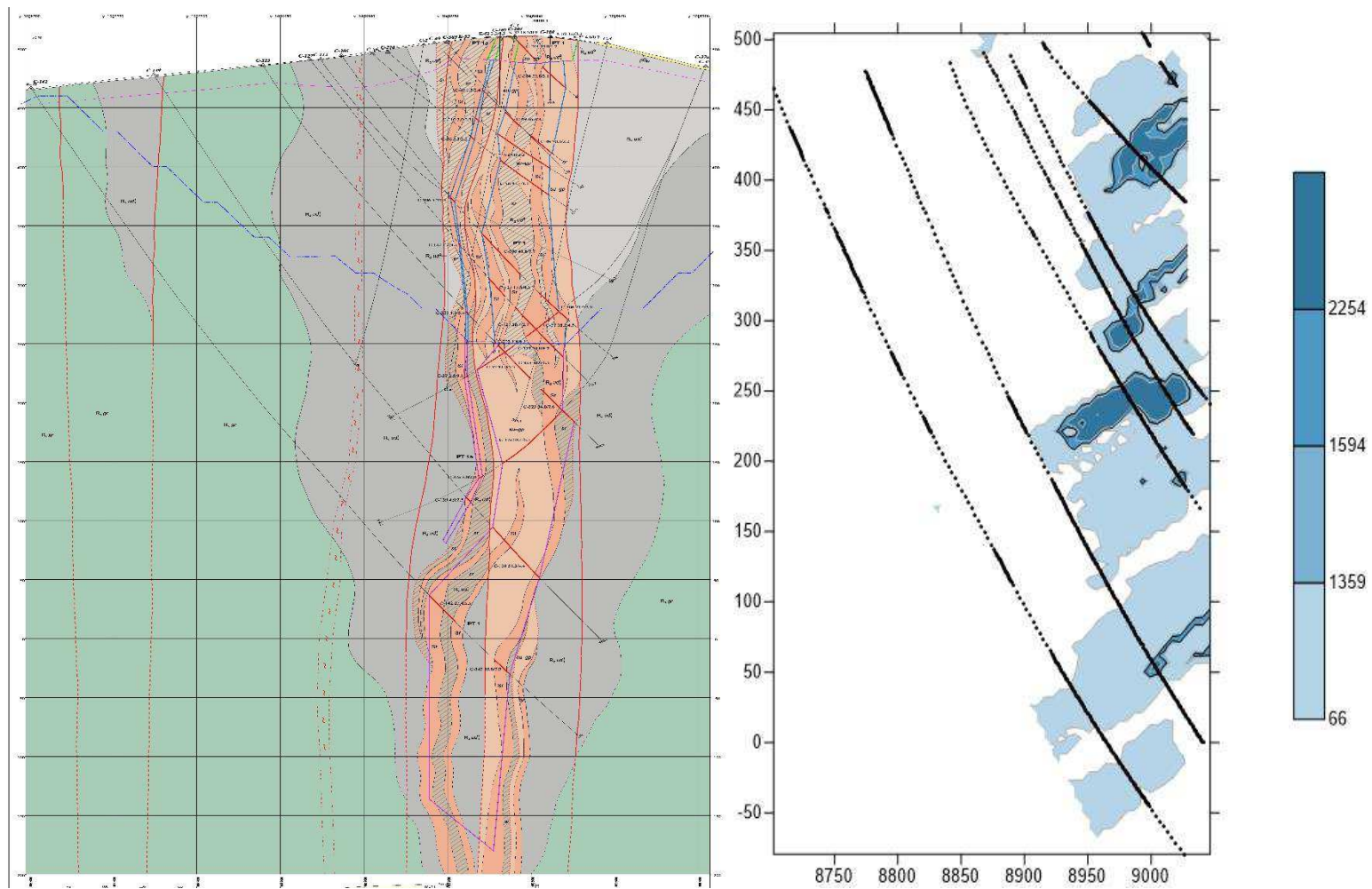


Рисунок 18– Распределение сурьмы в плоскости RL3

Распределение ореолов Au, As, Pb, Sb отмечается в кварц-серицитовых метасоматитах по рудному телу 1.

Золото образует аномалии неправильной формы, накапливается по всему горизонту. Аномалии вскрыты 7 скважинами. Аномалии с более высоким содержанием вскрыты скважинами 306 и 323.

Мышьяк в основном накапливается в верхних частях рудного тела 1. Аномалия с более высоким содержанием локализуется в верхней части рудного тела, вскрытой скважиной 210. Аномалия с низким содержанием локализуется в нижней части рудного тела и вскрыт скважиной 142.

Свинец образует округлые аномалии неправильные формы и имеет небольшое распространение по рудному телу. Аномалия с высоким содержанием вскрыты скважинами 210 и 306.

Сурьма образует вытянутые неправильные формы, локализуется в верхних частях рудного тела. Аномалии с более высоким содержанием вскрыты скважинами 210, 306, 127, 323.

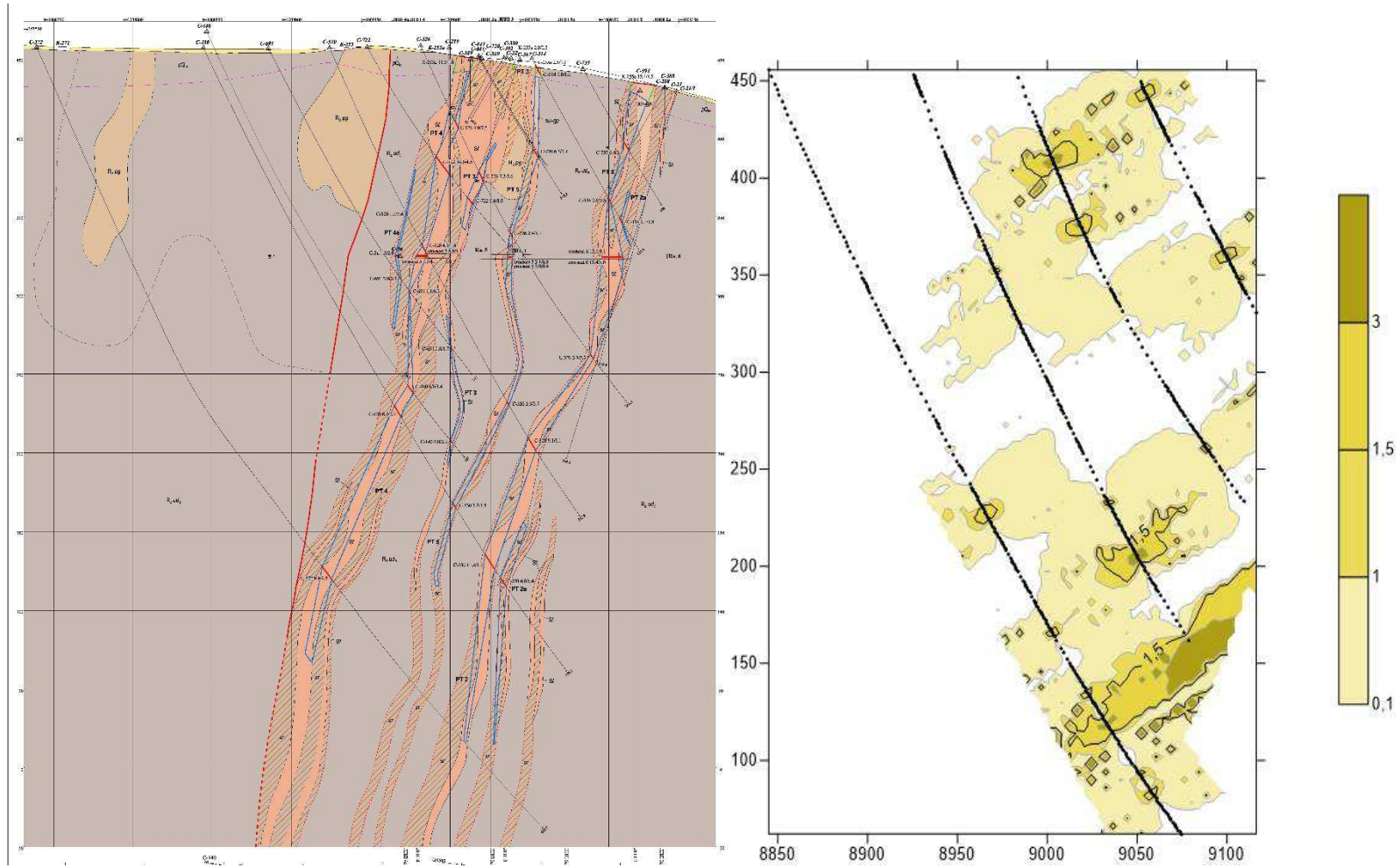


Рисунок 19 – Распределение золота в плоскости RL8

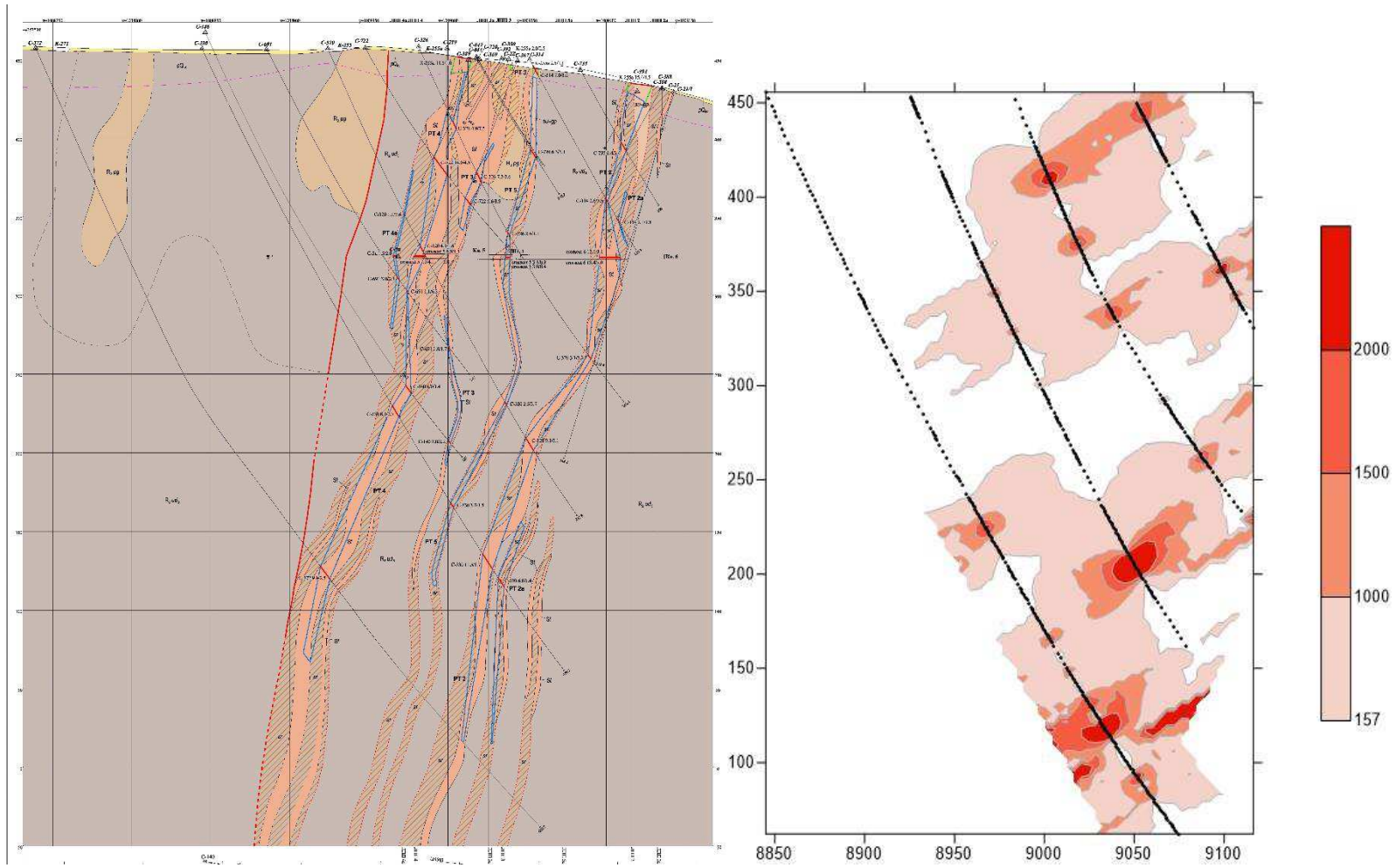


Рисунок 20 – Распределение мышьяка в плоскости RL8



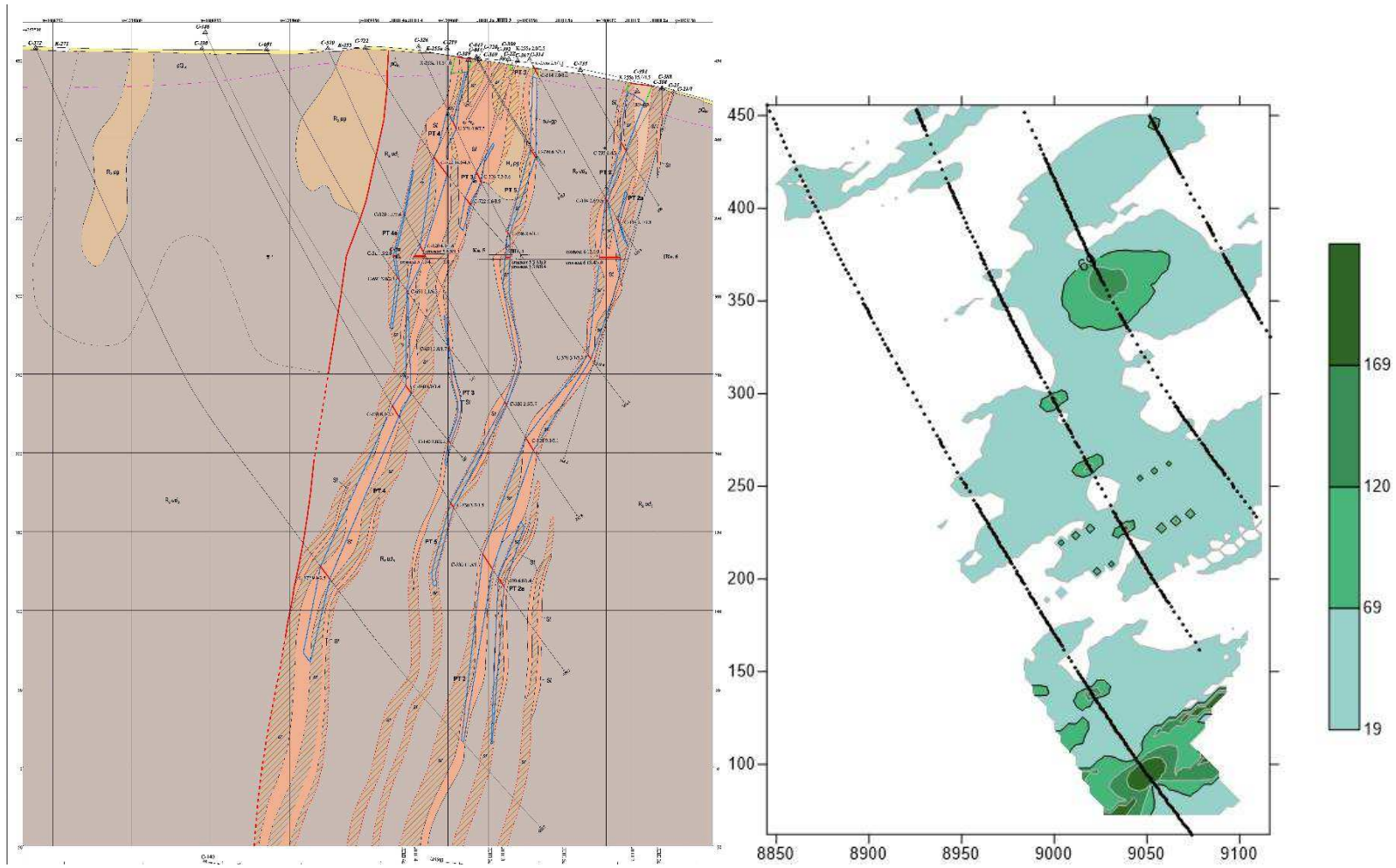


Рисунок 21 – Распределение свинца в плоскости RL8

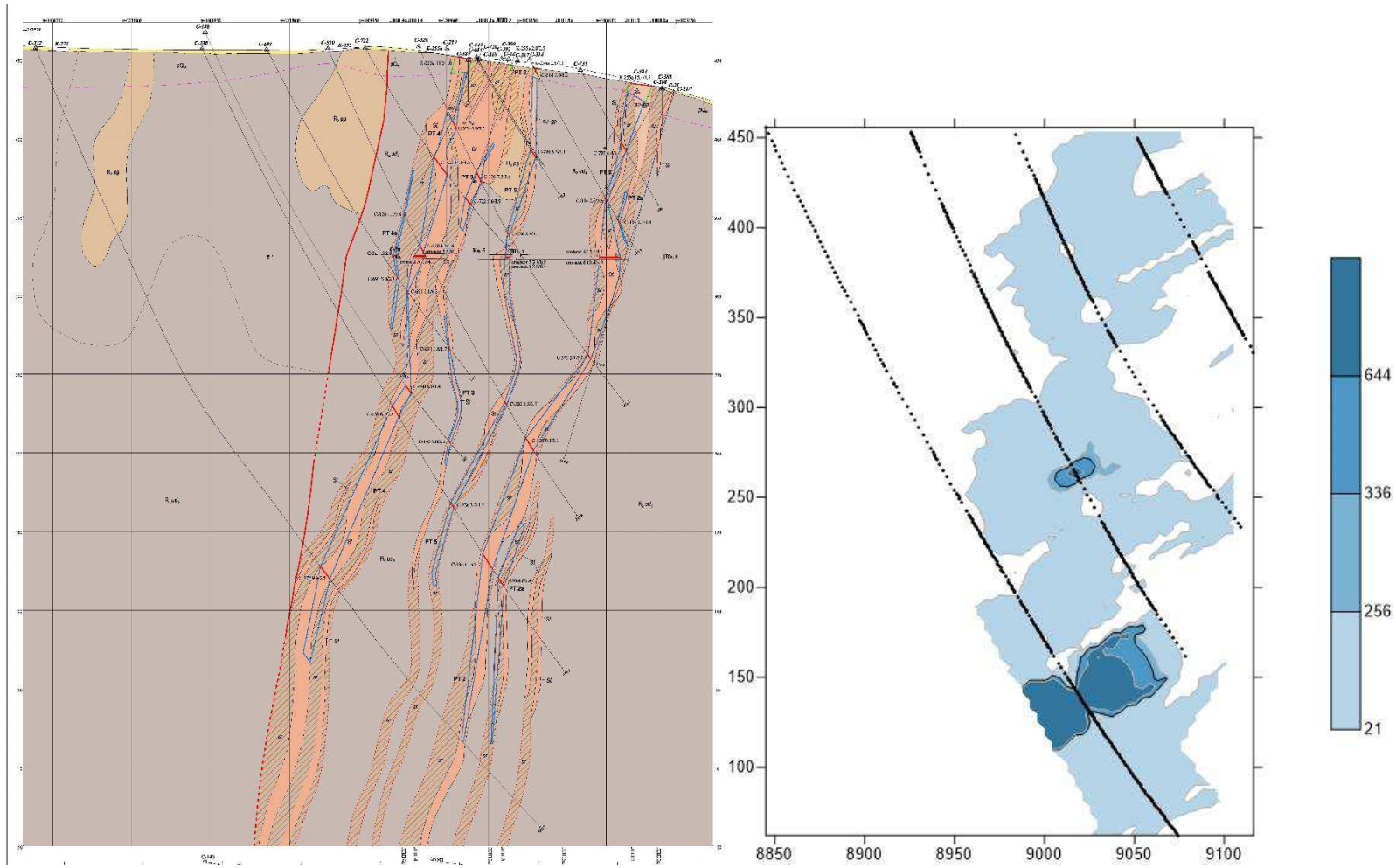


Рисунок 22 –Распределение сурьмы в плоскости RL8

Распределение ореолов Au, As, Pb, Sb отмечается в серицитолитах по рудному телу 2.

Золото образует аномалии округлой неправильной формы, накапливается в верхней и нижней части рудного тела. Аномалии вскрыты 4 скважинами. Аномалии с более высоким содержанием вскрыты скважинами 320 и 330.

Мышьяк накапливается в верхней и нижней части рудного тела 2. Аномалия с более высоким содержанием локализуется в нижней части и вскрыт скважинами 320 и 330. Аномалия с высоким содержанием, но небольшим участком распространения вскрыт скважиной 326.

Свинец образует округлые неправильные формы. Аномалия с высоким содержанием вскрыты скважинами 326 и 330.

Сурьма образует неправильные формы, локализуется в нижней части рудного тела. Аномалии с более высоким содержанием вскрыт скважиной 330.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы были изучены петрография и геохимические особенности пород и руд Ведугинского месторождения

Приведена петрографическая характеристика главных типов рудоносных метасоматитов (серицитолиты, кварцитолиты).

Выявлена геохимическая специализация вмещающих пород, данные показали, что вмещающие породы Ведугинского месторождения (RL3) обогащены мышьяком ( $K_k=37$ ), сурьмой ( $K_k=23$ ), вольфрамом ( $K_k=8.3$ ), золотом ( $K_k=3.0$ ) в меньшей степени кобальтом и цинком ( $K_k=1.2$ ), в них также наблюдается дефицит бария ( $K_k=0,08$ ) и олова ( $K_k=0,10$ ).

Типоморфный комплекс элементов для рудного тела представлен золотом, сурьмой, мышьяком, свинцом, а также элементами-спутниками, которые характерны для сульфидов, находящихся в ассоциации с золотом – медь, цинк.

На основе расчета коэффициентов корреляции и построения корреляционных дендрограмм выделена рудная ассоциация: золото – мышьяк – сурьмяная.

Рассчитаны ряды зонального отложения элементов путем их ранжирования по центрам тяжести графиков парных отношений содержаний. Ряд по RL3 имеет следующий вид (снизу вверх):  $Mo \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow (Ba, W) \rightarrow Ni \rightarrow (Au, Zn) \rightarrow Sn \rightarrow Sb \rightarrow As \rightarrow Co$

Ряд по RL8 имеет следующий вид (снизу вверх):  $Sb \rightarrow (Mo, Mn) \rightarrow Zn \rightarrow (Ni, W) \rightarrow Sn \rightarrow (Cu, Co) \rightarrow As \rightarrow Ba \rightarrow Pb \rightarrow Au$ .

Распределение золота и главных его спутников по разрезам на глубинусоответствует их положению в рядах зонального отложения.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Au – золото  
Ab –  
As – мышьяк  
Ba – барий  
Bul – буланжерит  
Cal – кальцит  
Cu – медь  
Co – кобальт  
Gn – галенит  
Chl – халькопирит  
Mnz – монацит  
Mn – марганец  
Mo – молибден  
Pb – свинец  
Po – пирит  
Py – пирротин  
Qz – кварц  
RL – разведочная линия  
Sid – сидерит  
Sb - самородная сурьма  
Sn – олово  
Tet – тетраэдрит  
Ulm – ульманит  
Zr – циркон  
Zn – цинк  
W – вольфрам

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей/ Ананьев А.А., Власов В.С., Звягина Е.А., Леонтьев С.И., Полева Т.В., Сазонов А.М., Тишин П.А., Федорова А.В., Хохлов А.Н.

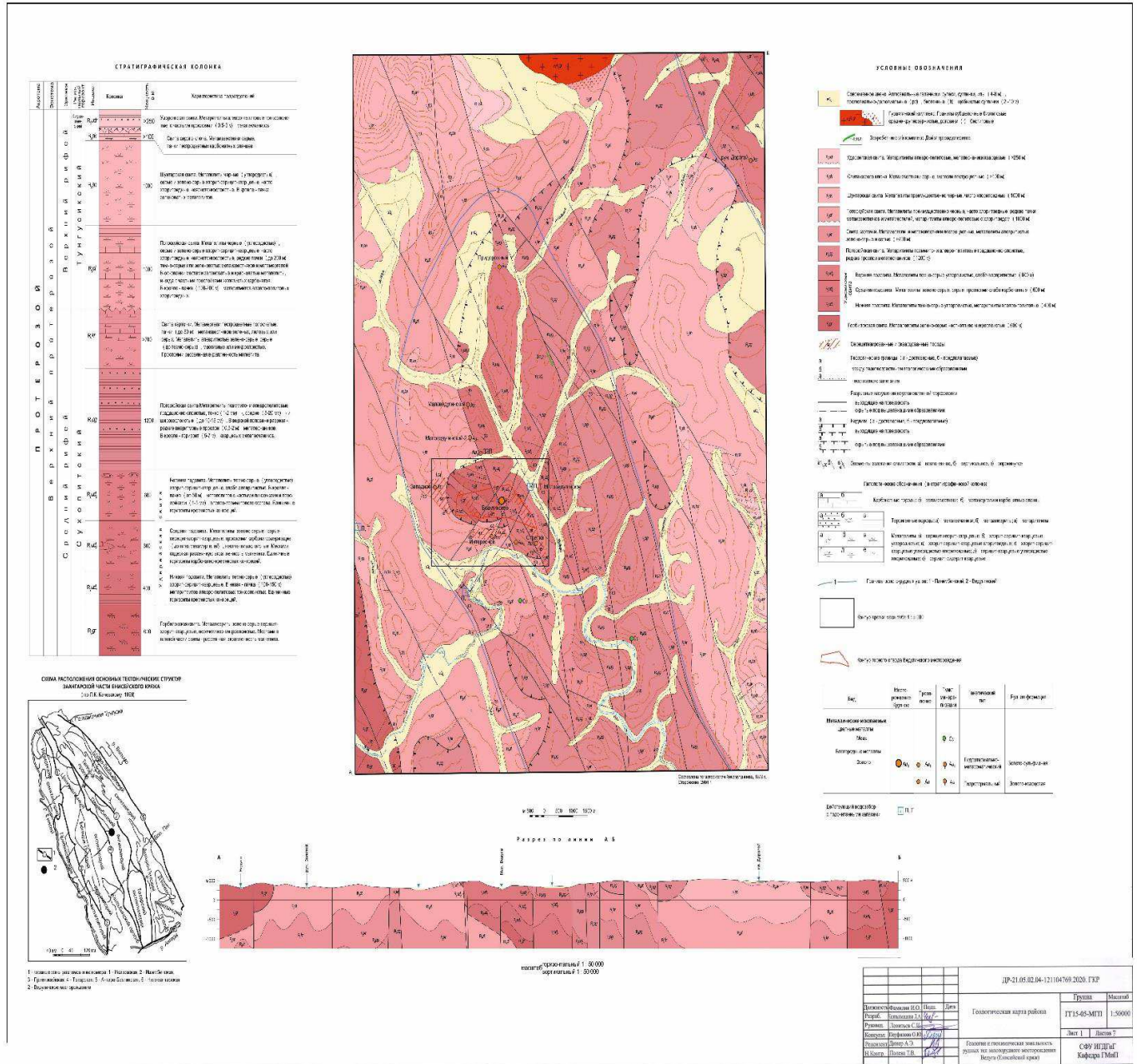
2. Динер А.Э. Отчёт о результатах геологоразведочных работ на Ведугинском месторождении рудного золота (за период 2004-2010 гг.). Красноярск, 2010.

3. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов – М.: Недра, 1985, 294 с. ил.

4. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов: учебное пособие / А. Л. Перчук, О. Г. Сафонов, Л. В. Сазонова, П. Л. Тихомиров, П. Ю. Плечев, М. Ю. Шур.-М.: КДУ; Университетская книга, 2015.-472с.: цв. ил., табл.;

# ПРИЛОЖЕНИЕ А ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАЙОНА МАСШТАБ 1:50000

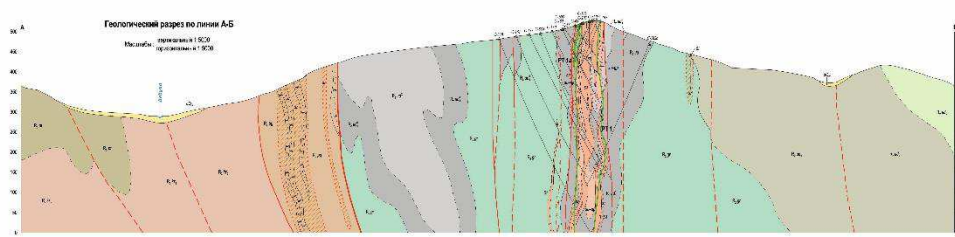
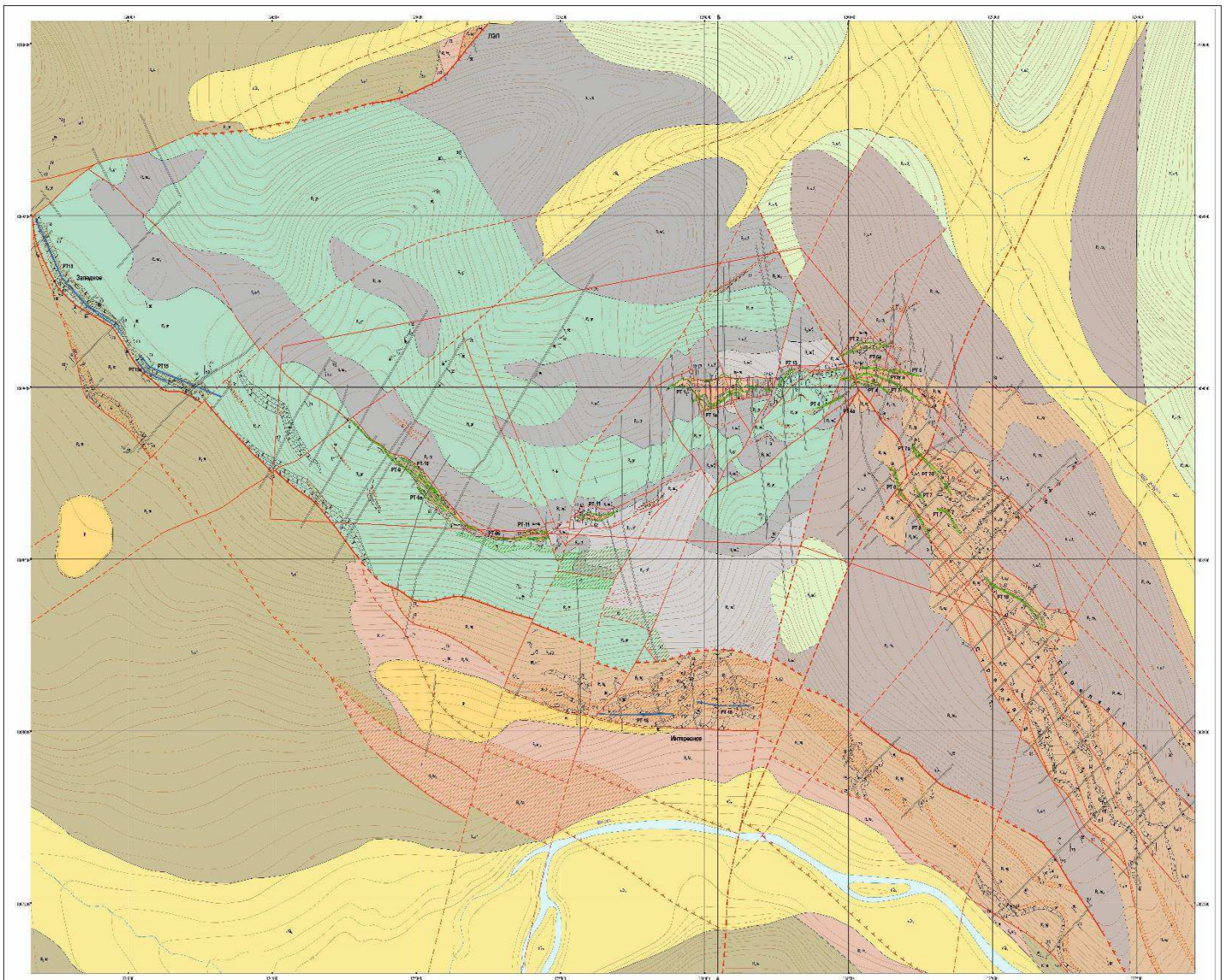
ПРИЛОЖЕНИЕ А





# ПРИЛОЖЕНИЕ Б ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ВЕДУГИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ МАСШТАБ 1:5000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



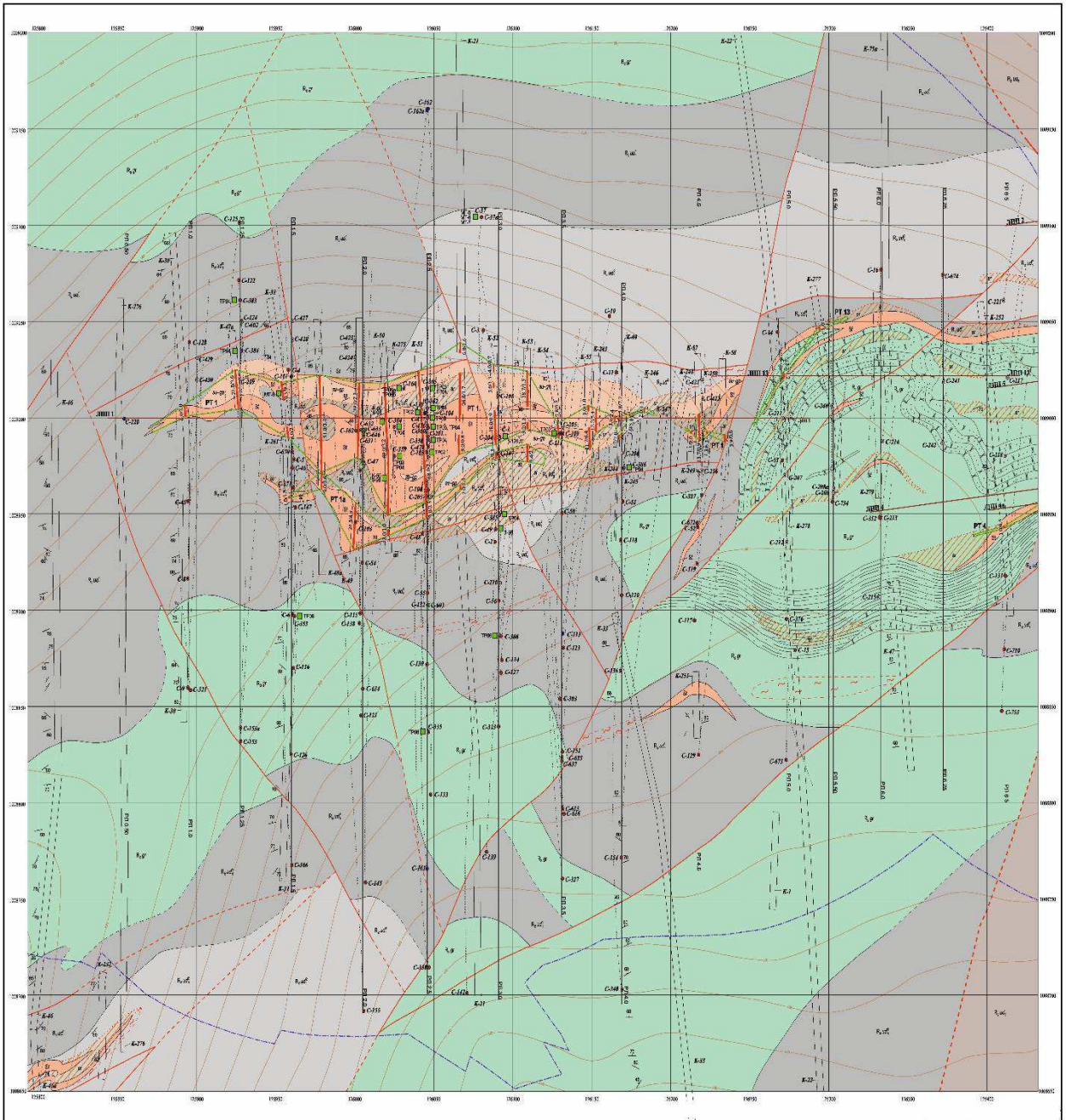
ДР-21.05.02.04-21104760.2020. Г.К.3011				Уровень	Масштаб
Автор/Исполнитель	И.И.И.	Дата		Геологическая карта	ГТ15-05-МП
Ручка	Колесников С.И.	2020.05		Ведугинского рудного поля	1:5000
Рисунки	Колесников С.И.			Лист 2	Листов 7
Промышл. Разработка	И.И.И.			СФУ ИСЗРГГиГ	
Обсуждение	И.И.И.			Катоды Г.Май	
И.И.И.	И.И.И.			Данные о геологической информации получены из государственного геологического фонда Российской Федерации.	





# ПРИЛОЖЕНИЕ Г ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ПЛАН ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА МАСШТАБ 1:1000

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

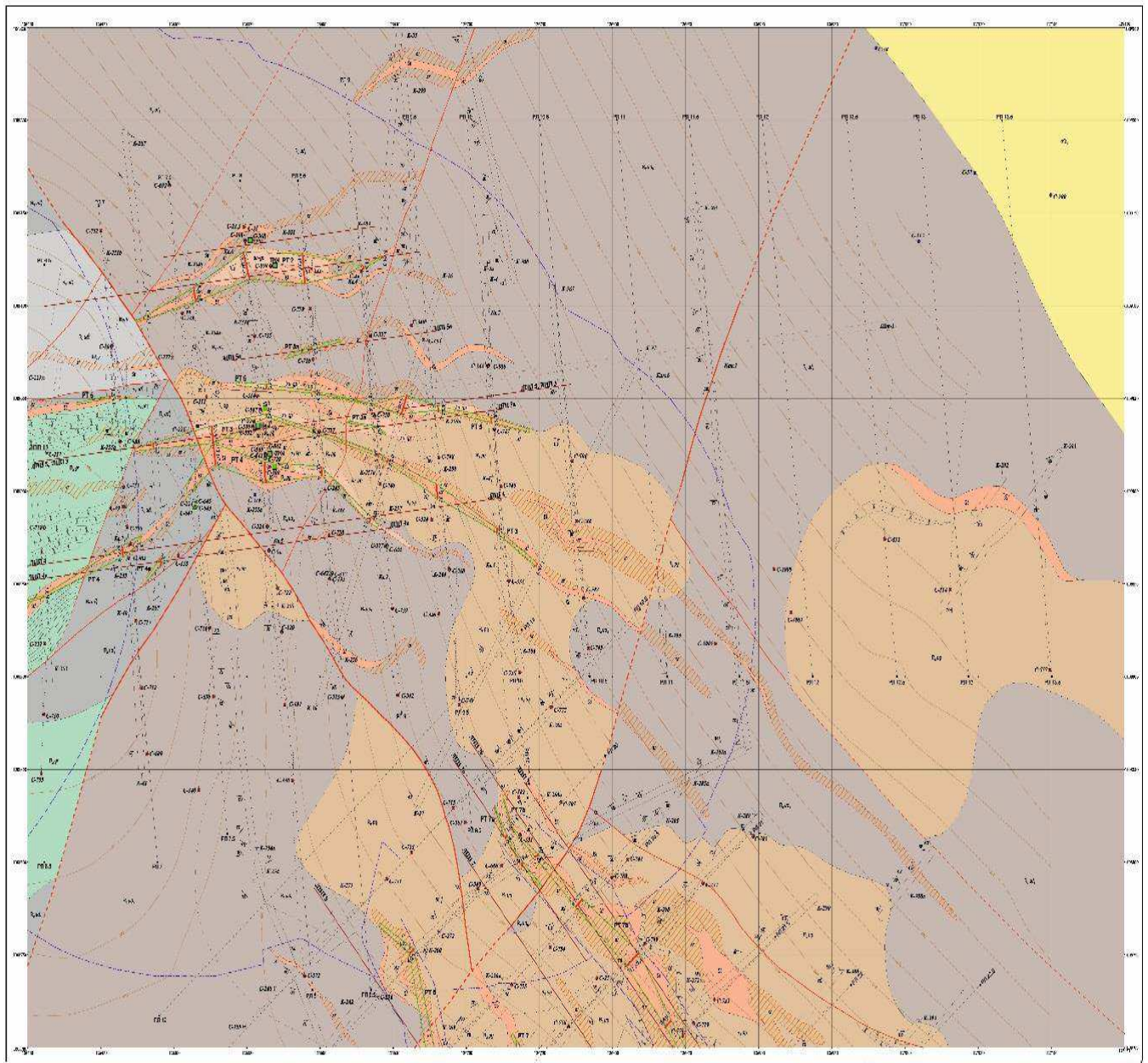


		ДР-21.05.02.04-121104769.2020 ГПГУ	
Должность	Фамилия И.О. Пол	Дата	Масштаб
Руководитель	Васильева С.А.	2020	1:1000
Рисующий	Попович С.В.		
Проверяющий	Сорокина О.В.		Лист 4 из 7
Разработчик	Васильева С.А.		Геология и геоморфология территории
Исполнитель	Попович С.В.		Геология и геоморфология территории
			Восстание (Генеральный проект)
			СФУ ИГиГГ
			Катедра ГММ



# ПРИЛОЖЕНИЕ Д ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ПЛАН ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА МАСШТАБ 1:1000

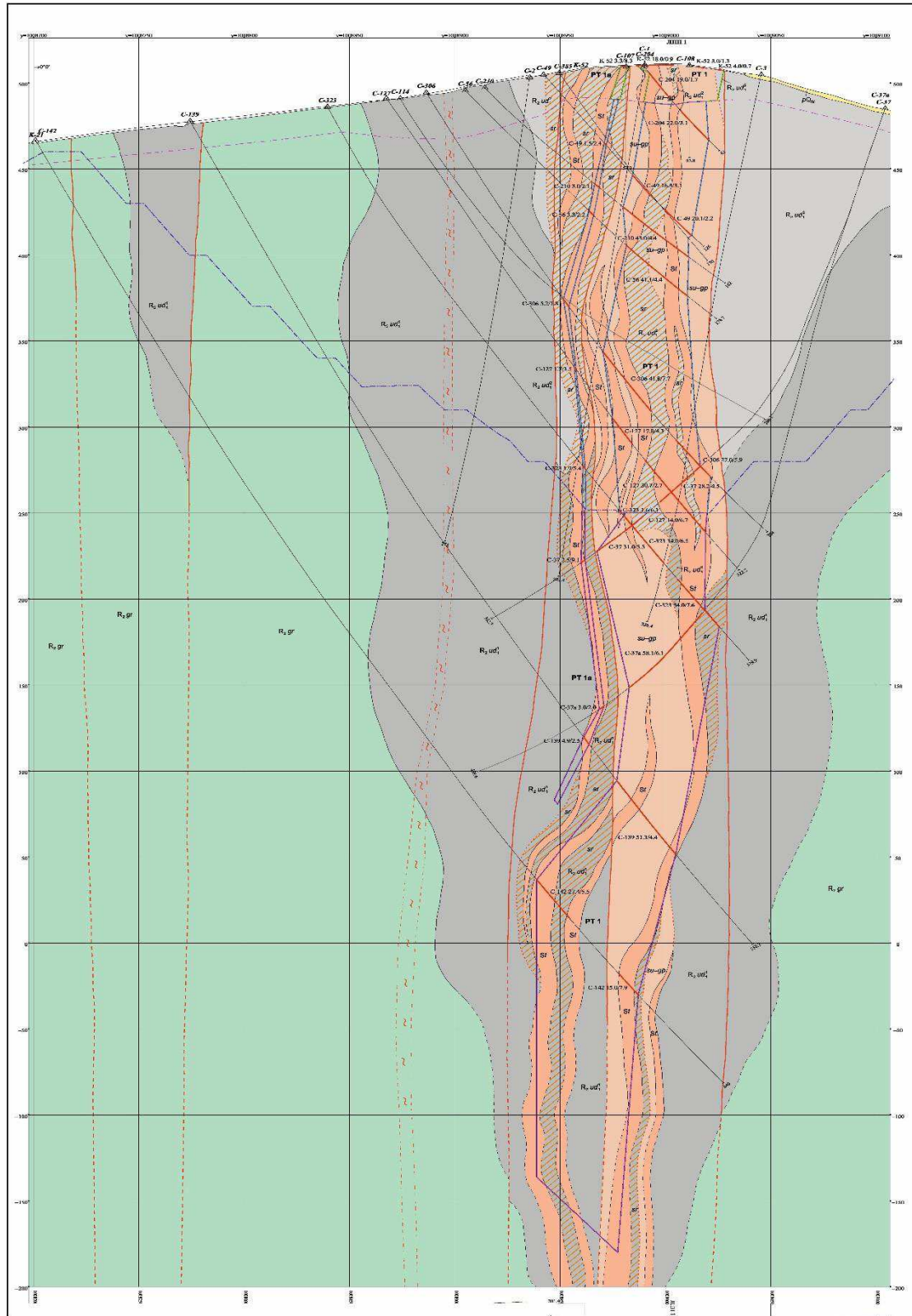
ПРИЛОЖЕНИЕ Д



		ИР-01 05-02-04-111.00768.003.01.001	
Исполнитель: ООО "Техно-Строй"	Дата: 2011	Геологический план восточного участка	Читка: ИТ-14-05-МТД
Автор: Александр С. С.	Дата: 2011		Масштаб: 1:1000
Проверил: Сергей А. С.	Дата: 2011	Получено и исполнено по заказу ООО "Техно-Строй" от ИР-01 05-02-04-111.00768.003.01.001	Лист 5 из 5
С. А. С.	С. А. С.		С. А. С.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Е ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО РЛ-3.0 МАСШТАБ 1:1000

ПРИЛОЖЕНИЕ Е




		ДР-21.05.02.04-121104769.2020. ГРРП-3.0	
Исполнитель	Фоминин Н.О.	Группа	ИГ 13-05-МЭП
Проверен	Волобухин С.В.	Масштаб	1:1000
Утвержден	Давыдов С.И.	Лист	6
Разработчик	Давыдов А.С.	Листов	7
И.И. Козлов	Павлова Т.В.	СФУ ИГД 'Г' - Кафедра ГМЭП	





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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**


21.05.02 «Прикладная геология»

21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»


Геология и геохимическая зональность рудных тел золоторудного  
месторождения Ведуга (Енисейский край)

Научный  
руководитель   
подпись, дата

Профессор каф. ГМиП  
к.г.-м. н. С.И. Леонтьев

Выпускник   
подпись, дата

Л.А. Челтыгмашева

Рецензент   
подпись, дата

Главный геолог  
ООО ГРК «Амикан», А.Э. Динер

Красноярск 2020 г.