

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов

Кафедра «Геологии, минералогии и петрографии»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.И. Леонтьев
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2023 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.02 «Прикладная геология»

21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»

«Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным
литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния
(Алтайский край)»

Руководитель	_____	профессор, к.г.-м.н.	С.И. Леонтьев
	подпись, дата		
Выпускник	_____	студент группы ГГ18-05МПП	Н.М. Ефимов
	подпись, дата		
Рецензент	_____	Заместитель начальника отдела цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ»	А.А.Петухов
	подпись, дата		

Красноярск 2023

Продолжение титульного листа дипломной работы по теме «Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)»

Консультанты по
разделам:

Геологическая характеристика
района и участка

подпись, дата

О.Ю. Перфилова

Нормоконтролер

подпись, дата

Т.В. Полева

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов

Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.И. Леонтьев
подпись

«_____» _____ 2023 г.

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

Красноярск 2023

Студенту Ефимову Николаю Михайловичу

Группа ГГ 18-05 МГП

Специальность 21.05.02 «Прикладная геология».

Специализация 21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»

Тема выпускной квалификационной работы: «Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)».

Утверждена приказом по университету 6433/С от 21.04.2023.

Руководитель ВКР С.И. Леонтьев профессор, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой ГМиП СФУ.

Исходные данные для ВКР были предоставлены организацией ФГБУ «ЦНИГРИ».

Перечень рассматриваемых вопросов: геологическая характеристика Шумаковской площади, обработка данных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния.

Перечень графических материалов: геологическая карта Шумаковской площади масштаба 1:200 000, литолого-фациальная карта Шумаковской площади масштаба 1:25 000, карты геохимических аномалий свинца, цинка, серебра, кадмия, бария, меди в пределах Шумаковской площади масштаба 1:25 000.

Руководитель ВКР

С.И. Леонтьев

Задание принял к сведению

Н.М.Ефимов

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения выпускной квалификационной работы в виде дипломной работы

Студент Ефимов Николай Михайлович

Группа ГГ-18-05 МГП

Тема выпускной квалификационной работы в виде дипломной работы:
«Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)»

Руководитель:

С.И. Леонтьев

Консультант:

Геологическая часть

О.Ю. Перфилова

Таблица 1 – Календарный график выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения	Оценка выполненного этапа	Подпись руководителя, консультанта
Задание ВКР	30.03.23		
Геологическое задание	30.03.23		
Введение	31.03.23- 04.04.23		
Географо-экономическая характеристика района работ	31.03.23- 07.04.23		
Общая характеристика геологической изученности объекта	03.04.23- 07.04.23		
Геологическая характеристика Шумаковской площади	10.04.23- 21.04.23		
Геологическое строение Шумаковской площади	24.04.23- 26.04.23		
Обработка данных геохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния Шумаковской лицензионной площади	22.05.23- 31.05.23		
Подготовка заключения	01.06.23		

Окончание таблицы 1

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения	Оценка выполненного этапа	Подпись руководителя, консультанта
Подготовка графических приложений	02.06.23		
Подготовка демонстрационных материалов	02.06.23-05.06.23		
Защита преддипломной практики	10.06.23		
Устранение выявленных замечаний	10.06.23-11.06.23		
Прохождение нормоконтроля и получение подписей консультантов	12.06.23		
Получение отзыва научного руководителя	12.06.23-13.06.23		
Рецензирование	14.06.23-18.06.23		
Передача материалов ученому секретарю ГЭК	18.06.23-25.06.23		
Подготовка презентации и доклада к защите ВКР	25.06.23-27.06.23		
Защита ВКР в виде дипломной работы	29.06.23		

Руководитель дипломной работы _____
подпись

Консультант _____
подпись

Студент _____
подпись

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)» содержит 62 страницы текстового документа, в тексте: 20 рисунков, 6 таблиц, 5 графических приложения и 41 использованный источник.

Перечень ключевых слов: ШУМАКОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ, ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ, ВТОРИЧНЫЙ ОРЕОЛ РАССЕЯНИЯ, ГЕОХИМИЧЕСКАЯ АНОМАЛИЯ.

Объект работ – Шумаковская площадь (Алтайский край).

Цели работ: исследование геологического строения; обработка данных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 с оценкой рудоносности площади.

Задачи работ: сбор, структурирование и анализ геологической информации по площади работ с оформлением разделов по их геологии в тексте ВКР; оценка рудоносности Шумаковской площади с подсчетом прогнозных ресурсов свинца и цинка по категории Р₃.

Актуальность работы заключается в пополнении минерально-сырьевой базы страны полиметаллическим месторождением путем его локализации на Шумаковской площади по геологической обстановке и имеющимся в ее пределах во вторичных ореолах рассеяния свинца и цинка.

В результате выполненной работы подробно изучено геологическое строение Шумаковской площади; выделены перспективные участки на полиметаллическое оруденение; произведена оценка рудоносности с подсчетом прогнозных ресурсов свинца и цинка по категории Р₃.

ФГОУ ВПО «Сибирский
федеральный университет
Институт цветных металлов
Горно-геологический
факультет

Кафедра ГМиП
Раздел плана: тематические
работы

Полезное ископаемое: свинец,
цинк

Наименование объекта:
Шумаковская площадь

Местонахождение объекта:
Алтайский край, Змеиногорский
район, Шумаковская площадь

«УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой ГМиП
_____ С.И. Леонтьев
подпись

«_____» _____ 2023

Геологическое задание

На выполнение дипломной работы «Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)».

Основание выдачи геологического задания: задание на выполнение Выпускной квалификационной работы приказ 6433/С от 21.04.2023.

Целевое назначение работ: подробное изучение геологического строения Шумаковской площади; обработка геохимических данных.

Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения:

1. Изучить геологическое строение Шумаковской площади по фондовым материалам с приведением их описания.

2. Выполнить обработку геохимических данных Шумаковской площади с оценкой рудоносности путем подсчета прогнозных ресурсов по категории Р₃.

Ожидаемые результаты:

1. Подробная геологическая характеристика Шумаковской площади.

2. Выявление перспективных участков свинца и цинка в пределах Шумаковской площади.

3. Расчет прогнозных ресурсов свинца и цинка по категории Р₃.

Сроки выполнения работ:

Руководитель ВКР _____

С.И. Леонтьев

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Географо-экономическая характеристика района	10
2 Общая характеристика геологической изученности объекта.....	12
3 Геологическая характеристика Шумаковской площади.....	14
3.1 Стратиграфия.....	14
3.1.1 Палеозойская эратема (PZ).....	14
3.1.1.1 Ордовикская система.....	14
3.1.1.2 Силурийская система.....	14
3.1.1.3 Девонская система. Нижний-Средний отделы.....	14
3.1.1.4 Каменноугольная система. Нижний отдел.....	15
3.1.2 Кайнозойская эратема (KZ).....	16
3.1.2.1 Неогеновая система.....	16
3.1.2.2 Неогеновая система и квартал.....	16
3.1.2.3 Квартал.....	16
3.2 Магматизм.....	16
3.2.1 Девонские интрузивные образования.....	16
3.2.1.1 Раннедевонские интрузивные образования.....	17
3.2.1.2 Ранне-среднедевонские интрузивные образования.....	18
3.2.1.3 Среднедевонские интрузивные образования.....	18
3.2.1.4 Средне-позднедевонские интрузивные образования.....	18
3.2.1.5 Позднедевонские интрузивные образования.....	18
3.2.1.6 Позднедевонско-раннекаменноугольные интрузивные образования..	19
3.2.2 Каменноугольные интрузивные образования.....	19
3.2.2.1 Средне-позднекаменноугольные интрузивные образования.....	19
3.2.3 Пермь-триасовые интрузивные образования.....	19
3.2.3.1 Среднепермские-раннетриасовые интрузивные образования.....	19
3.3 Тектоника.....	20
3.4 Полезные ископаемые.....	20
3.4.1 Благородные металлы.....	20
3.4.2 Строительные материалы.....	21
4 Геологическое строение Шумаковской площади.....	22
4.1 Литолого-фациальное строение Шумаковской площади.....	22
4.2. Структура рудного поля.....	24
4.3 Краткая характеристика рудной минерализации и рудных тел.....	25
5 Обработка данных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния Шумаковской площади.....	27
5.1 Виды и методика работ.....	27
5.1.1 Создание базы данных.....	27
5.1.2 Расчет основных статистических параметров.....	27
5.1.3 Расчет коэффициентов корреляции.....	28
5.1.4 Расчет мультипликативного показателя.....	28
5.1.5 Расчет комплексного показателя.....	29
5.1.6 Построение моноэлементных и мультипликативных карт элементов типоморфных комплексов.....	29

5.1.7 Построение карт комплексного показателя.....	30
5.1.8 Расчет прогнозных ресурсов по категории P_3	30
5.2 Результаты работ.....	31
5.2.1 Создание базы данных.....	31
5.2.2 Оценка основных параметров распределения элементов во вторичных геохимических полях	31
5.2.3 Расчет коэффициентов корреляции между Pb-Zn и элементами-спутниками во вторичных ореолах рассеяния	31
5.2.4 Обработка геохимических данных Шумаковской площади	32
5.2.5 Построение и интерпретация мультипликативных геохимических аномалий.	40
5.2.6 Построение и интерпретация комплексных геохимических аномалий ..	41
5.2.7 Сравнение результатов интерпретации по комплексному показателю и мультипликации	43
5.2.8 Расчет прогнозных ресурсов по категории P_3	44
5.2.9 Результаты обработки геохимических данных.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
Список сокращений	54
Список использованных источников	55
Приложение А Геологическая карта М-44-ХІ с контуром Шумаковской площади (1:200 000).....	58
Приложение Б Геолого-литологическая карта Шумаковской площади (1:25 000).....	59
Приложение В Моноэлементные карты Zn, Pb, Cd, Ag, Cu, Ba (1:25 000).....	60
Приложение Г Перспективные участки полиметаллического оруденения (1:25 000).....	61
Приложение Д Перспективные участки полиметаллического оруденения (1:25 000).....	62

ВВЕДЕНИЕ

Цели дипломной работы:

1. Изучить геологическое строение Шумаковской лицензионной площади по фондовым и опубликованным материалам.

2. Оценить рудоносность Шумаковской площади по результатам литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния.

Задачи дипломной работы:

1. Произвести описание геологического строения Шумаковской площади.

2. Выполнить оценку рудоносности Шумаковской площади по результатам литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 по сети 500x50 с подсчетом прогнозных ресурсов по категории P_3 .

Актуальность работы заключается в пополнении минерально-сырьевой базы страны полиметаллическим месторождением в Алтайском крае. Выявление месторождения осуществляется путем проведения поисково-оценочных работ на Шумаковской площади.

В дипломной работе использован следующий фактический материал:

1. Графический и текстовый материал по геологии Шумаковской площади, предоставленный ФГБУ «ЦНИГРИ».

2. Результаты анализов литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000, представленных в виде базы данных.

Результаты исследования:

1. Изучена геология площади по отчетам Кузнецова В.В., Кудрявцева Н.Г., Серавиной Т.В., Мурзина О.В., Корчагина Д.А., Кузнецова С.А., Миляева С.А. и в период прохождения преддипломной практики.

2. Оформлены разделы по геологии площади в тексте ВКР.

3. Выполнена геохимическая обработка аналитических результатов литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 с оценкой рудоносности и подсчетом прогнозных ресурсов по категории P_3 .

Выражаю огромную благодарность ФГБУ «ЦНИГРИ», а именно заместителю начальника отдела цветных металлов Петухову А.А.; начальнику 12 полевой партии Алеко С.В. за предоставленный текстовый, графический материал и за материал по геохимии. Также выражаю благодарность остальным членам партии за помощь в подборе источников информации.

1 Географо-экономическая характеристика района

Шумаковская площадь (166,5 км²) расположена в Змеиногорском (северная часть) и Третьяковском (южная) районах Алтайского края у границы с Казахстаном, в соответствии с рисунком 1.1.

Западная часть территории преимущественно равнинная, относится к Предалтайской равнине; восточная часть – холмистая, представлена отрогами Колыванского хребта [1].

Близость к Горному Алтаю воздействует на климат площади: умеренно-континентальный климат более мягкий из-за близкого расположения гор. Средняя температура составляет 20°С, влажность воздуха высокая – 70 %. Температура в январе равна -15,1°С, июле – +19,2°С. Среднее годовое количество осадков составляет 580 мм, 190 мм из которых приходится на летние месяцы [34].



Рисунок 1.1 – Обзорная карта района проведения поисковых работ с контуром Шумаковской площади

На площади расположены сёла Первокаменка (население 539 человек) и Шипуниха (485 человек), входящие в состав Третьяковского района, посёлок Рязановка (16 человек) Змеиногорского района. Непосредственно рядом с территорией находятся г. Змеиногорск (4410 человек) и посёлок Барановка (1752 человека) [37, 38].

На территории протекает река Каменка, являющаяся левым притоком Катуня и относящаяся к Верхнеобскому бассейновому округу, и её притоки [35].

Поля, луга и степи покрывают значительную часть площади, леса расположены преимущественно в восточной части. В лесной части среди деревьев распространены ель, берёза, сосна, пихта. В степной и лугово-степной частях богатая растительность и разнотравье – ежа сборная, мятлик луговой, тимьян Маршалла, тысячелистник обыкновенный, ромашка, мята, душица, полынь. Многие склоны сопок закустарены шиповником, спиреей городчатой и др. У рек из кустарников растут ива трехтычинковая, ива козья, черемуха обыкновенная, калина обыкновенная [33].

На равнинах можно встретить краснощекого суслика, даурского и джунгарского хомячков, зайца-беляка, горностая; в полях рядом с зерновыми культурами – полевою и домовую мышей; в лесных полосах – лесную мышь, узкочерепную и красную полевку, большого тушканчика и др. Из насекомых – крот, белозубка сибирская бурозубка, обыкновенная. Среди копытных обычны косуля и марал. Из птиц доминируют сорока, грач, серая ворона, полевой жаворонок, удод, белая и серая куропатки, тетерев. Количество видов пресмыкающихся невелико, но встречаются уж, обыкновенная гадюка, ящерица, из земноводных – жаба и лягушка. В реках обитают плотва, окунь, щука, лещ, язь, налим, карась [33].

Почвы – чернозёмы, серые лесные, выщелоченные, сильно выщелоченные. [34].

Основными отраслями экономики Змеиногорского и Третьяковского районов являются горнодобывающая, перерабатывающая промышленности и сельское хозяйство (производство молока, мяса, зерна, пчеловодство). Добывающая промышленность развита вне исследуемой площади и представлена Степным и Зареченским рудниками ОАО «Сибирь-полиметаллы», а также АО «Корбалихинский рудник». Развивается в районе и сельский туризм. Например, в с. Барановка работает санаторий «Лазурный» [38].

Система транспортной инфраструктуры на Шумаковской площади достаточно хорошо развита: от города Змеиногорск до посёлка Барановка пролегает усовершенствованное шоссе, также на участке имеются грунтовые просёлочные дороги и улучшенные грунтовые дороги [9].

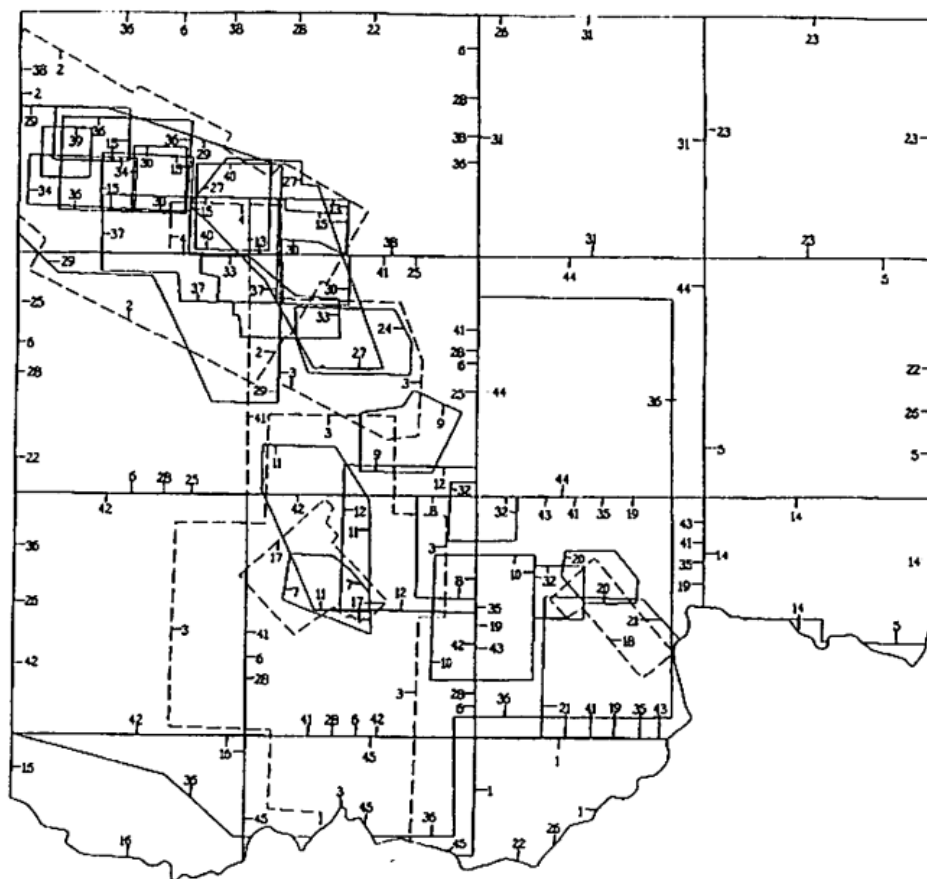


Рисунок 2.2 – Схема геологической и геохимической изученности листа М-44-ХІ масштаба 1:500 000 [20]

В 2009-2012 гг. проведены «Опережающие геолого-геофизические работы для переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая (Алтайский край) с целью разработки основы для создания ведущего в Российской Федерации центра по добыче свинца и цинка» силами ФГУП «ЦНИГРИ». По результатам работ выделены перспективные площади на полиметаллическое оруденение, оценены и апробированы прогнозные ресурсы категории P_3 для ряда площадей [15].

3 Геологическая характеристика Шумаковской площади

Стратиграфические образования описываются по ГКК листа М-44-ХІ с контуром Шумаковской площади, масштаба 1:200 000 [40, 20].

3.1 Стратиграфия

3.1.1 Палеозойская эратема (PZ)

3.1.1.1 Ордовикская система

Корбалихинская толща (PZ_{1kr}) по составу пород комплекса подразделяется на три пачки. Нижняя и Средняя преимущественно зеленосланцевая. Верхняя преимущественно метапесчанниковая с прослоями зеленых сланцев пачки. Мощность более 4000 м.

Техтеньская свита (O_{3th}), преимущественно сложена известняками. Мощность 300-1440 м.

Ханкаринская свита (O_{2hn}) представлена глинистыми и известковистыми алевролитами. Мощность свиты 460-910 м.

Бугрышихинская свита (O_{2bg}) сложена алевролитами, аргилитами, песчаниками, сланцами, конгломератами. Мощность свиты 625-1450 м.

3.1.1.2 Силурийская система

Чинетинская-Палатинская свиты (S_{1cn-pl}) сложена алевролитами, аргиллитами, песчаниками, глинистыми сланцами. Мощность свиты 450-850 м.

Чагырская свита (S_{1cg}), представлена пелитоморфными и мелкокристаллическими известняками. В основании свиты залегают песчаные известняки. Мощность свиты 200-1500 м.

3.1.1.3 Девонская система. Нижний-Средний отделы

Мельничная свита (D_{1-2mn}). Отложения свиты протягиваются полосой (1,5-3 км) от северо-западного угла листа в юго-восточном направлении до пос. Первокаменка. Большая часть объема мельничной свиты сложена тонкообломочными осадочными породами-алевролитами, часто известковистыми, содержащими пачки песчаников и отдельные линзы известняков.

Нижняя подсвита (D_{1mn1}) сложена песчаниками, алевролитами, конгломератами, туфами, тефроидами кислого и основного состава, туффитами. Подсвита разделена на две пачки нижнюю и верхнюю. В стратотипе на размытой поверхности метаморфических сланцев залегают (снизу-вверх). Мощность подсвиты 20-250 м.

Средняя подсвита (D_{2mn2}) представлена туфами, лавами, лавобрекчиями риолитов. Мощность подсвиты 80-350 м.

Сосновская свита (D_{2ss}). Свита сложена зеленовато и буровато-серыми лавами, лавобрекчиями, туфами, тефроидами риолитов, риодацитов, редко базальтов и андезибазальтов. Мощность свиты 75-1400 м.

Заводская свита (D_{2zv}) широко распространена в центральной части площади. Сложена серыми алевролитами, аргилитами, известняками, содержит прослой песчаников, туфопесчаников. Согласно залегает на отложениях Сосновской свиты и без перерыва перекрывается кислыми вулканитами давыдовской свиты. Мощность свиты 300-1080 м.

Давыдовская свита (D_{2dv}) развита в центральной и северо-западной частях листа в районе поселка Давыдовск. Сложена зеленовато-серыми лавами, лавобрекчиями, туфами, тефроидами риолитов и риодацитов. Мощность свиты (100-650 м).

Средний и верхний отделы представлены следующими свитами. Каменевская свита (D_{2-3kmn}) развита района пос. Беспаловск. Свита согласно залегает на подстилающих кислых вулканитах давыдовской свиты, по особенностям слагающих ее пород разделена на две пачки: нижнюю (темно-зеленовато-серые лавы, лавобрекчии, туфы базальтов, андезибазальтов, андезитов с прослоями алевролитов) и верхнюю (зеленовато и буровато-серые лавы, лавобрекчии). Мощность свиты 500-340 м.

Пихтовская свита (D_{3ph}) сложена туфопесчаниками, туфогравелитами, известковистыми песчаниками, туфами, туффитами основного состава, базальтами. На подстилающих отложениях залегает несогласно. Мощность свиты 100-200 м.

Шипуновская свита (D_{2-3sp}) разделена на две пачки: нижнюю и верхнюю. Нижняя пачка сложена лавами, лавобрекчиями, базальтами, андезибазальтами, андезитами. Верхняя пачка сложена зеленовато-серыми песчаниками, алевролитами, аргилитами. Мощность свиты 310-1355 м.

Алейская свита (D_{3al}) верхняя часть представлена алевролитами, аргилитами. Нижняя часть сложена грубооритмичным переслаиванием конгломератов, гравелитов, песчаников, аргиллитов. Мощность свиты 340-1700 м.

Малафеевская свита (D_{2-3ml}) сложена песчаниками. Мощность свиты 400-600 м.

Еловская свита (D_{2el}) представлена алевролитами, сланцами в основании залегают конгломераты с галькой эффузивов. Мощность свиты 700-1500 м.

3.1.1.4 Каменноугольная система. Нижний отдел.

Бухтарминская свита (C_{1bh}) слагает небольшой сланец в кровле Первокаменского массива. Сложена серыми алевролитами, глинистыми сланцами, гравелитами. Мощность свиты 100-300 м.

3.1.2 Кайнозойская эратема (KZ)

3.1.2.1 Неогеновая система

Павлодарская свита (N_{1-2pv}) Сложена пролювиальными и делювиальными неслоистыми глинами глинами коричневого и красно-бурого цвета. Мощность свиты до 60 м.

3.1.2.2 Неогеновая система и квартал

Кочковская свита (IaN_2-Q_{kc}) представлена лимноаллювиальными с участием лессоида и глинами, и суглинками серого, зеленовато-серого, темно-коричневого, бурого цвета. Мощность свиты 10-80 м.

3.1.2.3 Квартер

Краснодубковская свита (LpQ_{I-IIkd}) представлена лессовидными суглинками и супесями. Мощность свиты 10-15 м.

3.2 Магматизм

Интрузивные образования в пределах площади представлены, преимущественно, девонскими комплексами, реже отмечаются каменноугольные, пермские и триасовые: алейский комплекс габбро-плагиогранитовый, мельнично-сосновский комплекс риолит-риодацитовый, давыдовско-каменевский комплекс базальт-дацит-риолитовый, ергольский комплекс базальт-андезитовый, коргонский комплекс трахиандезит-дацит-риолитовый, змеиногорский комплекс габбро-гранит-лейкогранитовый, пихтовский комплекс андезибазальт-дацит-риолитовый, белорецко-маркакольский комплекс габбро-долеритовый, куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый, усть-беловский комплекс габбро-гранодиоритовый, боровлянский комплекс гранодиорит-гранитовый, волчихинский комплекс габбро-гранодиорит-гранитовый, тсрехтинский комплекс габбро-долеритовый, синюшнский комплекс гранодиорит-гранит-лейкогранитовый.

3.2.1 Девонские интрузивные образования

Раннедевонские интрузивные образования являются самыми распространенными на территории площади. Они представлены рядом комплексов: алейским габбро-плагиогранитовым, мельнично-сосновским риолит-риодацитовым, давыдовско-каменевским базальт-дацит-риолитовым, ергольским базальт-андезитовым, коргонским трахиандезит-дацит-риолитовым, змеиногорским габбро-гранит-лейкогранитовым, пихтовским андезибазальт-дацит-риолитовым, белорецко-маркакольским габбро-долеритовым, куяганским

риолит-дацит-андезитовым, усть-беловским габбро-гранодиоритовым и боровлянским гранодиорит-гранитовым.

3.2.1.1 Раннедевонские интрузивные образования

Алейский комплекс габбро-плагиогранитовый ($r\gamma\pi D_1a$). Комплекс составляет Алейский массив, расположенный на юго-западе площади в центральной части Алейского поднятия, протягивающийся в северо-западном направлении на расстояние более 100 км при ширине 10 км, представлен габброидами первой и второй фазы. Габброиды первой фазы образуют ряд мелких ксенолитов неправильной формы среди гранитоидов, а также прорывают метаморфиты нижнего палеозоя. Они сложены тесно ассоциирующими среднезернистыми габбро оливиновыми и нормальными, габброноритами, кварцевыми габбро, габбродиоритами, в подчиненном количестве отмечаются габбропироксениты. Структура пород габбровая, габброофитовая, пойкилоофитовая.

Гранитоиды второй фазы составляют основной объем массива. Среди них преобладают биотитовые, биотит-роговообманковые, роговообманковые плагиогранитные и натриевые лейкограниты, реже встречаются тоналиты и грано-диориты. Это массивные, нередко гнейсовидные, иногда с порфиroidным кварцем грубо-, крупно-, реже средне- и мелкозернистые породы светло-серого цвета. В отдельных случаях наблюдаются признаки первичной полосчатой текстуры, выражающиеся в послойном обогащении породы цветными компонентами. Структура пород гранитовая и гипидиоморфнозернистая с элементами гранобластовой и лепидогранобластовой.

Ергольский комплекс базальт-андезитовый (aD_{1er}). Объединяет эффузивно-пирокластические образования ергольской, кумирской свит и Баталихинский субвулканический интрузив андезидацитов, расположенный к юго-востоку от Белорецкого железорудного месторождения на водоразделе рек Средняя Баталиха и Крахалиха. Вулканические породы представлены лавами, лавобрекчиями и туфами пироксен-плагиоклазовых андезитов с отклонениями до андезибазальтов и дацитов.

Коргонский комплекс трахиандезит-дацит-риолитовый (D_{1kr}). Покровная фация представлена эффузивно-пирокластической толщей преимущественно кислого состава - коргонской свиты.

Змеиногорский комплекс габбро-гранит-лейкогранитовый ($\gamma\pi D_{1z}$). Комплекс широко распространен в пределах листа. Он составляет ряд массивов в центральной и юго-западной частях площади. Массивы комплекса сопровождаются жильными породами, слагающими штоки, дайки мощностью 1-15 м и протяженностью до 2 км и больше. Они сложены долеритами и амфиболизированными долеритами, диорит-порфиритами, плагиогранит-порфирами, риолитами и риодацитами.

3.2.1.2 Ранне-среднедевонские интрузивные образования

Мельнично-сосновский комплекс риолит-риодацитовый (λD_{1-2ms}). Включает в себя эффузивно-пирокластические толщи мельничной, сосновской свит и пространственно ассоциирующие с ними субвулканические образования.

3.2.1.3 Среднедевонские интрузивные образования

Куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый (νD_2kg). Локтевский ареал. Представлен эффузивно-пирокластической толщей андезитов и их туфов (куяганская свита), редкими субвулканическими интрузиями и дайками среднего состава. Интрузивы локализованы в пределах Северо-Восточной зоны смятия, а также в узлах пересечения разрывными нарушениями широтного простирания.

3.2.1.4 Средне-позднедевонские интрузивные образования

Давыдовско-каменевский комплекс базальт-дацит-риолитовый (λD_{2-3dk}). Комплекс объединяет эффузивно-пирокластические отложения давыдовской, каменевской, шипуновской свит и пространственно ассоциирующие с ними субвулканические интрузии.

3.2.1.5 Позднедевонские интрузивные образования

Пихтовский комплекс андезибазальт-дацит-риолитовый (D_3ph). Черепановский ареал. Незначительно распространен в районе, представлен вулканогенно-осадочными породами повышенной основности, ассоциирующими с редкими прослоями эффузивов основного состава (пихтовская свита), слагающими небольшие Маячную и Красногвардейскую депрессии близ поселков Черепановский и Красногвардейский.

Белорецко-маркакольский комплекс габбро-долеритовый (ωD_3bm). Комплекс включает дайки, силлы, мелкие штоки, комбинированные залежи габбро-долеритов, долеритов, редко габбро-перидотитов и сериситинизированных пикритов, располагающихся поясами вдоль разломов северо-западного простирания (Каменско-Верхалейского и Аргунихинско-Чесноковского). Ширина тел меняется от 2-5 м до 1-2 км, а длина – от десятков метров до 7-8 км.

Усть-беловский комплекс габбро-гранодиоритовый (γD_3ub). Чарышский ареал. Распространен в северо-восточной части площади в пределах Колыванского ареала. Характерной чертой массивов комплекса является их концентрически-зональное строение. Внешняя оторочка шириной 500-1500 м представлена кварцевыми диоритами до диоритов первой фазы кристаллизации, внутренняя – гранодиоритами второй фазы кристаллизации. Зоны связаны между собой нерезкими переходами. Преобладающие гранодиориты – средне-, реже

мелко-и крупнозернистые породы гипидиоморфнозернистой, участками монцонитовой структуры. Текстуры пород массивные.

3.2.1.6 Позднедевонско-раннекаменноугольные интрузивные образования

Боровлянский комплекс гранодиорит-гранитовый (D₃-C₁b). Колыванский ареал. Слагает два разобщенных между собой тела. В составе комплекса выделяются три фазы внедрения. Породы первой фазы – биотитовые меланократовые граниты и гранодиориты – на изученной территории не встречены. Вторая фаза представлена субщелочными биотитовыми грауитами, третья – биотитовыми и двуслюдяными лейкогранитами и аплитовидными гранитами. Жильные образования представлены гранит-порфирами, аплитовидными гранитами.

3.2.2 Каменноугольные интрузивные образования

Кменноугольные интрузивные образования представлены всего одним комплексом – волчихинским габбро-гранодиорит-гранитовый.

3.2.2.1 Средне-позднекаменноугольные интрузивные образования

Волчихинским комплекс габбро-гранодиорит-гранитовый (γлC₂₋₃υ). Быструшинский ареал. Слагает цепочку линейно расположенных тел, приуроченных к северо-восточному борту Алейского поднятия. Их размещение контролируется разломами северо-западного простирания.

3.2.3 Пермь-триасовые интрузивные образования

Пермь-триасовые интрузивные образования слабо развиты и представлены всего двумя комплексами: терехтинским габбро-долеритовым и синюшнинский гранодиорит-гранит-лейкогранитовые.

3.2.3.1 Среднепермские-раннетриасовые интрузивные образования

Терехтинский комплекс габбро-долеритовый (γлP₂-T₁). Образует линейные пояса даек, мелких штоков, приуроченных к глубинным разломам субширотного простирания. В пределах листа интрузивы комплекса обособляются в два разобщенных ареала. Один из них, Мохнатийский, протягивается вдоль южного и юго-восточного контакта Саввушинского гранитного массива.

Синюшнинский комплекс гранодиорит-гранит-лейкогранитовый (αγP₂-T₁s). Гранитоиды синюшнинского комплекса приурочены к долгоживущим разрывным

нарушениям северо-западного простирания и занимают автономное секущее положение по отношению к ареалам предшествующего магматизма.

3.3 Тектоника

Изученная территория имеет сложное тектоническое строение и охватывает смежные фрагменты трех крупных тектонических блоков: Чарышского, Коргонского Терехтинского и Рудно-Алтайского, расположенных в западной части Алтае-Саянской складчатой области Урало-Монгольского складчатого пояса и разделенных шовными тектоническими зонами: Северо-Восточной зоной смятия, Тигирском и Крахалихинским разломами.

В строении названных структур принимают участие различные по генезису геодинамические комплексы, приуроченные к раннепалеозойскому (E_3-S_1), среднепалеозойскому (D_1-C_3), позднепалеозойскому-раннемезозойскому (P_2-T_1) и кайнозойскому (KZ) структурным этапам и отражающие заметные различия в истории геологического строения территории и ее металлогении. К раннепалеозойскому структурному этапу в пределах изученной территории относятся образования, характеризуемые обстановкой пассивной континентальной окраины. К среднепалеозойскому этапу относятся формации геодинамических обстановок активной континентальной окраины и коллизии, к позднепалеозойскому-раннемезозойскому – формации, характеризуемые обстановкой тектоно-магматической активизации. К кайнозойскому этапу отнесены образования платформенного чехла.

3.4 Полезные ископаемые

Описание дается по фрагменту карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения листа М-44-ХІ (ГГК-200) с нанесённым контуром Шумаковской площади [20].

3.4.1 Благородные металлы

Наиболее ценным полезным ископаемым исследуемой территории являются полиметаллы (цинк, свинец, медь), которые связаны с рудами колчеданно-полиметаллической формации гидротермально-вулканогенного, в том числе гидротермально-вулканогенно-осадочного генетических типов, являющихся продуктами девонского вулканизма [31].

Они принадлежат к группе проявлений и пунктов минерализации, связанных с Рудно-Алтайским полиметаллическим поясом, представленным в пределах листа Змеиногорским рудным районом. За редким исключением, все рудные объекты локализованы в стратифицированных отложениях девона. Оруденение сульфидное полиметаллическое сплошное и вкрапленное, как правило, согласно залегающее с вмещающими породами, и прожилково-жилльные (штокверковые), занимающиеся часто резко секущее положение по отношению к последним. Основные рудные минералы: сфалерит, галенит,

халькопирит, пирит, барит. Промышленные элементы: цинк, свинец, медь, кадмий, золото, серебро и др. [31].

3.4.2 Строительные материалы

В изучаемом районе широко распространены естественные строительные материалы: граниты, мраморизованные известняки и галечно-гравийные смеси.

4 Геологическое строение Шумаковской площади

Шумаковская площадь расположена юго-восточной части Майско-Змеиногорско-Семёновского рудного узла Змеиногорского рудного района одноимённой Змеиногорской структурно-фациальной зоны, принадлежащей крупной региональной синклиной структуре (её СЗ окончанию) – Змеиногорско-Быструшинскому прогибу. Протяжённость зоны в северо-западном направлении около 85 км при ширине 25-30 км на ЮВ, до 8-10 км и полного выклинивания на СЗ. В структурном плане площадь приурочена к юго-западному борту Змеиногорской конседиментационной депрессии, осложнённой многочисленными складчатыми структурами более высоких порядков [13].

В геологическом строении Шумаковской площади принимают участие образования двух структурных этажей: каледонского, сложенного метаморфическими породами корбалихинской толщи нижнего палеозоя и герцинского, представленного отложениями раннего-среднего девона (мельничная и сосновская свиты). В восточной части площади на образованиях сосновской свиты несогласно залегают средне-верхнедевонские отложения шипуновской свиты Шипунихинской зоны с угнетённым вулканизмом.

Стратифицированные отложения прорваны интрузивными образованиями (штоки, силлы, дайки), объединёнными в комплексы: нижне-среднедевонский: риолит-риодацитовый мельнично-сосновский; средне-верхнедевонский: базальт-дацит-риолитовый давидовско-каменёвский. Территорию пересекают две основных зоны глубинных разломов северо-западного направления: на северо-востоке – Гольцовско-Угловский взбросо-надвиг (Корбалихинская зона разломов), на юго-западе – Отрадинско-Верхалейский разлом, отделяющий ядерную часть Змеиногорско-Быструшинского прогиба от Алейского поднятия. Мелкие разрывные нарушения преимущественно субмеридионального направления придают площади блоковый характер.

Змеиногорский рудный район сложен вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами кислого, среднего и основного составов. Преобладают продукты кислого вулканизма калиевого и калиево-натриевого профиля. Широко развиты экструзивные и субвулканические тела риолитов, лавы, потоки риолитов, пирокластические разности породы (туфы, туффиты, тефроиды). Осадочные породы представлены известковистыми, кремнистыми алевролитами, реже песчаниками и известняками [13, 40].

4.1 Литолого-фациальное строение Шумаковской площади

Вулканогенно-осадочные породы по составу, возрасту и соотношению вулканогенной и осадочной составляющей разделяются на две рудоносные формации, соответствующие двум циклам вулканизма: верхнюю (поздний живет-франс) – базальт-риолитовую кремнисто-терригенную калиево-натриевую и нижнюю (эмс-эйфель-ранний живет) – базальтсодержащую риолитовую известково-кремнисто-терригенную, калиевую, которая имеет широкое развитие на Шумаковской площади.

Нижняя, базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная формация в пределах площади имеет трехчленное строение [11, 12]. Разрез характеризуется следующими пачками (субформациями): нижняя пачка – туфогенно-осадочная (алевролиты, песчаники, туфопесчаники, гравелиты, туфы кислого состава, редко лавы риолитов и их лавобрекчии); средняя пачка – риолитовая (риолиты и риодациты, их лавобрекчии, туфы кислого состава); верхняя пачка – туфогенно-алевро-песчаниковая (алевролиты, часто известковистые, кремнистые, песчаники, гравелиты, прослой туфов кислого состава, туффитов) [13, 21].

Нижняя формация характеризуется преобладанием пород кислого состава ($\text{SiO}_2 = 75\%$) и незначительным (не более 5 %) содержанием пород основного состава. Продукты кислого вулканизма относятся к калинатровой серии с преобладанием калия над натрием. Последнее свидетельствует о том, что продукты кислого вулканизма имеют коровое происхождение. Вулканогенные породы рудоносных формаций Змеиногорского района разделяются на фациальные зоны. Границы между зонами обычно условные, однако в данном случае они четко фиксируются по литологическому и петрографическому составу.

Литолого-фациальная основа Шумаковской площади масштаба 1:25 000 строится на структурно-формационной основе того же масштаба. Многочисленные исследования областей, сложенных вулканогенно-осадочными породами, показывают, что для углубленного понимания последовательности и динамики формирования вулканогенных структур наиболее оптимальным является разделение вулканогенно-осадочных толщ на жерловую, околожерловую, промежуточную и удаленную фаии. В соответствии с этим рудоносные формации разделяются на фациальные зоны. Границы между зонами обычно условные, однако в данном случае они четко фиксируются по литологическому и петрографическому составу [13, 40].

К жерловым фациям относятся субвулканические (порфиновые и олигопорфиновые риолиты, риодациты, дациты и их автомагматические брекчии) и экструзивно-покровные (лавы и лавобрекчии риолитов, риодацитов, дацитов) фаии. К околожерловым относятся покровные фаии (лавы и лавобрекчии риолитов, риодацитов, дацитов, андезитов, андези-базальтов, базальтов) и грубообломочные туфы кислого и основного составов. К промежуточным относятся покровные (лавы и лавобрекчии кислого и основного состава), игнимбриты риолитов, кластолавы и пирокластические (туфы мелко-среднеобломочные кислого и основного составов, туффиты) фаии. К удаленным фациям относятся осадочно-пирокластические (чередование алевролитов кремнистых, известковистых, песчаников, туфопесчаников, туфоалевролитов, туффитов, тефроидов, фтанитов, туфогравелитов, туфоконгломератов). К удаленным фациям обычно приурочено колчеданно-полиметаллическое оруденение [13, 21].

При совмещении структурно-формационной основы и литолого-фациальной того же масштаба видно: базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная формация образована породами покровных

фаций промежуточных и удаленных зон – туфами, лавами кислого состава и их лавобрекчиями, туфопесчаниками, кремнистыми и углистыми туфогенными алевролитами и аргиллитами. Покровные фации иногда окаймляют небольшие экструзивные купола лав и лавобрекчий кислого состава, фиксирующие жерловые зоны небольших вулканических построек центрального типа.

Породы основного состава (андезибазальты) представлены потоками и покровами лав, сопровождающимися с одной стороны субвулканическими телами, с другой пирокластами того же состава. В целом среди пород основного состава преобладают лавовые образования, что свидетельствует о низком взрывном индексе.

Жерловые фации представлены автомагматическими брекчиями риолитового и риодацитового состава и крупновкрапленными риолитами и риодацитами.

Автомагматические брекчии слагают межпластовые и штокообразные тела, размером до 1-1,5 км в поперечнике. Для них характерна матрацевидная отдельность, контакты с вмещающими породами сложные, извилистые, часто автомагматические брекчии образуют многочисленные тонкие протяженные апофизы. За исключением эндоконтактов строение тел достаточно однородно. Текстура этих пород порфировая, часто в них наблюдается флюидальность. Вкрапленники (кварц, плагиоклаз, калиевый шпат) составляют в среднем 40–50%, основная масса – стекловатая, фельзитовидная. Автомагматические брекчии почти всегда изменены: серицитизированы, хлоритизированы, окварцованы [13, 40].

Крупновкрапленные риолиты и риодациты слагают небольшие субвулканические тела, размером до 0,5 км. Тела эти достаточно однородны, вблизи контактов часто наблюдаются многочисленные ксенолиты и брекчированность. По минеральному составу они сходны с вышеописанными автомагматическими брекчиями, но отличаются меньшим количеством вкрапленников (от 15 до 30 %). Текстура пород порфировая.

Вулканогенные породы ассоциируют с мелководными прибрежно-морскими породами фаций удаленной зоны. К ним относятся тонкообломочные терригенные породы (кремнистые, известковистые, углистые алевролиты, песчаники), а также известняки. Мелководные грубообломочные фации развиты лишь в основании разрезов [13, 21].

4.2. Структура рудного поля

В Змеиногорском рудном районе выделяются два рудных узла: Майско-Змеиногорско-Семеновский и Корбалихинско-Лазурский. Первый из них включает в себя Змеиногорско-Зареченское, Гольцовское и Семеновское рудные поля; второй-Корбалихинское, Черепановское и Лазурское. Всего в отмеченных рудных узлах находится два крупных, три средних, семь мелких месторождений, 19 проявлений и 9 пунктов минерализации. За редким исключением, все рудные объекты локализованы в стратифицированных отложениях девона. Оруденение сульфидное полиметаллическое сплошное и вкрапленное, как правило, согласно

залегающее с вмещающими породами, и прожилково- жильное (штокверковое), занимающее часто резкое секущее положение по отношению к последним. Основные рудные минералы: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, барит. Промышленные элементы: цинк, свинец, медь, кадмий, золото, серебро и т.д, иногда до 12 элементов и более [13, 21].

Семь проявлений и четыре пункта минерализации находятся в Северо-Алтайском золотоносном поясе (Чарышский Блок). Оруденение полиметаллическое, преимущественно кварцевожильное, меньше вкрапленное среди гидротермально измененных осадочных и интрузивных пород, связано с гранитоидами усть-беловского и змеиногорского комплексов.

4.3 Краткая характеристика рудной минерализации и рудных тел.

На Шумаковской площади по данным Объяснительной записки к геологической карте 2001г [21] обнаружены 3 пункта минерализации и 2 проявления, информация о которых предоставлена ниже, в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Список проявлений (П) и пунктов минерализации (ПМ) на Шумаковской площади [13, 21]

Индекс клетки	№ на карте	Вид ПИ и название	Тип объекта, краткая характеристика
П-1	16	Рудная точка 110 Сфалерит, галенит, халькопирит	ПМ Кварцево-сульфидные прожилки в алевролитах нижнемельничной подсвиты (D1) (Полтораков и др., 1961)
П-1	20	Рудная точка 207 Сфалерит, галенит, халькопирит	ПМ. Бедная прожилково-вкрапленная минерализация в риолитовых порфирах мельнично-сосновского вулканического комплекса (Полтораков и др., 1961)
П-2	20	Рудная точка 334, 339 Сфалерит, галенит, халькопирит, пирит	ПМ. Прожилковое оруденение в контакте окварцованного фельзитпорфира и аргиллита сосновской свиты (D2) (Полтораков и др., 1961)
П-2	16	Белоглинское. Известно с первой половины XIIIв. Сфалерит, галенит, халькопирит, малахит, азурит	П. 78 Зона прожилково-вкрапленной полиметаллической минерализации сульфидных и оксидных форм среди вулканитов кислого состава сосновской свиты (D2). Простираение северо- западное, падение северо-восточное. Размеры по простиранию, падению и мощности 80, 25 и 4-5 м соответственно. Содержание в сульфидных рудах Cu- до 0,51, Pb- следы, Zn-до 8, 14%; в окисленных Cu- до 17, Pb-до 51, 58%, Au- 0,3-1,5 и Ag- 8-130 г/т. (Митропольский Б.С., Паренаго М.К. 1931), (Чеботарев В.М., Зубов А.И., 1961)

Окончание таблицы 4.1

Индекс клетки	№ на карте	Вид ПИ и название	Тип объекта, краткая характеристика
Ш-2	5	Гусино-Каменский прииск. Открыт в 1769г. Сфалерит, галенит, халькопирит, малахит, азурит	П. 78 Гальки и валуны гидротермально изменённых (редко оруденелых) осадочных и вулканогенных пород, связанные с внутриформационными линзами конгломератов среди образований верхнемельничной подсвиты (D2). Размер линз на поверхности – 200*15 и 80*20 м. На глубину быстро выклиниваются. Содержания по штучным пробам Cu- 0, 03- 4, 85 %, Pb- 0,02-26,27%, Zn- 0, 01- 8, 59%, Au- до 81,1 г/т, Ag -0,6-822, 8 г/т. (Чеботарев В.М., Зубов А.И., 1961)

5 Обработка данных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния Шумаковской площади

Цель обработки данных: оценка рудоносности площади на наиболее перспективных участках путем подсчета прогнозных ресурсов по категории P₃.

Задача: статистическая обработка результатов геохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 по сети 100x20 с оконтуривание вторичных ореолов рассеяния свинца и цинка, в пределах которых производится подсчет прогнозных ресурсов по категории P₃.

5.1 Виды и методика работ

5.1.1 Создание базы данных

Для обработки данных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния была взята база данных с результатами ICP-MS анализа. База данных включает в себя следующие данные: номер геохимического профиля, вдоль которого происходил отбор проб; x, y, z координаты точек опробования по каждому профилю, на которых отбирались пробы; шестизначный номер пробы, состоящий из номера профиля и номера точки опробования; характеристика пробы (рядовая и контрольная); примечание, включающее описание место опробования; содержания элементов (в г/т и в процентах).

Предварительно необходимо преобразовать исходную базу данных в форму, удобную для восприятия (заменить все «неопределенные» значения), после чего создать из нее другую базу данных для построения моноэлементных, мультипликативных и комплексных карт.

5.1.2 Расчет основных статистических параметров

Расчет основных статистических параметров (минимальной, максимальное, фоновое значение и стандартный множитель) необходим для дальнейших расчетов аномальных уровней элементов.

Фоновое содержание элемента, согласно логнормальному закону распределения, определяется по следующей формуле:

$$C_{\phi} = 10^{\log \bar{C}}, \quad (5.1)$$

где C_{ϕ} – фоновое содержание элемента;

\bar{C} – среднее содержание элемента.

Стандартный множитель определяется как:

$$\varepsilon = 10^{S \log} \quad (5.2)$$

где S – среднеквадратическое отклонение.

Аномальные уровни рассчитываются следующим образом:

$$C_{A,m} = C_{\phi} * \varepsilon^{\frac{3}{\sqrt{m}}}, \quad (5.3)$$

где $C_{A,m}$ – аномальное содержание элемента, согласно инструкции (m от 1 до 9);
 C_{ϕ} – фоновое содержание элемента;
 m – количество смежных аномальных точек (уровней);
 ε – стандартный множитель;
 S – среднеквадратическое отклонение.

5.1.3 Расчет коэффициентов корреляции

Расчет коэффициентов корреляции осуществляется для проверки наличия статистической связи между значениями двух и более элементов. Расчет корреляции производится несколько раз в исходных величинах и в логарифмах. Минимальный объем выборки для наиболее достоверной оценки корреляционной связи составляет 30 значений, что является минимальным объемом выборки, которого достаточно для опровержения отсутствия корреляционной связи между элементами типоморфного комплекса.

5.1.4 Расчет мультипликативного показателя

Геохимические аномалии большинства рудных элементов являются слабоконтрастными. Для увеличения их контрастности необходимо перемножить содержания m элементов типоморфного комплекса. В слабоконтрастных аномалиях превышения содержаний отдельных элементов относительно их фона соизмеримы между собой, соответственно амплитуда мультипликативной аномалии возрастает примерно в m раз. Стандартное отклонение и контрастность данной аномалии увеличивается в \sqrt{m} раз. Таким образом, контрастность мультипликативной аномалии возрастает в \sqrt{mn} раз относительно контрастности исходных моноэлементных аномалий, это указывает на возможное усиление слабоконтрастной аномалии при независимости случайных помех:

$$\gamma^* = \gamma_0 * \sqrt{mn}, \quad (5.4)$$

где γ^* – показатель контрастности мультипликативной аномалии;
 γ_0 – показатель контрастности моноэлементных аномалий.

Расчет показателя производится путем перемножения содержаний элементов типоморфного комплекса в каждой точке опробования. Аномальность мультипликативного показателя рассчитывается по формуле (5.3).

5.1.5 Расчет комплексного показателя

Комплексный показатель позволяет выделить перспективные участки обнаружения полиметаллического оруденения по элементам спутникам. Выделение происходит по вторичным ореолам рассеяния элементов типоморфного комплекса, а также элементам-индикаторам оруденения. Расчет комплексного показателя осуществляется отдельно для каждого элемента по следующей формуле, после чего происходит их суммирование:

$$\gamma^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\log C_{ji} - \log C_{j\phi}}{S_{\log}} \right)^2, \quad (5.5)$$

где C_{ji} – содержание j -го элемента в i -ой точке;

$C_{j\phi}$ – среднее содержание j -го элемента;

S – среднеквадратическое отклонение.

Для расчета комплексного показателя брались только положительные значения разности логарифмов содержаний. Полученные отрицательные значения заменялись на 0. Аномальность показателя рассчитывалась в соответствии с таблицей «Значения критерия Пирсона».

5.1.6 Построение моноэлементных и мультипликативных карт элементов типоморфных комплексов

Построение моноэлементных и мультипликативных карт производится в программе «Surfer». Исходные данные для построения карт располагаются в базе данных, на основании которой, предварительно, строится регулярная сетка, отличающаяся от сети опробования. Для корректного построения геохимических аномалий и снижения порога их обнаружения необходимо предварительно определить фоновые и аномальные значения для каждого элемента.

Построение карт осуществляется через команду «Grid – Data». Первоначально создается «.grd» файл, который содержит в себе регулярную сетку. Метод построения сетки – Kriging, параметры эллипса поиска: R_1 – 1500 (захват 3 профилей), R_2 – 250 (захват 5 точек опробования), ориентировка длинной оси эллипса (угол наклона) – 110. После того как сеточный файл построен переходим к построению контурной карты, для этого выполняем команды: «File – New – Plot» и «Map – New – Contour Map». На отстроенных картах отображаем предварительно рассчитанные аномальные содержания (три наиболее контрастных и распространенных по участку уровня) по соответствующим элементам. Мультипликативные карты отстраиваются аналогичным способом.

5.1.7 Построение карт комплексного показателя

Карты комплексного показателя отстраиваются аналогичным образом, как и моноэлементные. Для построение аномальных значений комплексного показателя необходимо, предварительно, определить число степеней свободы (f), которое равняется количеству (n) комплексимруемых элементов. За счет усреднения убирается одна степень свободы, тогда $f = n - 1$. Карта отстраивается по двум аномальным значениям, которые определяются по таблице «Значения критерия Пирсона», в соответствии с таблицей 5.1. Значения аномальных уровней берутся на основании рассчитанного числа степеней свободы и двух уровней значимости $\alpha = 0,05$ и $\alpha = 0,01$.

Таблица 5.1 – Значения критерия Пирсона

f	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	f	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
1	3,841	6,635	11	19,675	24,725
2	5,991	9,210	12	21,026	26,217
3	7,815	11,341	13	22,362	27,688
4	9,488	13,277	14	23,685	29,141
5	11,070	15,086	15	24,996	30,578
6	12,592	16,812	16	26,296	32,000
7	14,067	18,475	17	27,587	33,409
8	15,507	20,090	18	28,869	34,805
9	16,919	21,666	19	30,144	36,191
10	18,307	23,209	20	31,410	37,566

5.1.8 Расчет прогнозных ресурсов по категории P_3

Итогом построения и интерпретации вторичных геохимических ореолов является расчет прогнозных ресурсов по категории P_3 , что является итогом оценки рудоносности участка. Прогнозные ресурсы по категории P_3 рассчитываются по следующей формуле:

$$Q_H = \frac{1}{k} * \frac{P}{40} * H, \quad (5.6)$$

где Q_H – прогнозные ресурсы, т, на глубину H , м;
 k – коэффициент остаточной продуктивности;
 P – площадная продуктивность, $m^2 * \%$.

Площадная продуктивность рассчитывается по следующей формуле:

$$P = L \sum_{j=1}^m M_j, \quad (5.7)$$

где L – расстояние между профилями, м;
 M_j – линейная продуктивность по j -му профилю, $m * \%$.

Линейная продуктивность вторичного ореола рассеяния рассчитывается по формуле:

$$M = \Delta x * (\sum_{x=1}^n C_x - n * C_{\phi}), \quad (5.8)$$

где Δx – шаг опробования;

C_x – аномальное содержание металла по профилю;

n – количество аномальных содержаний по профилю;

C_{ϕ} – фоновое содержание элемента.

5.2 Результаты работ

5.2.1 Создание базы данных

В базах данных осуществляется замена всех «неопределенных» значений (числа с символами «<» или «≤») заменены на следующие: если перед числом стоит знак «<», то оно уменьшается вдвое; если «≤», то значение остается прежним). Замена значений производится для того, чтобы произвести дальнейшую статистическую обработку данных и построение моноэлементных и мультипликативных карт и карт комплексного показателя.

5.2.2 Оценка основных параметров распределения элементов во вторичных геохимических полях

Исходными данными являлись результаты спектрометрического анализа литогеохимических проб, отобранных по сети 500x50 на Шумаковской площади. Оценка основных параметров распределения элементов проводилась для элементов типоморфного комплекса элементов полиметаллического оруденения. Элементы спутники оруденения взяты по данным Кузнецова В.В. [13] и представлены серебром, медью, кадмием, барием, в соответствии с таблицей 5.2. Как видно из таблицы минимальные значения элементов выше предела обнаружения этого вида анализа.

Таблица 5.2 – Основные параметры распределения элементов

Эл-ты	Минимальное значение	Максимальное значение	Фон (ср. геометр.)	Стандартный множитель	Кол-во проб
Ag, г/т	0,002	0,26	0,008	1,76	2710
Ba, г/т	46	943	98.5	1,929	2710
Cu, г/т	1,1	711	8.3	1,54	2710
Pb, г/т	1,3	1099	10,7	1,62	2710
Zn, г/т	15	821	12.5	1,42	2710
Cd, г/т	0.067	19	0.2	1.49	2710

5.2.3 Расчет коэффициентов корреляции между Pb-Zn и элементами-спутниками во вторичных ореолах рассеяния

Для проверки наличия корреляционной связи во вторичных ореолах рассеяния между свинцом, цинком и его элементами-спутниками рассчитаны

коэффициенты корреляции. Коэффициенты корреляции определены для логарифмов содержаний элементов, в соответствии с таблицей 5.3.

Анализ корреляционной матрицы показал, что большинство элементов имеют положительную значимую связь. Сильная связь характерна для цинка и кадмия; средняя – для свинца и цинка, свинца и кадмия, свинца и бария, свинца и меди, цинка и меди, кадмия и бария, кадмия и меди, бария и меди; слабая – для свинца и серебра, цинка и бария.

Таблица 5.3 – Корреляционная матрица наиболее значимых элементов для Шумаковской площади

	Pb	Zn	Ag	Ba	Cd	Cu
Pb	1,00	0,58	0,46	0,38	0,56	0,57
Zn		1,00	0,16	0,37	0,87	0,5
Ag			1,00	0,15	0,17	0,14
Ba				1,00	0,19	0,21
Cd					1,00	0,16
Cu						1,00

5.2.4 Обработка геохимических данных Шумаковской площади

Обработка геохимических данных произведена по элементам-спутникам полиметаллического оруденения Шумаковской площади. Схема металлотрического опробования Шумаковской площади приведена ниже, в соответствии с рисунком 5.1.



Рисунок 5.1 – Карта фактического материала (1:25 000) геохимических данных по результатам отбора проб в III и IV квартале 2021 года [13]

Определение параметров фона и нижних аномальных значений проводилось в полном соответствии с действующей «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» [7]. Значения аномальных концентраций приведены ниже, в соответствии с таблицей 5.4.

Таблица 5.4 – Аномальные концентрации

№	Элемент	Ca ₁	Ca ₂	Ca ₃	Ca ₄	Ca ₅	Ca ₆	Ca ₇	Ca ₈	Ca ₉
1	свинец	46.22	29.16	23.77	21.05	19.37	18.22	17.37	16.72	16.2
2	цинк	49.35	33.06	27.68	24.9	23.17	21.96	21.07	20.38	19.82
3	серебро	0.041	0.025	0.02	0.017	0.016	0.015	0.014	0.0137	0.0132
4	барий	194	159	146	138	133	130	127	125	123
5	кадмий	0.71	0.5	0.43	0.392	0.368	0.351	0.339	0.329	0.321
6	медь	32.08	21.65	18.19	16.39	15.27	14.49	13.92	13.47	13.11

Построение карт геохимических аномалий проведено в программе Surfer. Использован метод Kriging со следующими параметрами эллипса поиска: R_1 – 1500, R_2 – 250, угол наклона – 110, minimum number of data in all sectors – 8.

По выбранным элементам были построены моноэлементные карты, в соответствии с рисунками 5.2-5.7.

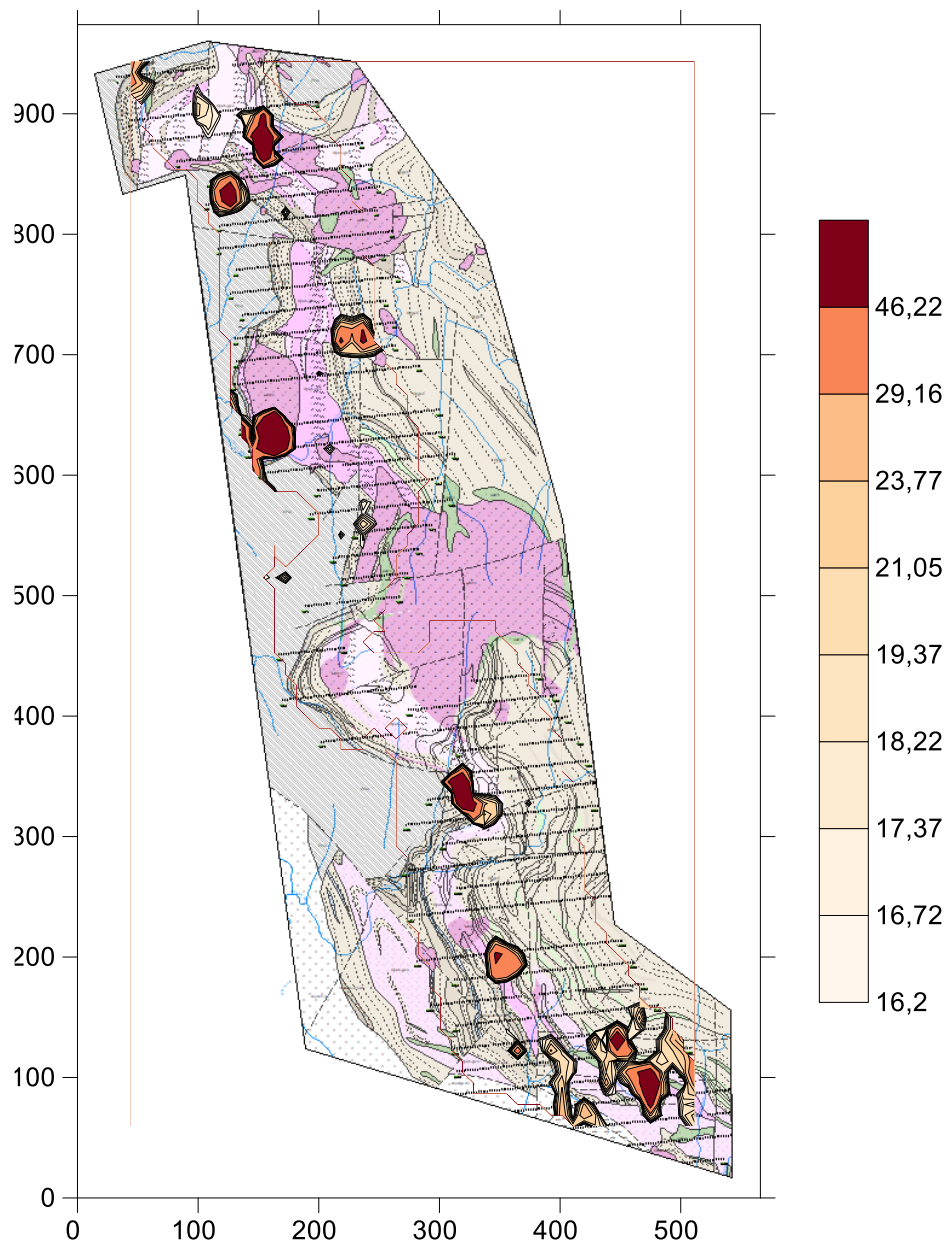


Рисунок 5.2 – Карта вторичных ореолов свинца (1:25 000)

Геохимические аномалии свинца концентрируются неравномерно в пределах Шумаковской площади, все они территориально располагаются в отложениях мельничной свиты. Самая крупная по площади аномалия располагается в южной части участка 2.5 км². В северной части отмечается четыре мелких профильных аномалии, связанных с ошибками в результатах анализов.

В центральной части площади, отмечается несколько округлых аномалий, вытянутых в северном направлении, которые пространственно приурочены к литолого-фациальным границам. Аномалии центральной части площади расположены в туфах риодацитового состава.

С аномалиями свинца пространственно совпадают аномалии цинка, меди, бария и кадмия.

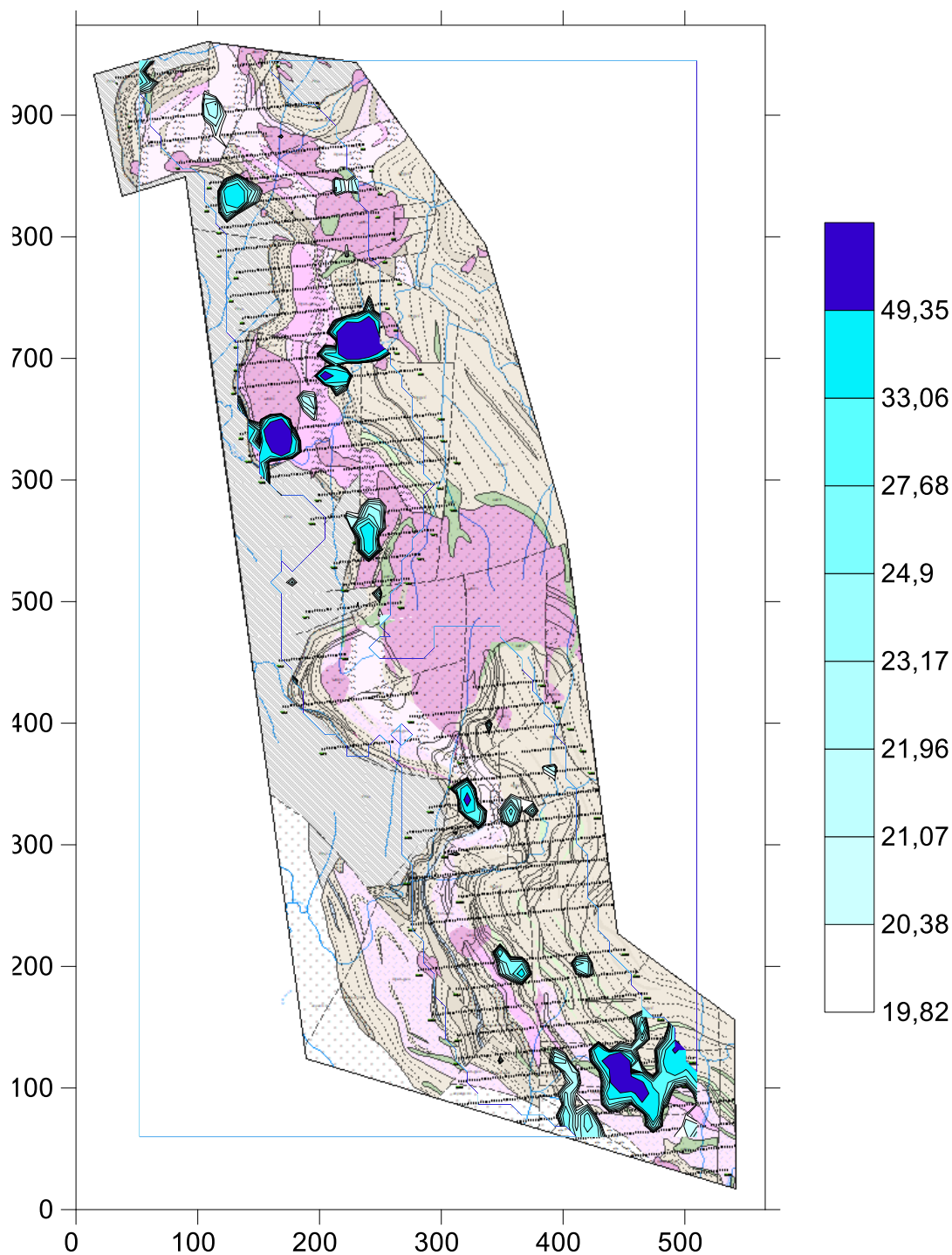


Рисунок 5.3 – Карта вторичных ореолов цинка (1:25 000)

Геохимические аномалии цинка, так же, как и свинца, бария, кадмия и меди концентрируются в северной, центральной и южной части Шумаковской площади. Практического интереса северные профильные аномалии не представляют. Наибольший интерес представляют две высококонцентрированные округлые аномалии, располагающиеся в центральной части площади, которые находятся по течению р. Гольцовка. Аномалии приурочены к грубообломочным туфам риодацитового состава и мелкообломочным туфам риолитового состава.

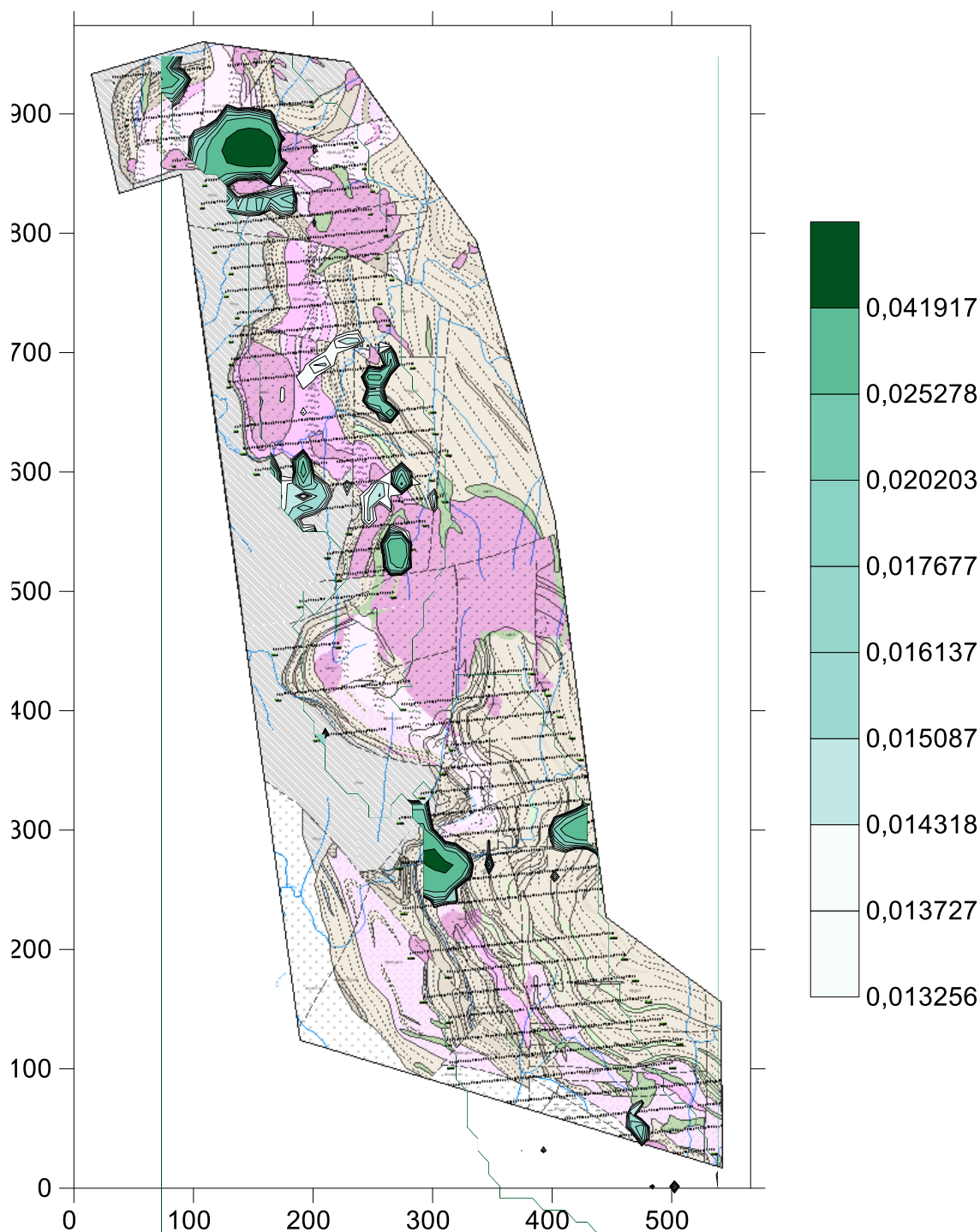


Рисунок 5.4 – Карта вторичных ореолов серебра (1:25 000)

Геохимические аномалии серебра приурочены к фации вулканогенно-осадочных пород (D_{3ef}) – алевrolитам и туффитам различного состава. В северной части карты располагается высококонтрастная аномалия субизометричной формы приуроченная к рудоносной эмс-эйфельской туфогенно-осадочной рудоносной формации.

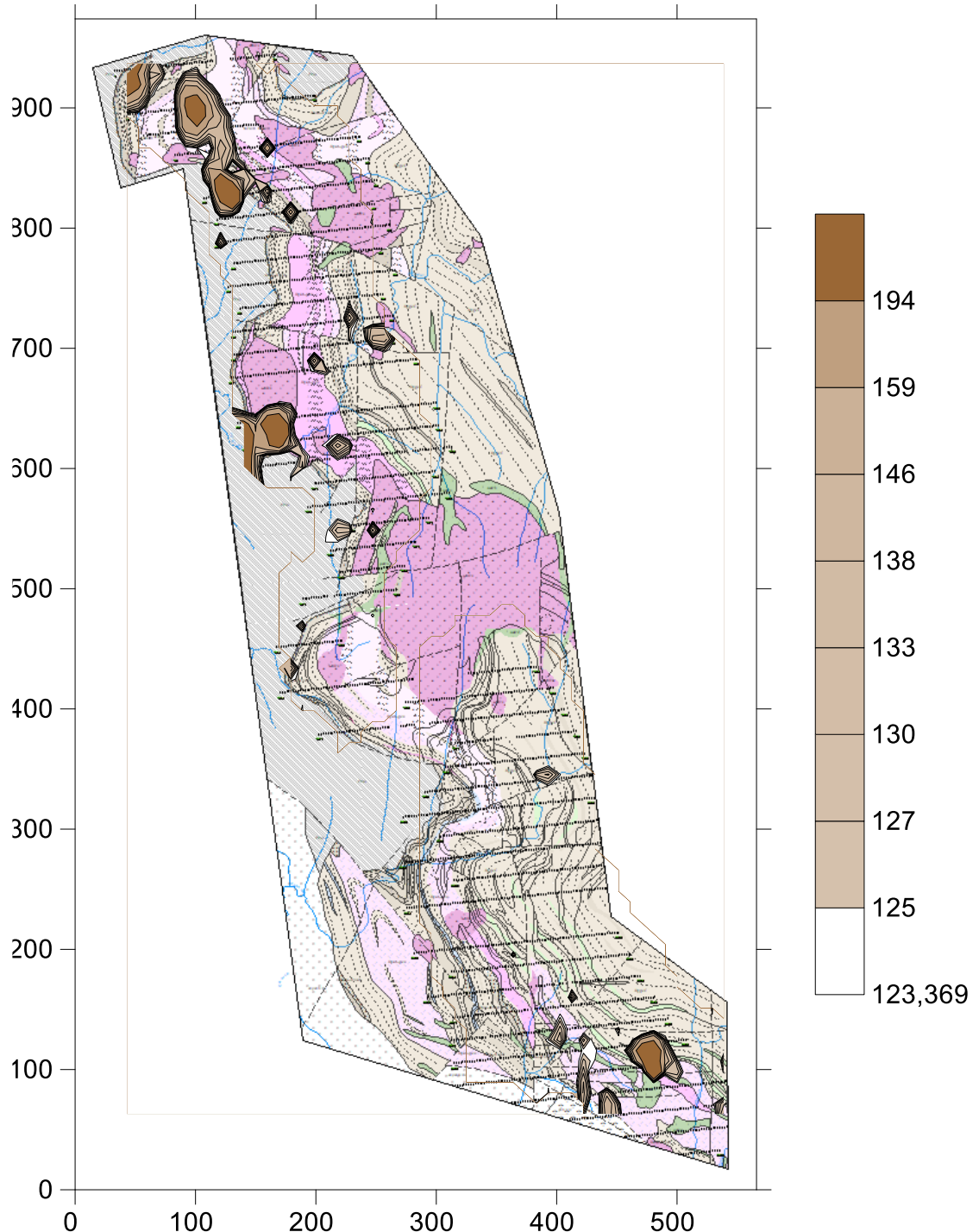


Рисунок 5.5 – Карта вторичных ореолов бария (1:25 000)

Геохимические аномалии Ва концентрируются в северной, центральной и южной части площади. Приурочены к толще вулканогенно-осадочных пород

(D_{2gv_2}), (D_{1e_1}) - алевролитам, туфоалевролитам и туффитам различного состава. Особый интерес представляет высококонтрастная аномалия, которая расположена в северной части площади, вытянутая в северном направлении. Контрастность аномалии превышает фоновое значение в два раза. Так же приурочена к рудоносной эмс-эйфельской туфогенно-осадочной рудоносной формации.

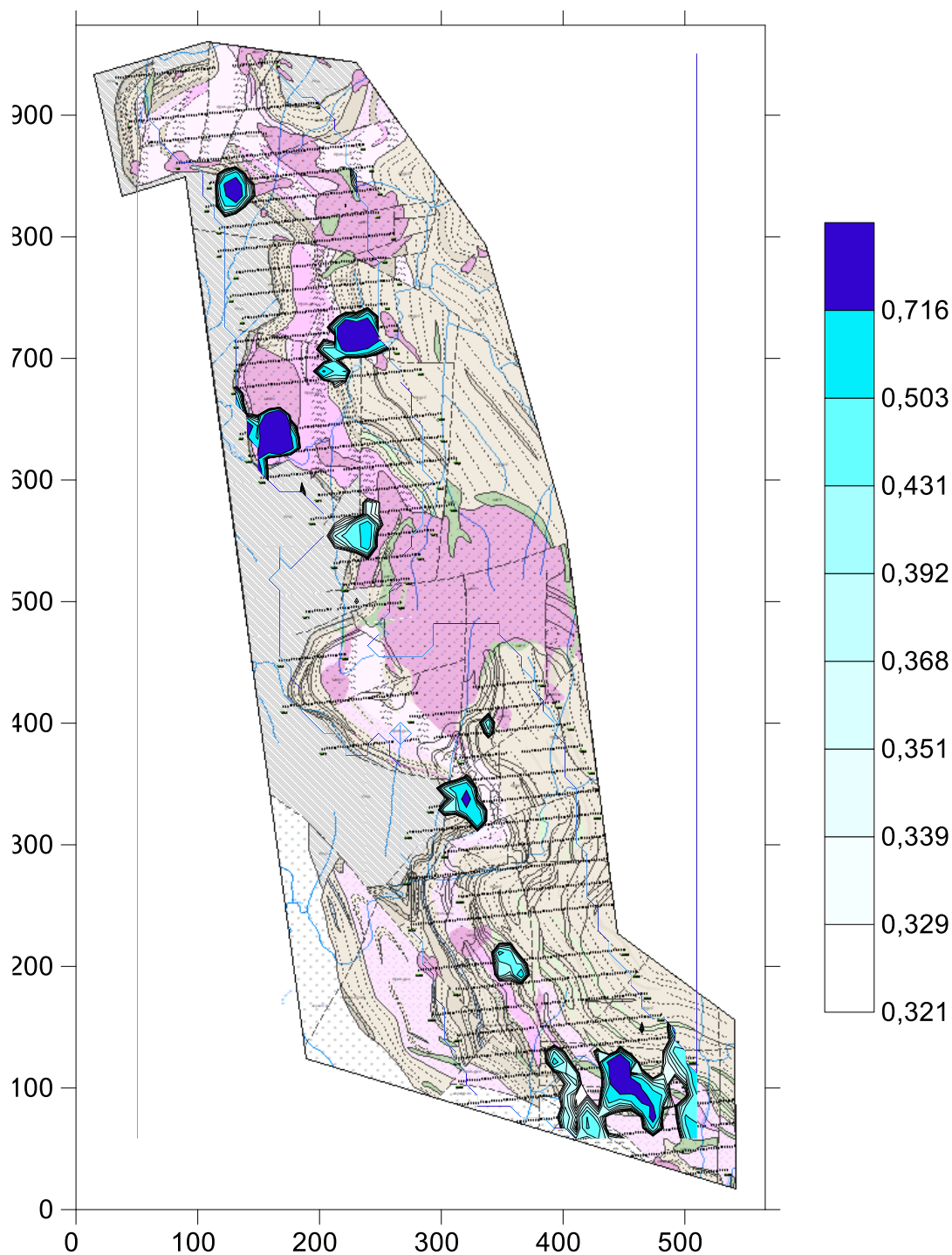


Рисунок 5.6 – Карта вторичных ореолов кадмия (1:25 000)

Геохимические аномалии кадмия приурочены к туфам, лавам кислого состава и их лавобрекчиями, туфопесчаниками, кремнистыми и углистыми туфогенными алевролитами и аргиллитами. По форме аномалии в южной и центральной части площади схожи с аномалиями свинца и цинка.

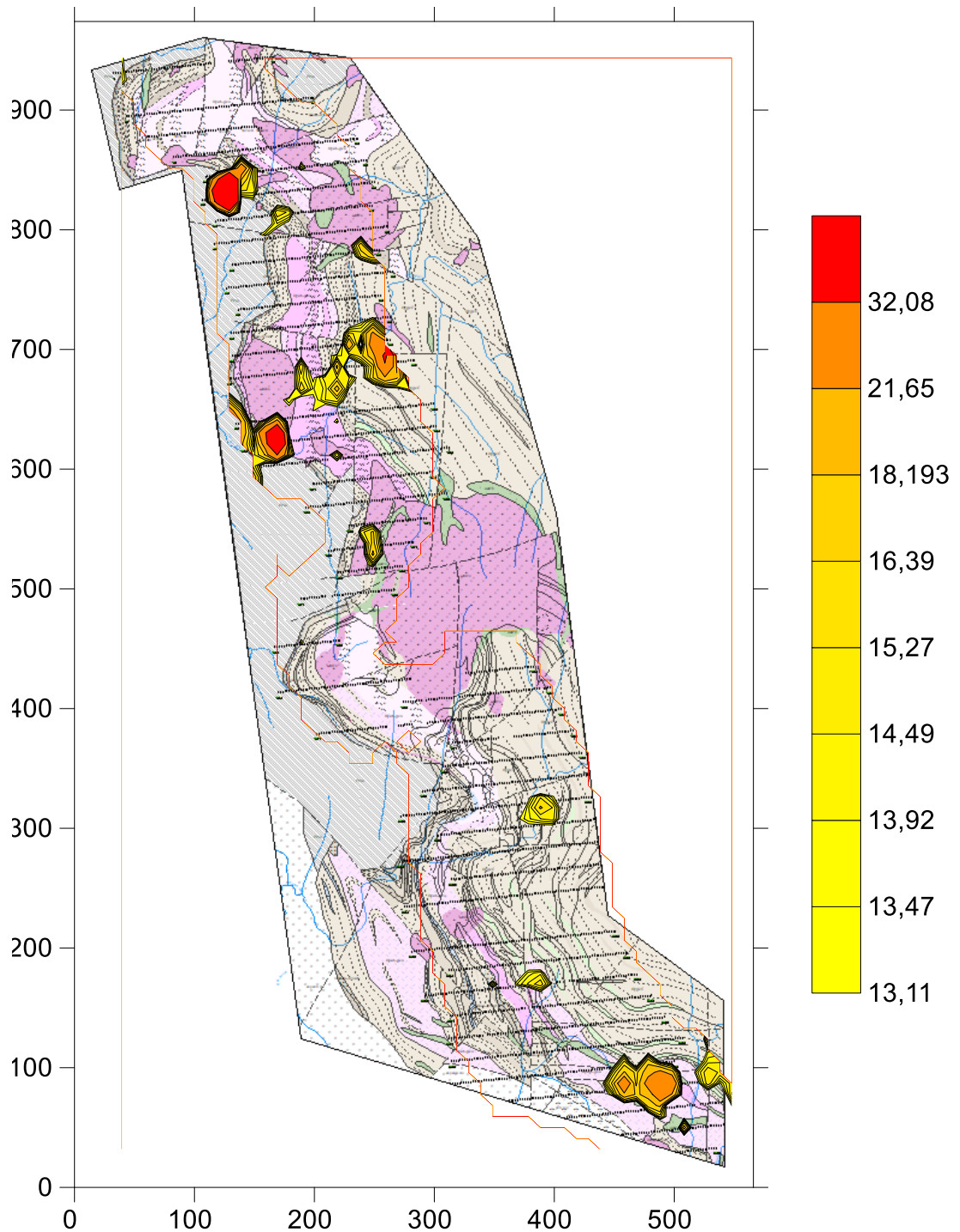


Рисунок 5.7 – Карта вторичных ореолов меди (1:25 000)

Геохимические аномалии меди концентрируются в центральной и южной части Шумаковской площади, выявляются в туфах и лавах. Высококонтрированная аномалия в центральной части карты вдвое

превышает фон и относится к грубообломочным туфам риодацитового состава и мелкообломочным туфам риолитового состава.

В северной части площади аномалии всех элементов имеют сходство пространственного расположения. Представлены они рядом аномалий субизометричной формы с различными размерами, приуроченных к отложениям эмс-эйфельской туфогенно-осадочной рудоносной формации, а также к ряду субшироотно ориентированных разломов.

В центральной части площади аномалии всех элементов также имеют сходство пространственного расположения и представлены рядом аномалий субизометричной формы, реже незначительно вытянутой в северо-восточном направлении формы, которые также приурочены к отложениям туфогенно-осадочной рудоносной формации и разломам субшироотно простирания.

В южной части площади не имеют сходства пространственного расположения лишь аномалии серебра. Остальные элементы представлены аномалиями субизометричной формы, реже неправильной, и имеют аналогичную приуроченность вышеописанным. Аномалии серебра в этой части площади смещены на севере, имеют субизометричную форму и располагаются на левом берегу долины р. Каменки.

5.2.5 Построение и интерпретация мультипликативных геохимических аномалий.

Для построения мультипликативных геохимических аномалий предварительно необходимо все содержания элементов типоморфного комплекса перемножить между собой по формуле (5.4) и по полученным значениям (для всего комплекса) построить карту изоконцентрат.

В качестве элементов типоморфного комплекса взяты те элементы, геохимические аномалии которых при построении моноэлементных карт пространственно совпадают с аналогичными геохимическими аномалиями свинца и цинка. Такими элементами являются: медь, барий, кадмий.

На отстроенной мультипликативной карте отмечается ряд высококонтрастных аномалий, расположенных неравномерно по территории площади. На севере участка аномалии имеют субизометричную форму и приурочены к отложениям туфогенно-осадочной рудоносной формации и разломам субшироотно простирания. Южнее отмечаются аномалии субизометричной формы с аналогичной приуроченностью, которые имеют большую площадь распространения, чем северные, в соответствии с рисунком 5.8.

На юге площади также отмечаются высококонтрастные аномалии субизометричной и вытянутой в северо-западном направлении формы, приуроченные к отложениям туфогенно-осадочной рудоносной формации и ряду разломов. Аномалия, располагающаяся севернее, приурочена к долине р. Каменки.

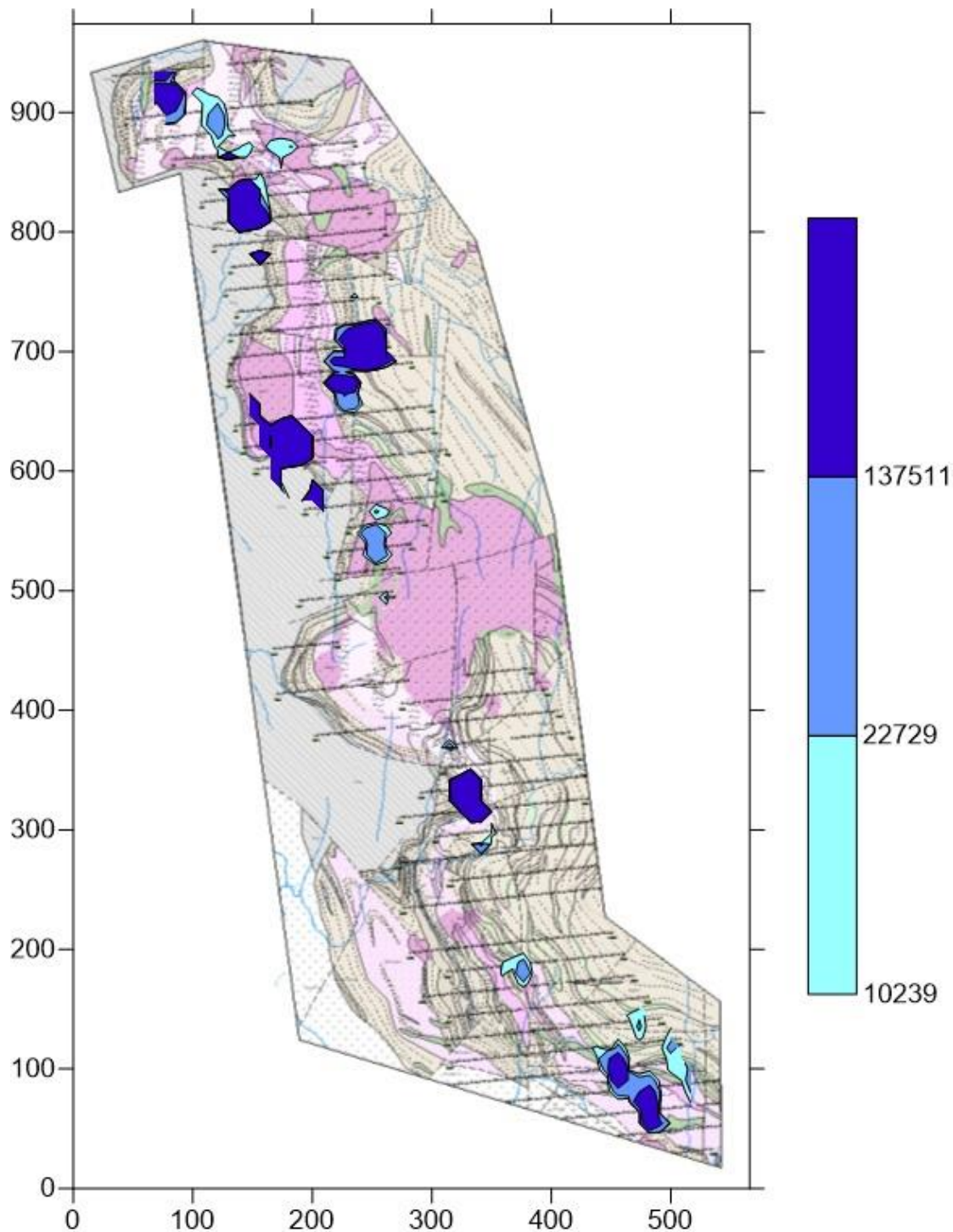


Рисунок 5.8 – Карта мультипликативного показателя (1:25 000)

5.2.6 Построение и интерпретация комплексных геохимических аномалий

Для построения и интерпретации карт комплексного показателя были взяты те же элементы типоморфного комплекса, что и при построении мультипликативной карты. Для определения аномальных уровней были использованы табличные значения критерия Пирсона, в соответствии с таблицей

5.2. Аномальные уровни составляют: $Sa_1 - 15,086$ (при $f = 5$ и $\alpha = 0,01$), $Sa_2 - 11,070$ (при $f = 5$ и $\alpha = 0,05$), в соответствии с рисунком 5.9

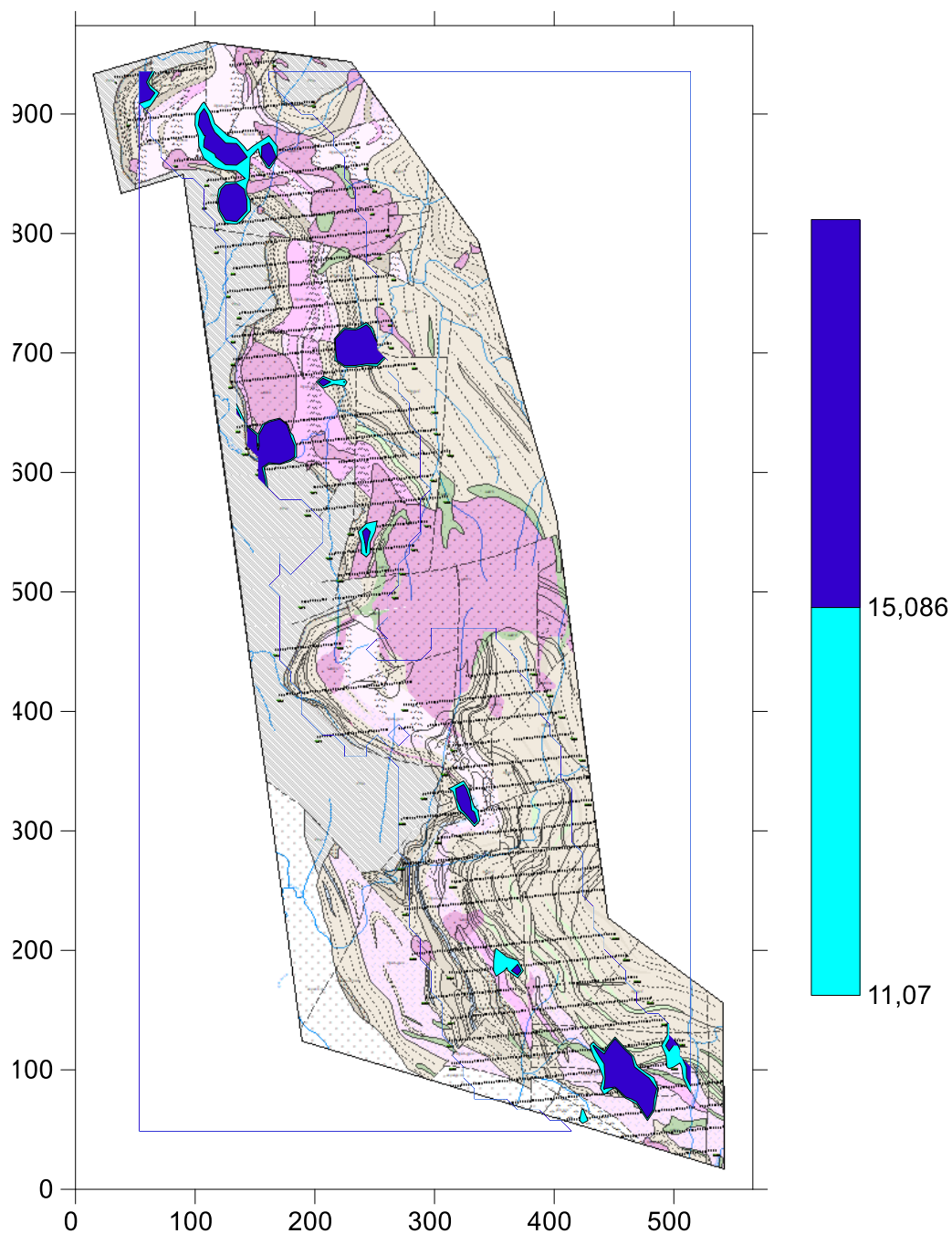


Рисунок 5.9 – Карта комплексного показателя (1:25 000)

В северной и южной части карты выделяются высококонтрастные аномалии субизометричной формы, незначительно вытянутые в северо-западном направлении. Все аномалии приурочены к отложениям туфогенно-осадочной рудоносной формации и разломам, преимущественно субширотного простирания. Редкие и небольшие по площади аномалии в центральной части приурочены к литолого-фациальной границе, а именно к грубообломочным туфам риодацитового и риолитового состава.

5.2.7 Сравнение результатов интерпретации по комплексному показателю и мультипликации

На отстроенных мультипликативных картах и картах комплексного показателя отмечается ряд высококонтрастных аномалий суббизометричной формы в северной (частично в центральной) и южной части Шумаковской площади. Аномалии приурочены к грубообломочным и мелкообломочным туфам туфогенно-осадочной рудоносной формации и ряду субширотно ориентированных разломов, пересекающих площадь работ.

По совокупности полученных результатов на Шумаковской площади, можно выделить три наиболее перспективных участка на моноэлементных картах свинца и цинка для оценки рудоносности всей площади и подсчета прогнозных ресурсов по категории P_3 : участок «1», «2», «3», в соответствии с рисунком 5.10 и 5.11.

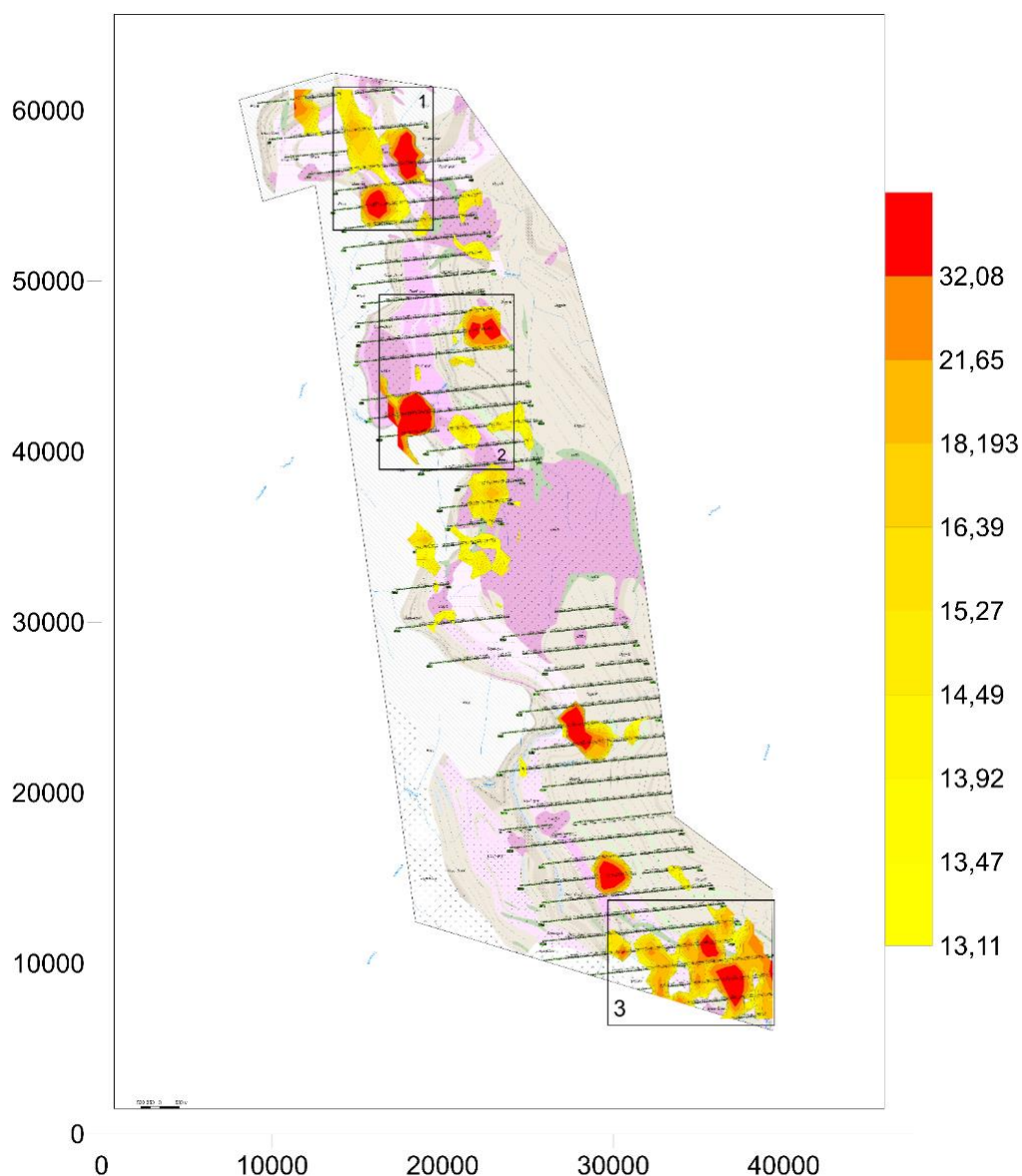


Рисунок 5.10 – Контуры аномальных геохимических участков свинца в пределах Шумаковской площади

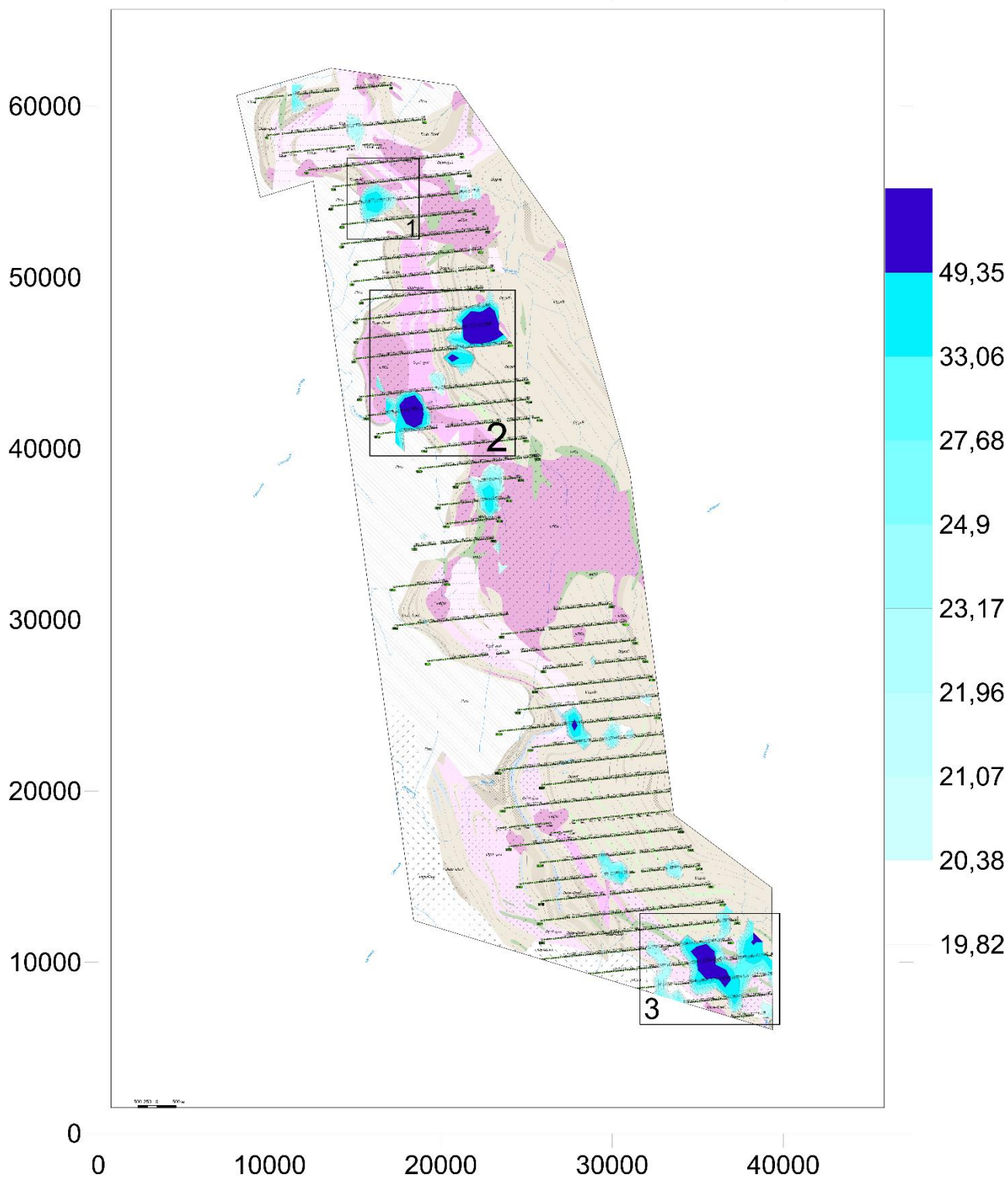


Рисунок 5.11 – Контуры аномальных геохимических участков цинка в пределах Шумаковской площади

5.2.8 Расчет прогнозных ресурсов по категории P_3

Расчет прогнозных ресурсов осуществляется на перспективных участках полиметаллической минерализации с целью оценки рудоносности всей Шумаковской площади, в соответствии с рисунком 5.12-5.17.

В пределах выявленных перспективных участков был выделен контур аномалии по следующим уровням: для свинца $C_{a9}=13$ г/т, для цинка $C_{a9}=19$ г/т. В пределах контуров производится расчет линейных и площадных продуктивностей с целью подсчета прогнозных ресурсов и оценки рудоносности.

Линейная продуктивность рассчитывается по каждому профилю, пересекающему геохимический контур аномалии по формуле (5.8).

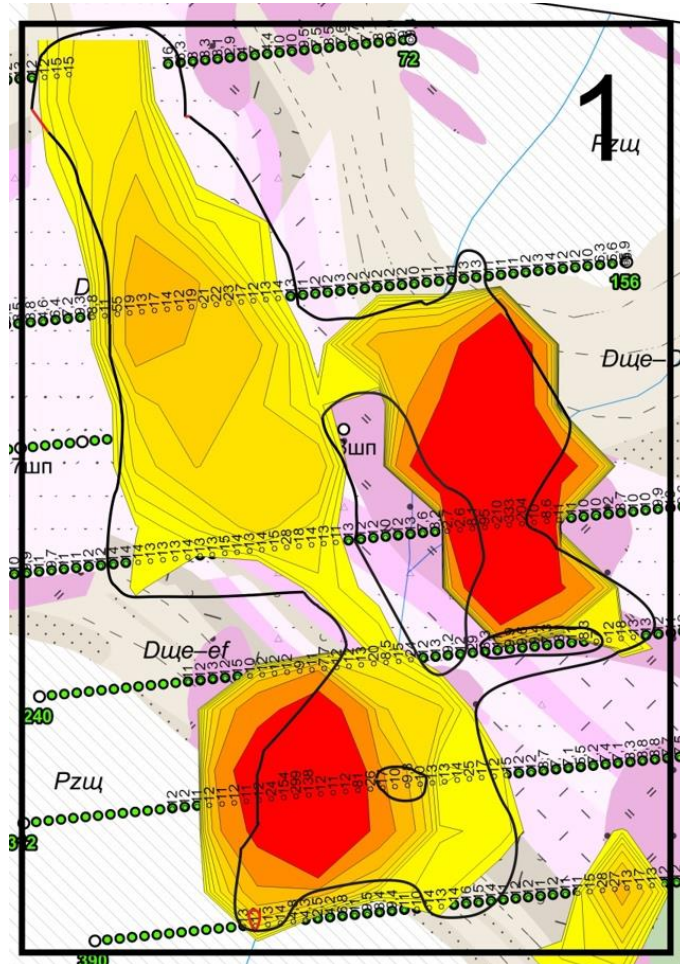


Рисунок 5.12 – Контур геохимической аномалии свинца по уровню $C_{a9} = 13$ г/т в пределах перспективного участка «1»

Для перспективного участка «1» линейные продуктивности составляют:

$$M_1 = 50 * ((15+15+16+ - 3 * 13) / 10^4) = 0,035 \text{ м}^*\%, \quad (5.9)$$

$$M_2 = 50 * ((55+19+13+17+14+19+21+22+23+17+13+14+13+13+13-15 * 13) / 10^4) = 0,455 \text{ м}^*\%, \quad (5.10)$$

$$M_3 = 50 * ((14+14+14+13+13+13+14+13+13+15+14+13+14+15+28+18+14+13+13+95+210+333+204- 23 * 13) / 10^4) = 4,105 \text{ м}^*\%, \quad (5.11)$$

$$M_4 = 50 * ((13+20+15+24+29+18+13+13- 8 * 13) / 10^4) = 0,205 \text{ м}^*\% \quad (5.12)$$

$$M_5 = 50 * ((24+154+299+138+81+26+13+13+14+25+17-11*13)/10^4) =$$

$$= 3,305 \text{ м}^*\%, \quad (5.13)$$

$$M_6 = 50 * ((13+13+14+14+13+14+16+15+14 - 9 * 3) / 10^4) = 0,045 \text{ м}^*% \quad (5.14)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,35+0,455+4,105+0,205+3,305+0,045) = 2400 \text{ м}^2*\%, \quad (5.15)$$

Прогнозные ресурсы свинца по категории P_3 на перспективном участке «1» рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{НП}} = \frac{1}{1} * \frac{2400}{40} * 200 = 12000 \text{ т}, \quad (5.16)$$

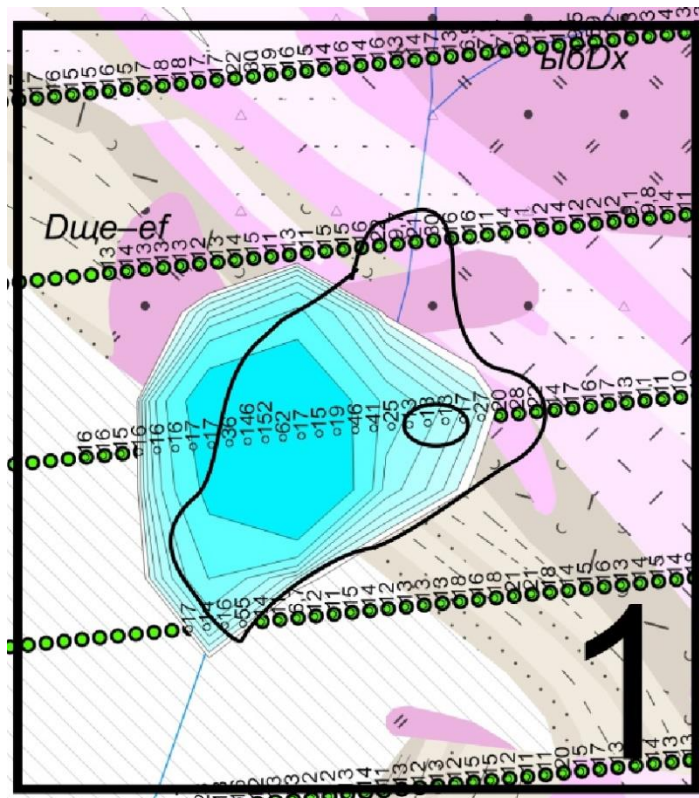


Рисунок 5.13 – Контур геохимической аномалии цинка по уровню $C_{a9} = 19 \text{ г/т}$ в пределах перспективного участка «1»

$$M_4 = 50 * ((22+21+30 - 3 * 19) / 10^4) = 0,08 \text{ м}^*\%, \quad (5.17)$$

$$M_5 = 50 * ((36+146+152+62+19+46+41+25+27+20+28+22 - 12 * 19) / 10^4) = 1,98 \text{ м}^*\%, \quad (5.18)$$

$$M_6 = 50 * ((19+55 - 2 * 19) / 10^4) = 0,18 \text{ м}^*\%, \quad (5.19)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,08+1,98+0,18) = 1120 \text{ м}^2*\%, \quad (5.20)$$

Прогнозные ресурсы цинка по категории P_3 на перспективном участке «1» рассчитываются по формуле:

$$Q_{H1} = \frac{1}{1} * \frac{1120}{40} * 200 = 5600 \text{ т}, \quad (5.21)$$

Суммарно прогнозные ресурсы свинца и цинка по первому участку составляют 17600 т.

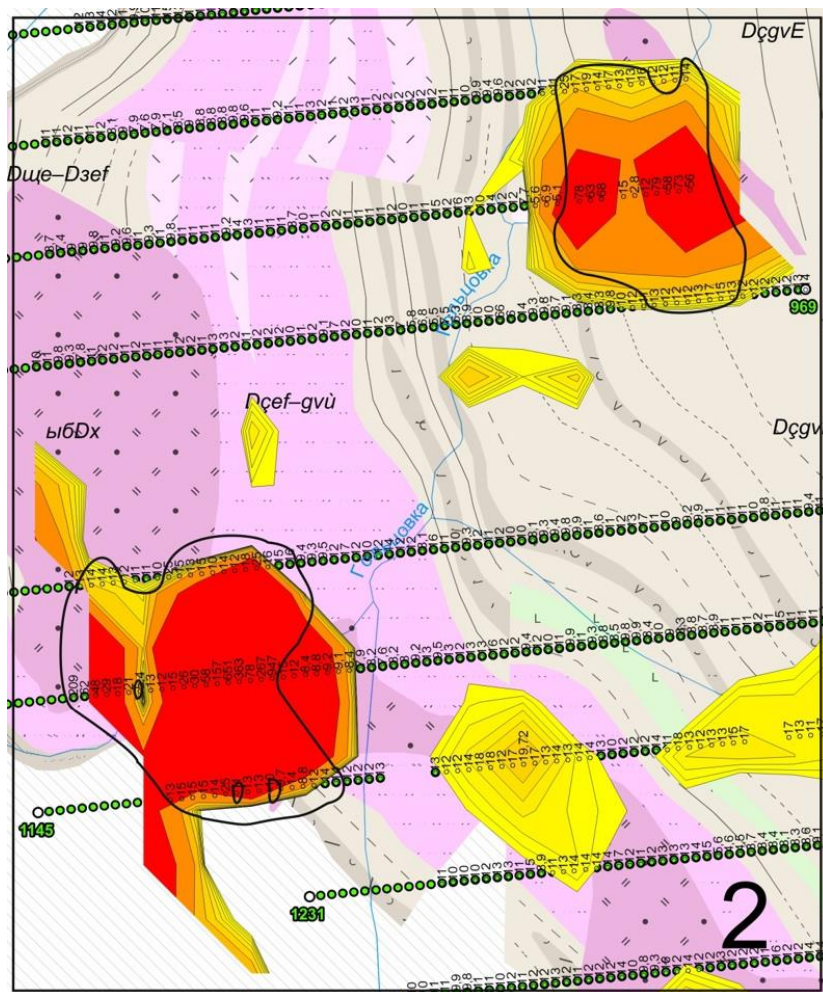


Рисунок 5.14 – Контур геохимической аномалии свинца по уровню $C_{a9} = 13 \text{ г/т}$ в пределах перспективного участка «2»

Для перспективного участка «2» линейные продуктивности составляют:

$$M_{11} = 50 * ((25+17+19+14+17+13+13 - 7 * 13) / 10^4) = 0,135 \text{ м*}\%, \quad (5.22)$$

$$M_{12} = 50 * ((78+63+68+79+58+73+56 - 7 * 13) / 10^4) = 1,92 \text{ м*}\%, \quad (5.23)$$

$$M_{13} = 50 * ((13+13+17+15+13 - 5 * 13) / 10^4) = 0,03 \text{ м*}\%, \quad (5.24)$$

$$M_{14} = 50 * ((13+14+14+13+25+15+13+15+14+18+25+16+15+16 - 14 * 13) / 10^4) = 0,22 \text{ м*}\%, \quad (5.25)$$

$$M_{15} = 50 * (209+62+48+29+18+21+13+15+26+30+58+157+651+363+78+267+947 + 15 - 18 * 3) / 10^4) = 13,865 \text{ м*}\%, \quad (5.26)$$

$$M_{16}=50*((13+15+15+14+25+13+13+14+14+14-10*13)/10^4)=0,1 \text{ м}^*\%, \quad (5.27)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,135+1,92+0,03+0,22+13,865+0,1) = 8135 \text{ м}^2*\%, \quad (5.28)$$

Прогнозные ресурсы свинца по категории P_3 на перспективном участке «2» рассчитываются по формуле:

$$Q_{H2} = \frac{1}{1} * \frac{8135}{40} * 200 = 40675 \text{ т}, \quad (5.29)$$

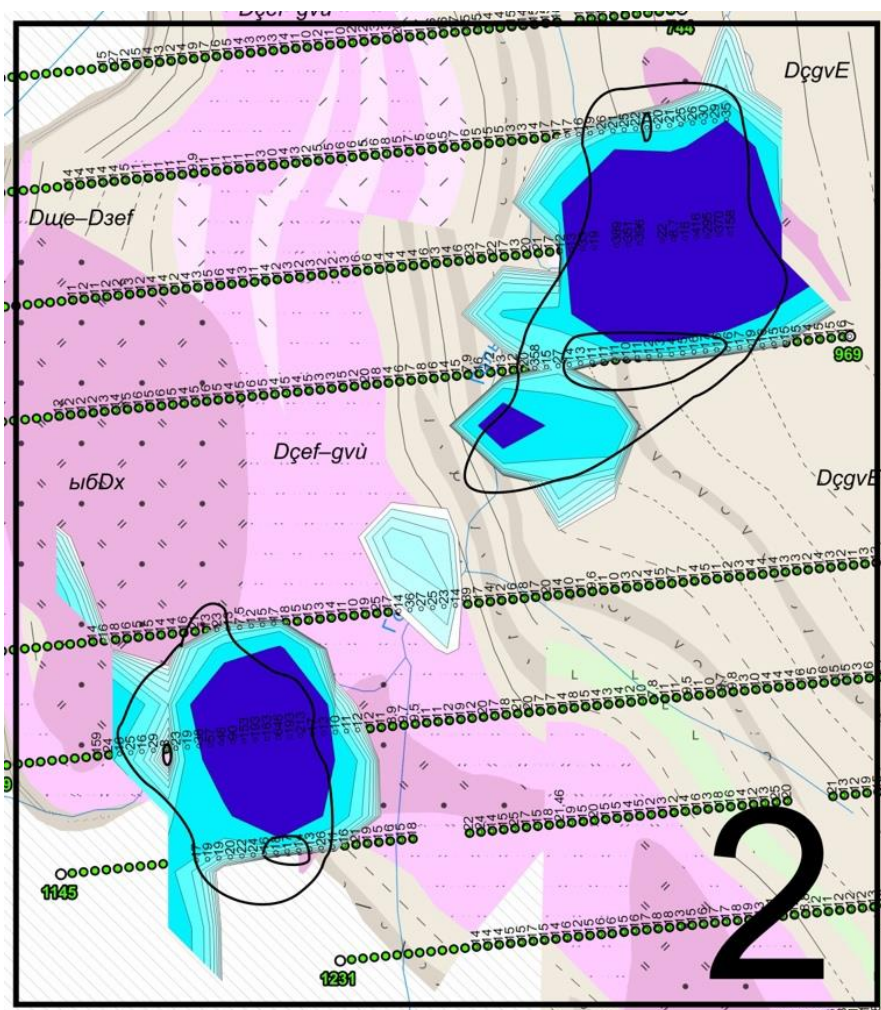


Рисунок 5.15 – Контур геохимической аномалии цинка по уровню $C_{a9} = 19 \text{ г/т}$ в пределах перспективного участка «2»

Для перспективного участка «2» линейные продуктивности составляют:

$$M_{11}=50*((19+26+21+25+22+20+21+25+26+30+29+35-12*19)/10^4)=0,355 \text{ м}^*\%, \quad (5.30)$$

$$M_{12}=50*((33+19+389+351+396+22+416+295+370+158-10*19)/10^4)=1,295 \text{ м}^*\%, \quad (5.31)$$

$$M_{13} = 50 * ((20 + 358 + 27 + 19 - 4 * 19) / 10^4) = 1,74 \text{ м}^* \%, \quad (5.32)$$

$$M_{14} = 50 * ((21 + 23 + 19 - 3 * 19) / 10^4) = 0,03 \text{ м}^* \%, \quad (5.33)$$

$$M_{15} = 50 * ((25 + 29 + 23 + 19 + 38 + 57 + 47 + 46 + 90 + 153 + 193 + 163 + 646 + 193 + 213 - 15 * 19) / 10^4) = 8,25 \text{ м}^* \%, \quad (5.34)$$

$$M_{16} = 50 * ((19 + 19 + 20 + 22 + 24 + 26 - 6 * 19) / 10^4) = 0,08 \text{ м}^* \%, \quad (5.35)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,355 + 11,295 + 1,74 + 0,03 + 8,25 + 0,08) = 10875 \text{ м}^2 * \%, \quad (5.36)$$

Прогнозные ресурсы цинка по категории P_3 на перспективном участке «2» рассчитываются по формуле:

$$Q_{H2} = \frac{1}{1} * \frac{10875}{40} * 200 = 54375 \text{ т}, \quad (5.37)$$

Суммарно прогнозные ресурсы свинца и цинка по второму участку составляют 95050 т.

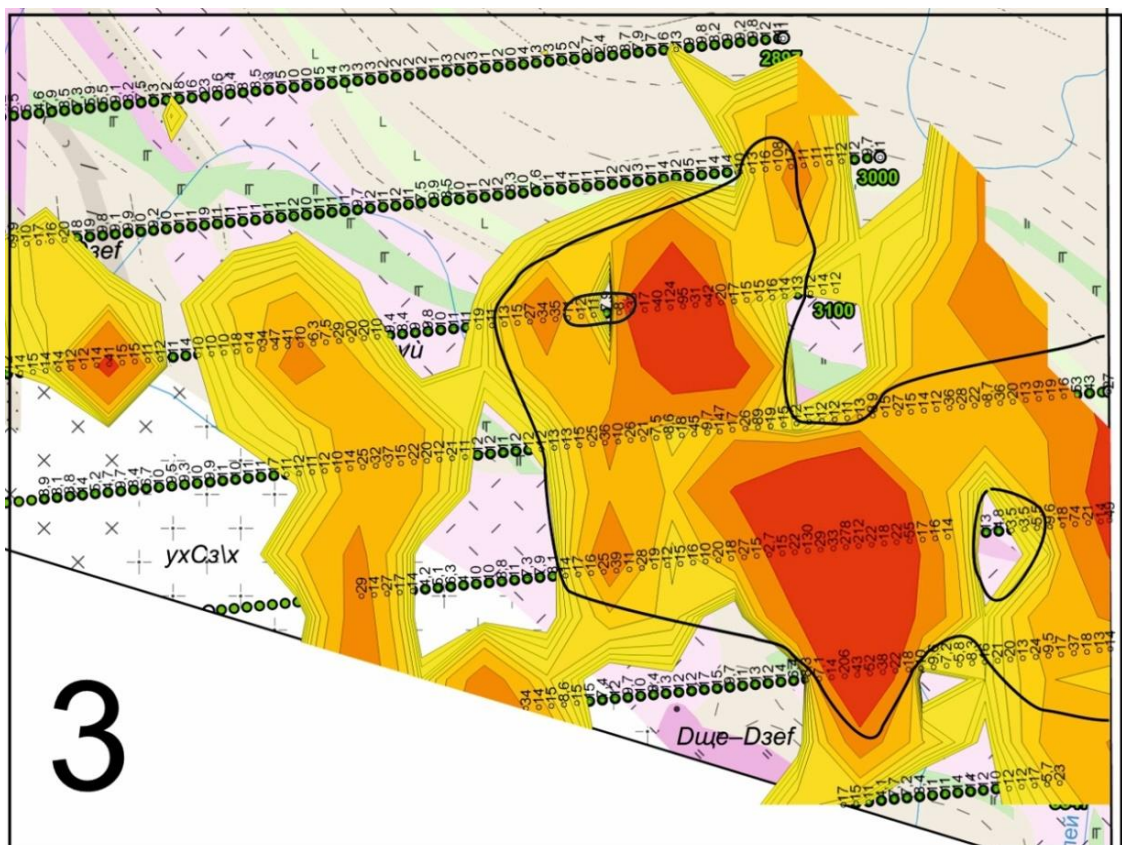


Рисунок 5.16 – Контур геохимической аномалии свинца по уровню $C_{a9} = 13 \text{ г/т}$ в пределах перспективного участка «3»

Для перспективного участка «3» линейные продуктивности составляют:

$$M_{40} = 50 * ((13 + 16 + 108 + 17 - 4 * 13) / 10^4) = 0,51 \text{ м}^* \%, \quad (5.38)$$

$$M_{41} = 50 * ((13+15+27+34+35+33+17+40+124+95+31+42+20+17+15+15+16+14+13-19 * 13) / 10^4) = 1,845 \text{ м}^*\% \quad (5.39)$$

$$M_{42} = 50 * ((13+13+15+25+36+26+21+18+45+147+17+26+89+19+15+15+27+15+14+36+28+22+36+20+13+19+19+16+53+43+27-31 * 13) / 10^4) = 2,625 \text{ м}^*\%, \quad (5.40)$$

$$M_{43} = 50 * ((14+17+16+25+39+28+19+15+16+20+18+27+15+15+22+130+29+33+27+8+212+22+18+22+55+17+16+14+18+74+21+14+49-32 * 13) / 10^4) = 4,56 \text{ м}^*\%, \quad (5.41)$$

$$M_{44} = 50 * ((14+206+43+52+38+22+18+21+20+13+24+17+37+18+13+14-16 * 13) / 10^4) = 1,81 \text{ м}^*\%, \quad (5.42)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,51+1,845+2,625+4,56+1,81) = 5675 \text{ м}^2*\%, \quad (5.43)$$

Прогнозные ресурсы свинца по категории P_3 на перспективном участке «3» рассчитываются по формуле:

$$Q_{H3} = \frac{1}{1} * \frac{5675}{40} * 200 = 28375 \text{ т}, \quad (5.44)$$



Рисунок 5.17 – Контур геохимической аномалии цинка по уровню $C_{a9} = 19 \text{ г/т}$ в пределах перспективного участка «3»

Для перспективного участка «3» линейные продуктивности составляют:

$$M_{40} = 50 * ((156+19-2 * 19) / 10^4) = 0,685 \text{ м}^*\%, \quad (5.45)$$

$$M_{41} = 50 * ((20+35+52+51+63+54+24+31+24+48+25+29+27+26+21+26+20+24+24+27+23- 21 * 19) / 10^4) = 11,375 \text{ м}^*\%, \quad (5.46)$$

$$M_{42} = 50 * ((25+28+26+20+39+35+22+1790+133+88+92+19+22+135+50+19- 16 * 19) / 10^4) = 11,195 \text{ м}^*\%, \quad (5.47)$$

$$M_{43} = 50 * ((20+36+21+40+56+27+39+25+20+29+20+31+75+27+53+60+33+208+33+23+42+38+26+26+26+51+23+20+22- 29 * 19) / 10^4) = 2,995 \text{ м}^*\%, \quad (5.48)$$

$$M_{44} = 50 * ((138+39+35+41+25+26- 4 * 19) / 10^4) = 1,14 \text{ м}^*\%, \quad (5.49)$$

Производим расчет площадной продуктивности по формуле:

$$P = 500 * (0,685+11,375+11,195+2,995+1,14) = 8695 \text{ м}^2*\%, \quad (5.50)$$

Прогнозные ресурсы свинца по категории P_3 на перспективном участке «3» рассчитываются по формуле:

$$Q_{H3} = \frac{1}{1} * \frac{8695}{40} * 200 = 43475 \text{ т}, \quad (5.51)$$

5.2.9 Результаты обработки геохимических данных

В ходе работы были проанализированы результаты литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния рудоносных элементов и элементов-индикаторов полиметаллического оруденения.

По имеющимся данным мы рассчитали прогнозные ресурсы P_3 свинца и цинка на территории групп аномалий №1, №2 и №3.

Анализ моноэлементных карт показал наличие совпадения пространственного расположения с аномалиями свинца и цинка всех элементов типоморфного комплекса. Все аномалии имеют, преимущественно, субизометричную форму, редко вытянутую в северо-западном направлении, и схожую приуроченность - к грубо- и мелкообломочным туфам туфогенно-осадочной рудоносной формации и ряду субширотно ориентированных разломов, пересекающих площадь работ.

Для выявления перспективных участков оруденения были рассчитаны мультипликативный и комплексный показатели. Отстроив и проанализировав их карты можно отметить ряд высококонтрастных аномалий субизометричной формы в северной (частично в центральной) и южной части Шумаковской площади. Аномалии приурочены к отложениям рудоносной формации и разломам, преимущественно, субширотного простирания.

Анализ распределения аномалий свинца и цинка по площади позволил выделить ряд перспективных участка, приуроченных к разломам субширотного простирания и туфогенно-обломочной рудоносной формации. Рудоносная формация протягивается через всю Шумаковскую площадь на 25 км. В пределах перспективных участков произведен расчет прогнозных ресурсов по категории P_3 .

Таблица 5.5 – Прогнозные ресурсы свинца и цинка P_3 на территории комплексных аномалий

Участок	Площадная продуктивность свинца, $m^2 * \%$	Прогнозные ресурсы свинца P_3, т	Площадная продуктивность цинка, $m^2 * \%$	Прогнозные ресурсы цинка P_3, т
Аномалия №1	2400	12000	1120	5600
Аномалия №2	8135	40000	10875	54000
Аномалия №3	5675	28000	8695	43000

Из полученных результатов, в соответствии с таблицей 5.5, видно, что минимальные суммарные прогнозные ресурсы (P_3) свинца и цинка по перспективным участкам №1-3 составляет более 180000 т, что соответствует среднему месторождению по крупности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной дипломной работы было произведено детальное изучение геологического строения Шумаковской площади, оценена ее рудоносность по результатам литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000.

Количественная обработка результатов литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 показала наличие вторичных ореолов свинца и цинка, а также элементов типоморфного комплекса на Шумаковской площади.

Обнаружение перспективных участков полиметаллического оруденения осуществлено на основе анализа карт мультипликативного и комплексного показателей, по результатам интерпретации которых выявлено 3 наиболее перспективных участка.

Подсчет прогнозных ресурсов по категории P_3 на обнаруженных перспективных участках показал выявление трех мелких коренных месторождений свинца и цинка с минимальными суммарными прогнозными ресурсами порядка 180000 т.

На основе проделанной работы, рекомендовано произвести более детальное изучение аномальных геохимических участков, а именно:

1. Поисковые литогеохимические работы масштаба 1:10 000;
2. Горно-буровые поисковые работы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВКР – выпускная квалификационная работа
ЦНИГРИ – Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов
ПР – профиль
СФУ – Сибирский федеральный университет
ISP-MS – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

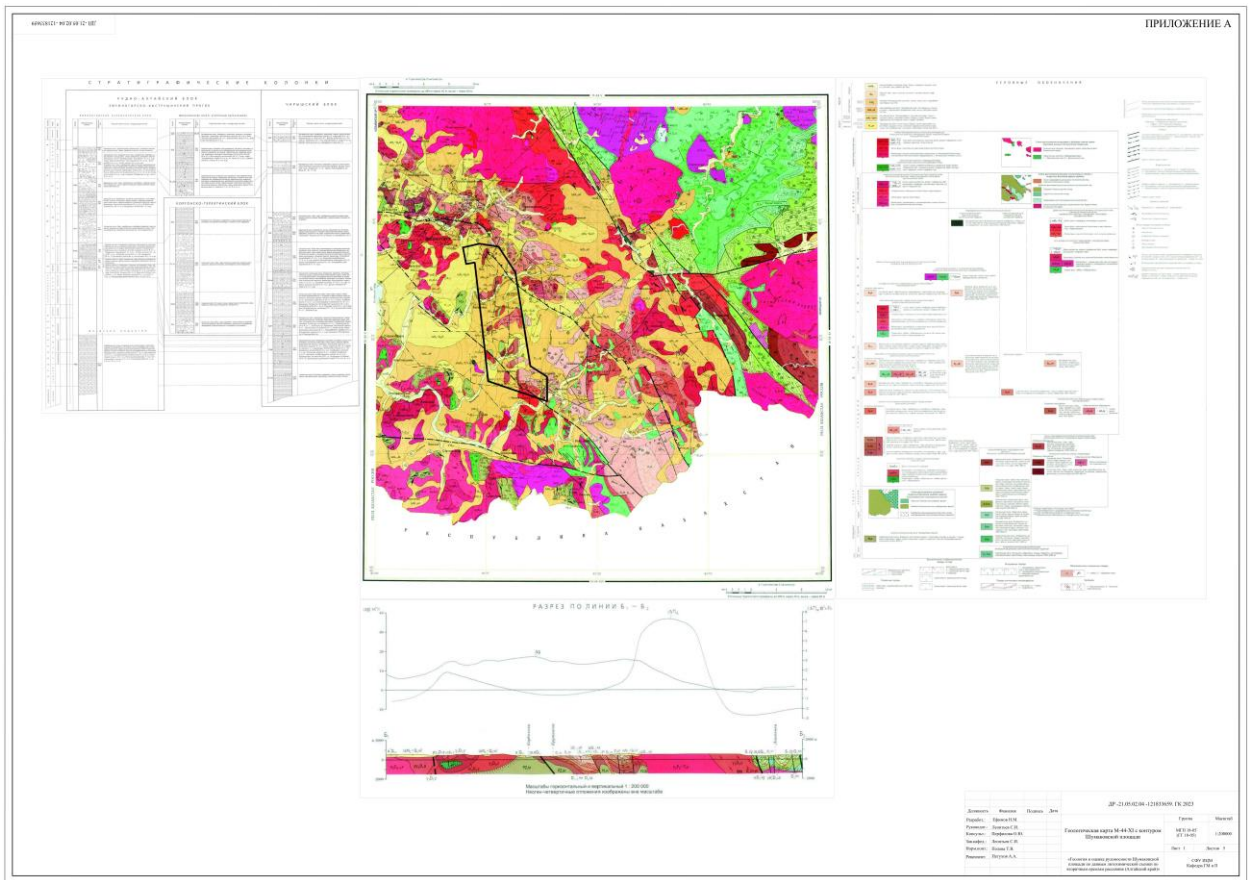
1. Антюфеева Т. В., Барышникова Г.Я. Физико-географический очерк Змеиногорского района. История Змеиногорска, XX век. – Барнаул. – 2004.
2. Беневольский Б.И., Аксенов Е.М., Блинова Е.В., Ваганов В.И. и др. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых. - М.: ЦНИГРИ. – 2010.
3. Бычков А.Ю. Геохимия элементов. – Москва. – 2021.
4. Вейц Б.И. Минералы Рудного Алтая [Текст] / Б. И. Вейц, И. В. Покровская, Г. П. Болгов. - Алма-Ата: Акад. наук Каз. ССР. – 1957.
5. Воробьёв С.А. Информатика. Математическая обработка геолого-геохимических данных. – Барнаул: ИП Колмогоров И.А. – 2016.
6. Воробьёв С.А. Программный пакет комплексной обработки геолого-геохимических данных «Gold Digger». Документация и описание. – МПР. – 2000.
7. Григорян С.В., Соловов А.П., Кузин М.Ф. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М: Недра. – 1983.
8. Дэвис Дж. Статистика и анализ геологических данных. – М.: Мир. – 1992.
9. Зырянова Е.В. Инвестиционный паспорт муниципального образования. Змеиногорский район. – Змеиногорск. – 2020.
10. Йёреског К. Г., Клован Д. И., Реймент Р. А. Геологический факторный анализ. – Л.: Недра. – 1980.
11. Кузнецов В.В. Прогноз и поиски месторождений свинца и цинка в вулканогенных ассоциациях. научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. – М: ЦНИГРИ. – 2019.
12. Кузнецов В.В., Кудрявцева Н.Г., Серавина Т.В., Мурзин О.В., Корчагина Д.А., Кузнецова С.А., Миляев С.А. Основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – М: ЦНИГРИ. – 2019.
13. Кузнецов В.В., Серавина Т.В., Конкина А.А., Миляев С.А., Полковникова Л.М., Иваненкова Е.В., Петухов А.А., Медведев А.А. Информационный геологический отчёт о результатах и объёмах работ в 2021 году по объекту «Специализированные геолого-геохимические работы на золото-серебросодержащее полиметаллическое оруденение в пределах Шумаковской площади Змеиногорского рудного района (Алтайский край)». – Москва. – 2021.
14. Миляев С.А. Литохимические поиски полиметаллических месторождений. – 1988
15. Миляев С.А. Методические рекомендации по применению ионно-сорбционного метода литохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений. – М.: ЦНИГРИ. – 2019.

16. Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В. Ионно-сорбционный метод литохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений: общие принципы, опыт применения № 2. С.60—68. –Руды и металлы. – 2017.
17. Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В. Поиски полиметаллических месторождений в сложных ландшафтно-геологических обстановках по наложенным ореолам рассеяния. –Разведка и охрана недр. – 2019.
18. Митропольский Б.С., Паренаго М.К. Полиметаллические месторождения Алтая и Салаира. – Новосибирск. – 1931.
19. Мищенко В.Т. Энциклопедия Алтайского края. — Барнаул: Алт. кн. изд-во. – 1995.
20. Мурзин О.В., Сыроежко Н.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Алтайская. Лист М-44-ХІ (Змеиногорск). – СПб: Изд-во СПб картофабрика ВСЕГЕИ. – 2001.
21. Мурзин О.В., Чекалин В.М., Сыроежко Н.В. и др. Объяснительная записка к геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Алтайская. Лист М-44-ХІ (Змеиногорск). СПб: Изд-во СПб картофабрика ВСЕГЕИ, 2001.
22. Пеков И.В. Минералогия литофильных редких элементов. – Москва. – 2019.
23. Полтораков Г.И., Сорокин Б.В., Серёткин В.И. Геологическая карта северо-западной части Рудного Алтая. Листы М-44-33-В и М-44-33-Г. Отчёт по работам 1957-1960гг.Т 1-8. – ТГФ Южсибгеолкома. –1961.
24. Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Донец А.И. и др. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Свинец и цинк. –М.: ЦНИГРИ. – 2002.
25. Соловов А.П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра. – 1990.
26. Трофимов А.Г. Математическая статистика. Учебное пособие для В Узов. – Юрайт. – 2020.
27. Харламов С. В. Змеиногорский район. Туристское регионоведение: районы Алтайского края. – Барнаул. – 2017.
28. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – 1980.
29. Чеботарев В.М., Зубов А.И. Геологическая карта северо- западной части Рудного Алтая, листы М-44-45-А, Б (отчёт Амелихинской поисково-съёмочной партии о работах, проведённых в 1957- 1960 гг.). Т. 1, 2. – ТГФ Южсибгеолкома. – 1961.
31. Чекалин В.М. Основные закономерности размещения и принципиальная модель формирования колчеданно-полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая №10. - Геология и геофизика. – 1991.
32. Чекваидзе В.Б., Миляев С.А., Исакович И.З. Комплексная петрографо-минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений. – М.: Бородино-Е. – 2004.

33. Черткова Л. С. Змеиногорский район // Энциклопедия Алтайского края. – Барнаул, 1996. – Т. 2. – С. 150.
34. Алтайская краевая универсальная научная библиотека им. В.Я. Шишкова: официальный сайт. – Барнаул. – URL:<http://akunb.altlib.ru/> (дата обращения: 15.01.2023).
35. Государственный водный реестр: сайт. – URL: <https://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 15.01.2023).
36. Краткое руководство пользователя CorelDRAW: официальный сайт. – URL: <https://product.corel.com/help/> (дата обращения 15.01.2023).
37. Население села Шипуниха Третьяковского района. – URL: <https://bdex.ru> (дата обращения: 15.01.2023).
38. Население села Барановка. – URL: <https://bdex.ru> (дата обращения: 15.01.2023).
39. Программа Statistica: официальный сайт. – URL: <https://statsoft-statistica.ru> (дата обращения 10.02.2023).
40. Росгеолфонд: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://rosgeolfond.ru> (дата обращения: 20.01.2023).
41. Руководство пользователя ArcGIS: официальный сайт. – URL: <https://desktop.arcgis.com> (дата обращения 03.02.2023).

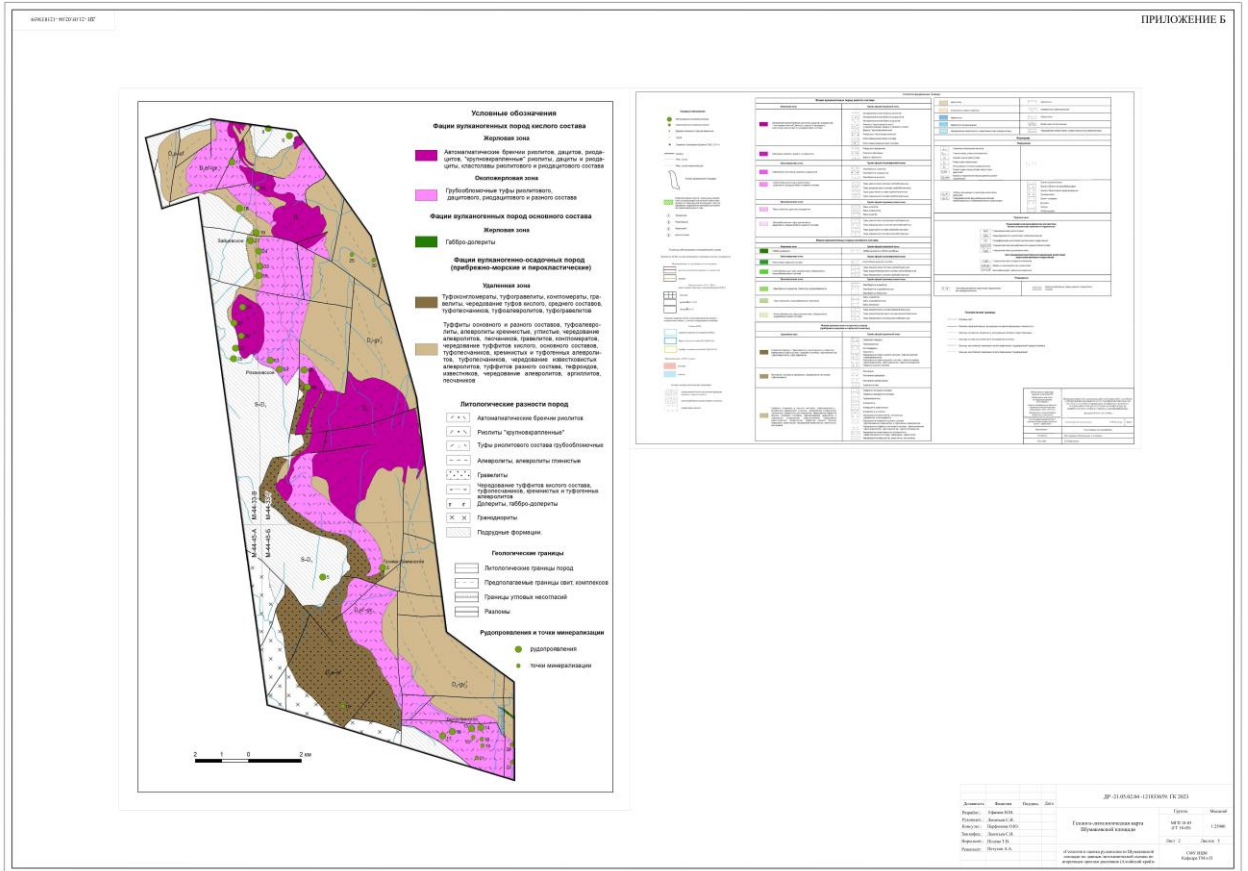
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Геологическая карта М-44-ХІ с контуром Шумаковской площади (1:200 000)



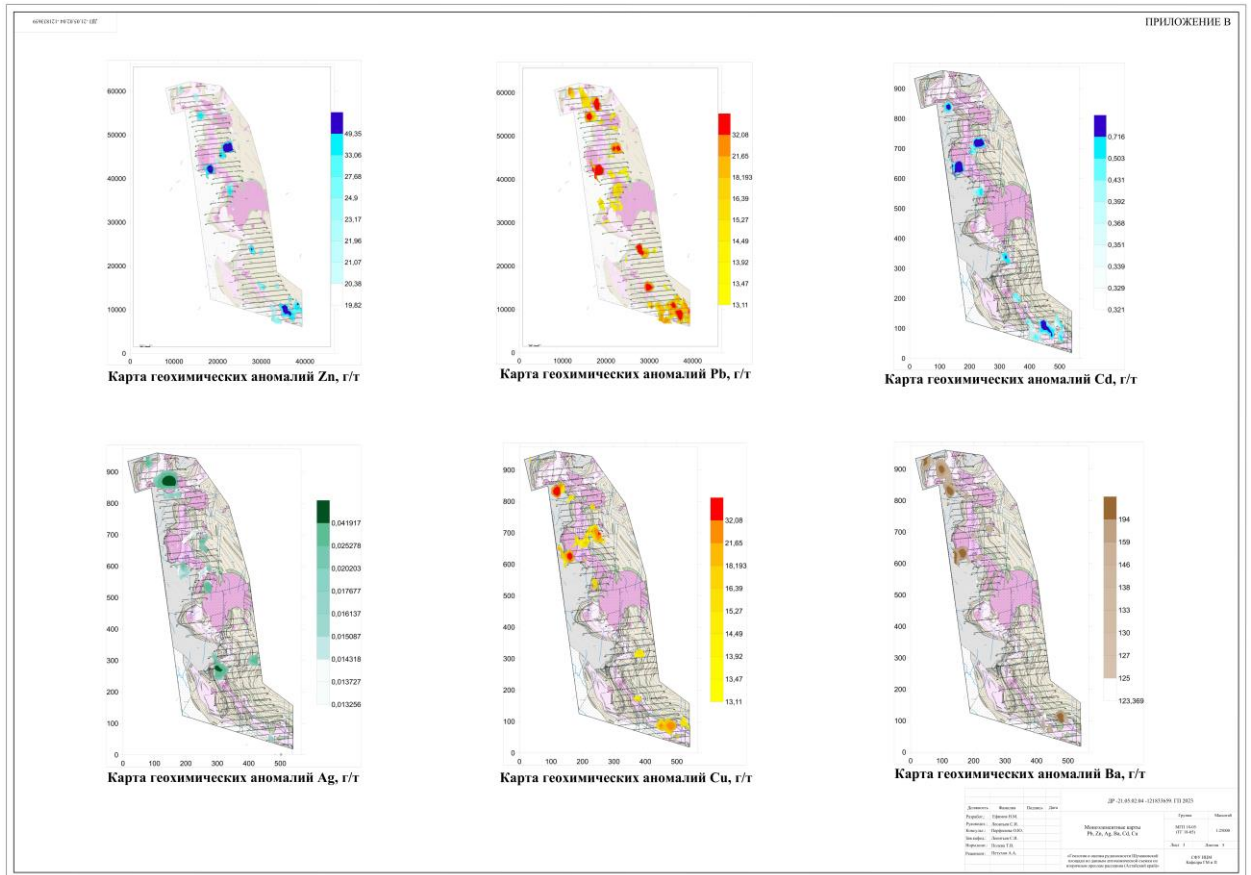
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Геолого-литологическая карта Шумаковской площади (1:25 000)



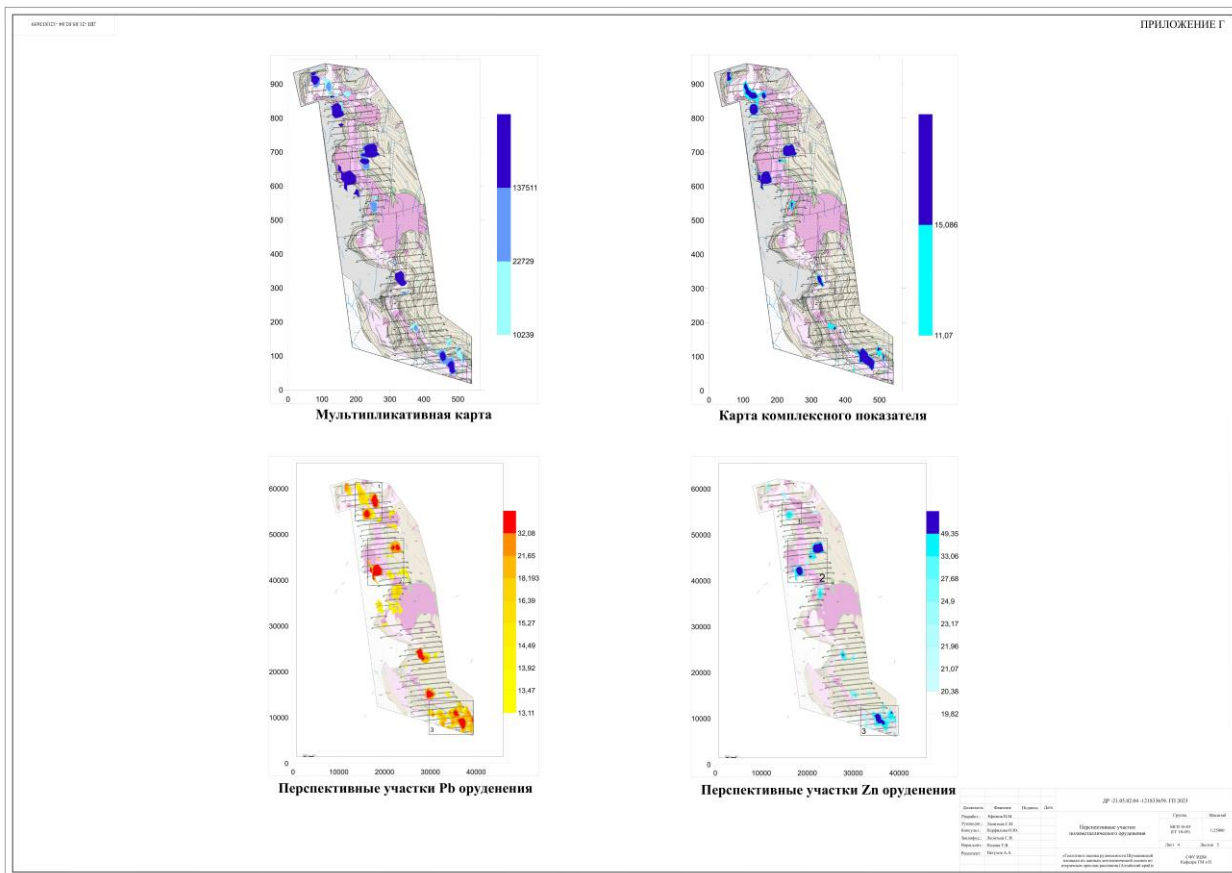
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Моноэлементные карты Zn, Pb, Cd, Ag, Cu, Ba (1:25 000)



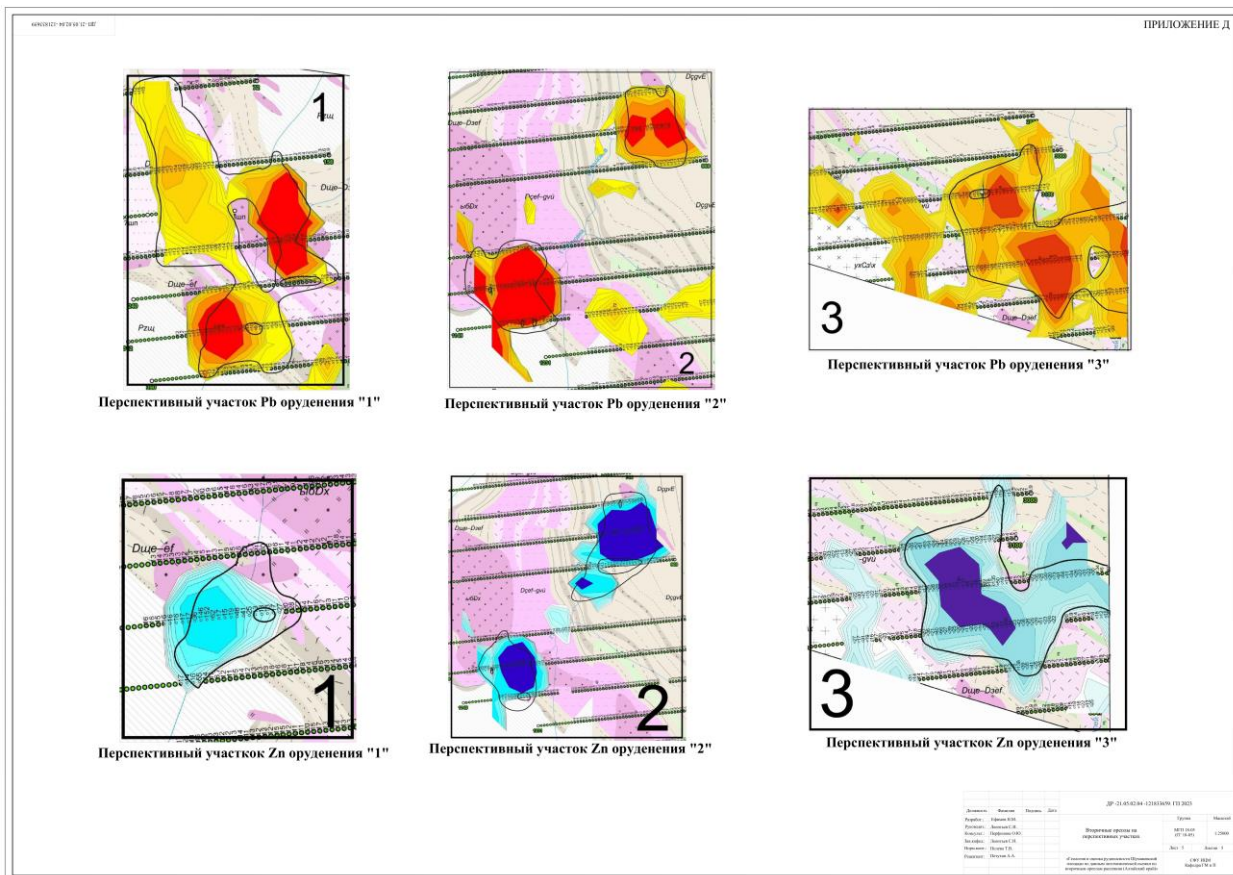
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Перспективные участки полиметаллического оруденения (1:25 000)



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Вторичные ореолы на перспективных участках (1:25 000)



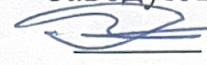
Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов

Кафедра «Геологии, минералогии и петрографии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


С.И. Леонтьев
подпись инициалы, фамилия

« 24 » июля 2023 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.02 «Прикладная геология»

21.05.02.04 «Прикладная геохимия, минералогия, петрология»

«Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным
литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния
(Алтайский край)»

Руководитель


подпись, дата

24.06.2023 профессор, к.г.-м.н.

С.И. Леонтьев

Выпускник


подпись, дата

26.06.2023 студент группы ГГ18-05МГП

Н.М. Ефимов

Рецензент


подпись, дата

16.06.2023 Заместитель начальника
отдела цветных металлов
ФГБУ «ЦНИГРИ»

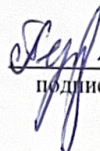
А.А.Петухов

Красноярск 2023

Продолжение титульного листа дипломной работы по теме «Геология и оценка рудоносности Шумаковской площади по данным литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния (Алтайский край)»

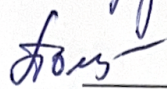
Консультанты по
разделам:

Геологическая характеристика
района и участка


20.04.2023
подпись, дата

О.Ю. Перфилова

Нормоконтролер


28.06.2023
подпись, дата

Т.В. Полева