

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова

Кафедра «Геофизики»

Мендыбаев Темирлан Байдулович

«Выделение участков полиметаллических оруденений в южной части  
Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая по данным магнитной и  
электрической разведки»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

5B070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Алматы 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова

Кафедра «Геофизики»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой Геофизики

Доктор геол.-минерал. наук,

Профессор

\_\_\_\_\_ Абетов А.Е.

“25” мая 2021 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Выделение участков полиметаллических оруденений в южной части Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая по данным магнитной и электрической разведки»

по специальности 5B070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Выполнил

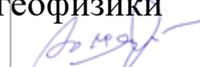
Мендыбаев Темирлан Байдулович

Научный руководитель

канд. геол. - мин. наук,

ассоц. профессор кафедры

геофизики

 Шарапатов А.

“25” мая 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К. И. Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова  
Кафедра «Геофизики»  
5B070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой Геофизики  
Доктор геол.-минерал. наук,  
Профессор

Абетов А. Е.

“25” мая 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Мендыбаеву Темирлану Байдуловичу

Тема: «Выделение участков полиметаллических оруденений в южной части Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая по данным магнитной и электрической разведки»

Утверждена приказом Ректора Университета № 2131-Б от "24" ноября 2020 г.

Срок сдачи законченной работы "25" мая 2021 г.

Исходные данные к дипломной работе: были получены при прохождении производственной практики

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Геологическая характеристика Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая и полиметаллического оруденения района*
- б) Физико-геологические условия применения геофизических методов для выделения полиметаллических площадей*
- в) Методика и техника исследования полиметаллических площадей по данным магниторазведки и электроразведки*
- г) Заключение*

Перечень графического материала: представлены 22 слайда презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 7 источников.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работ

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геологическая характеристика Валерьяновской СФЗ Торгая и полиметаллического оруденения района	25.05.2021	Выполнено
Физико-геологические условия применения геофизических методов для выделения полиметаллических площадей	25.05.2021	Выполнено
Методика и техника исследования полиметаллических площадей по данным магниторазведки и электроразведки	25.05.2021	Выполнено

## Подписи

консультантов и нормо-контролёра на законченную дипломную работу  
с указанием относящихся к ним разделов работы

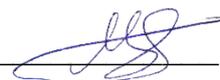
Наименования разделов	Консультанты, Ф. И. О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическая характеристика Валерьяновской СФЗ Торгая и полиметаллического оруденения района	Шарапатов А. канд. геол.-мин. наук, ассоц. профессор	25.05.2021	
Физико-геологические условия применения геофизических методов для выделения полиметаллических площадей	Шарапатов А. канд. геол.-мин. наук, ассоц. профессор	25.05.2021	
Методика и техника исследования полиметаллических площадей по данным магниторазведки и электроразведки	Шарапатов А. канд. геол.-мин. наук, ассоц. профессор	25.05.2021	
Нормо-контроль	Алиакбар М. М. Лектор	25.05.2021	

Научный руководитель



Шарапатов А.

Задание принял к исполнению обучающийся



Мендыбаев Т. Б.

Дата

«25» мая 2021 г.

## АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа состоит из 3 разделов, 7 приложений.

В дипломной работе собраны и проанализированы производственные и опубликованные геолого-геофизические сведения о районе работ (тектоника, магматизм, стратиграфия, карты грави-магнитных аномалий). Разведочные работы проведены с использованием магнитных и электрических методов. Описана методика использования модификации электроразведки «OreVision IP». В обработке и получении инверсий магнитных, электрических данных была использована современная компьютерная технология: программное обеспечение (ПО) «Oasis Montaj» (Geosoft, Канада). Были реализованы возможности ПО по определению значения нормального магнитного поля Земли, расчетам актуальных трансформантов полей и получение инверсионных данных вызванной поляризации в программном модуле VOXI 2D-3D. По результатам полевых магнитных наблюдений получены 9 трансформантов магнитного поля. Данные электроразведки позволили получить представления значений коэффициентов поляризуемости в разрезе. В итоге совместной интерпретации электро-, магнитных данных были рекомендованы разведочные скважины и их местоположения.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 3 бөлімнен және 7 қосымшадан тұрады.

Дипломдық жұмыста жұмыс аймағы туралы өндірістік және жарияланған геологиялық-геофизикалық мәліметтер (тектоника, магматизм, стратиграфия, грави-магниттік аномалиялардың карталары) жиналып, талданды. Барлау жұмыстары магниттік және электрлік әдістерді қолдану арқылы жүргізілді. "OreVision IP" электрбарлау модификациясын пайдалану әдістемесі сипатталған. Магниттік, электрлік деректердің инверсияларын өңдеуде және алуда заманауи компьютерлік технология қолданылды: "Oasis Montaj" (Geosoft, Канада) бағдарламасы. Жердің қалыпты магнит өрісінің мәнін анықтау, өрістердің трансформанттарын есептеу және Voxi 2D-3D бағдарламалық модулінде туындаған поляризацияның инверсиялық деректерін алу бойынша мүмкіндіктер іске асырылды. Электрбарлау деректері қимадағы поляризация коэффициенттерінің мәндерін алуға мүмкіндік берді. Электр және магниттік деректерді бірлесіп интерпретациялау нәтижесінде барлау ұңғымалары мен олардың координаталары ұсынылды.

## **ABSTRACT**

This thesis consists of 3 sections, 7 appendices.

The thesis collected and analyzed the stock geological and geophysical data on the area of work (tectonics, magmatism, stratigraphy, maps of gravity-magnetic anomalies). Exploration work was carried out using magnetic and electrical methods. The method of using the modification of electrical exploration "OreVision IP" is described. In processing and obtaining inversions of magnetic and electrical data, a modern computer technology was used: software (software) "Oasis Montaj" (Geosoft, Canada). Software capabilities were implemented to determine the value of the Earth's normal magnetic field, calculate actual field transformants, and obtain inversion data of induced polarization in the VOXI 2D-3D software module. According to the results of field magnetic observations, 9 transformants of the magnetic field were obtained. The electrical survey data allowed us to obtain representations of the values of the polarizability coefficients in the section. As a result of the joint interpretation of the electro-magnetic data, exploration wells and their locations were recommended.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	10
1 Геологическая характеристика Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая и полиметаллического оруденения района .....	11
1.1 История геолого-геофизической изученности района исследования..	11
1.2 Особенности геологического строения района: стратиграфия, тектоника, магматизм.....	14
2 Физико-геологические условия применения геофизических методов для выделения полиметаллических площадей.....	17
2.1 Физические основы магниторазведки .....	17
2.2 Физические основы электроразведки.....	20
3 Методика и техника исследования полиметаллических площадей по данным магниторазведки и электроразведки .....	24
3.1 Магниторазведочная и электроразведочная аппаратура .....	24
3.2 Порядок проведения полевых геофизических наблюдений .....	29
3.3 Результаты обработки и интерпретации электрических и магнитных данных.....	30
Заключение .....	37
Список использованной литературы.....	58

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования:** в связи ежегодным ростом потребности цветных металлов, появляется необходимость пополнения запасов минерально-сырьевой базы Республики Казахстан.

**Цель исследования:** выделение участков полиметаллических оруденений в Валерьяновской структурно-фациальной зоне (СФЗ)

**Объект исследования:** прогнозные площади цветных металлов Валерьяновской СФЗ.

**Решаемые задачи:** 1. Проанализировать изученность района; 2. Выбор геофизических методов исследования и их физико-геологические обоснования; 3. Обработка и интерпретация данных; 4. Дальнейшие рекомендации

# **1 Геологическая характеристика Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая и полиметаллического оруденения района**

## **1.1 История геолого-геофизической изученности района исследования**

Геологическое строение рудопроявлений района. Геофизическими работами масштаба 1:25000 методами ВП-СГ в 1974г. была выявлена Ключковская аномалия ВП, расположенная в 1 км к западу от центральной усадьбы совхоза им. Ключкова.

Ключковская аномалия ВП приурочена к интрузивному массиву, сложенном, в основном, кварцевыми порфировидными диоритами, диоритовыми порфиритами и гранодиоритами. Вмещающие породы представлены вулканогенно-осадочными образованиями среднего-верхнего визе. По породам складчатого фундамента развиты коры выветривания, которые в свою очередь перекрываются песчано-глинистыми осадками неоген-четвертичного периодов.

Порфировидные кварцевые диориты встречены всеми поисковыми скважинами. Макроскопически это среднезернистые породы зеленовато-серого цвета. Микроструктура их гипидиоморфнозернистая. Состоят они из плагиоклаза (50-65%), кварца (15-20%), роговой обманки (10-15%) и акцессорных минералов.

Гранодиориты встречены скважинами №1 и №7 на глубинах соответственно 217 и 201м. Это розовато-серые неравномерно-зернистые породы часто порфировидной структуры, состоящие из калиевого полевого шпата (25-30%), плагиоклаза (25-30%), кварца (20-30%) и темноцветных минералов, представленных биотитом и роговой обманкой.

Все эти разновидности интрузивных пород претерпели значительные гидротермальные изменения, выразившиеся в окварцевании, серицитизации и эпидотизации. Как правило, к таким гидротермально измененным разностям и приурочена наиболее интенсивная сульфидная минерализация.

Вулканогенно-осадочные образования среднего-верхнего визе представлены андезитовыми и андезитобазальтовыми порфиритами и их туфами с прослоями туфопесчаников, алевролитов, туфоалевролитов.

Андезитовые и андезитобазальтовые порфириты имеют порфировую структуру с антерсертальной или микролитовой основной массой. Порфировые выделения составляют 5-15% основной массы и представлены плагиоклазом.

В составе обломков туфов андезитового и смешанного составов преобладают андезитовые, реже, базальтовые порфириты, обломки зерен плагиоклаза основного и среднего состава.

Кора выветривания над породами фундамента имеет мощность от 25 до 90 м, составляя в среднем 40 м. Выше коры выветривание залегают неогеновые глины и четвертичные суглинки мощностью 7-40 м. Таким образом, сводный разрез кор выветривания представляется в следующем виде (сверху вниз):

1. Зона окисления, представленная, в основном, монтмориллонитовыми и каолиновыми глинами, гидрослюдами. Наблюдаются процессы ожелезнения и омарганцевания. Мощность его обычна 1-2 м. Эта зона не рудоносна.

2. Зона выщелачивания, представленная каолинизированной глиной, нижние горизонты иногда сохраняют структуру материнской породы, субматеринскую трещиноватость и минерализацию. Медные руды в верхних частях зоны выщелачивания обеднены за счет выщелачивания меди, здесь содержание меди составляет около 0,1-0,15 %. Мощность этой зоны от 2-3 м до 10-12 м. Нижние части зоны выщелачивания содержат рядовые руды (0,3-0,7 %) и представлены нитевидными образованиями пирита и халькопирита. Общая мощность зоны выщелачивания составляет до 40 м.

3. Зона вторичного обогащения, представленная глинисто-щебенистой массой материнского субстрата слабо каолинизирована. Хорошо сохраняется структура материнской породы. Меденосность этих пород по идеи должны быть высокими. Однако эксперту не удалось вычислить эти участки из колонок. Если судить по аналогии с месторождением Бенкала, то здесь должны присутствовать халькозиновые руды. Однако минералогический состав по описанию представлен пиритом и халькопиритом.

В структурном отношении для площади участка характерно развитие дизъюнктивных нарушений различных направлений. Взаимное пересечение вышеуказанных нарушений обуславливает блоковое строение участка. Более крупные нарушения сопровождаются многочисленными мелкими нарушениями и трещинами, при заполнении которых рудными минералами, образуется рудный штокверк.

**Минералогический и вещественный состав руд.** В результате макроскопических и микроскопических исследований, в процессе рудообразования Ключковской аномалии выделяется несколько этапов:

1. Позднемагматический, приведший к образованию повышенного количества аксессуарных рудных минералов;

2. Гидротермальный, с которым, по-видимому, и связано образование большей части медно-сульфидных минералов;

3. Скарновый, с которым связано наибольшее количество пирита и железистых минералов и гипергенный, в который происходило выщелачивание первичных руд и образование вторичной сульфидной минерализации.

Из сказанного следует, что наибольшего внимания заслуживает гидротермальный этап рудообразования, с которым связано почти всё медное оруденение. Здесь следует выделить ряд парагенетических ассоциаций прожилков:

- 1) халькопирит-пирит-кварц-ортоклаз-амфиболовые;
- 2) альбит-кварц-ортоклазовые;
- 3) эпидот-пирит-халькопирит-кварц-ортоклазовые;
- 4) кварц-пирит-халькопиритовые;
- 5) кварц-пирит-молибденит-халькопиритовые;
- 6) моно пиритовые;

- 7) кальцит-полиметаллическо-кварцевые;
- 8) хлорит-карбонатные;
- 9) пирит-халькопирит-карбонатные;
- 10) моно карбонатные.

Первые три видимо следует отнести к раннему этапу рудообразования, последующие четыре стадии – к собственно рудному этапу и последние три – к заключительной фазе рудообразования вплоть до пост рудных.

Халькопирит является главным рудным минералом и локализуется в виде прожилков и вкраплений, дающих довольно сложные взаимоотношения с другими рудными и нерудными минералами.

Пирит, как и халькопирит, является также главным рудным минералом. Он характеризуется большой степенью идиоморфизма. В породе пирит присутствует в виде гнезд и прожилков, сложенных зернистыми массами последнего в ассоциации с рядом других рудных и нерудных минералов.

На основании макроскопических и микроскопических наблюдений можно предположить две генерации пирита: первая – наиболее крупные зёрна с нечётными ограничениями, с многочисленными включениями нерудных. Этот пирит, по-видимому, наиболее ранний и, вероятно, предшествовавший халькопириту. Вторая его генерация образует взаимные срастания с халькопиритом, что свидетельствует об однофазности их выделения.

Молибденит в районе Ключковской аномалии встречался крайне редко. Его содержание не представляет сколь-нибудь существенного промышленного интереса и поэтому его выделения не подверглись более детальным исследованиям. Судя по макроскопическим наблюдениям молибденит встречается в отдельных кварцевых прожилках в виде тонких корочек и мелких гнезд в ассоциации с пиритом и халькопиритом.

На площади Ключковской аномалии ВП пробурено 11 скважин общим объёмом 2837,4 п. м. Средняя глубина скважин составила 257,4 п. м. В процессе бурения скважин выяснилось, что мощность мезо-кайнозойских отложений колебалась от 20-40 до 70-100 м.

Предусмотренная проектом сеть поисковых скважин на стадии детальных поисков размером 800×400 м пригодна для поисков уникальных и очень крупных месторождений медно-порфирирового типа. Месторождения среднего размера можно легко пропустить, применяя на стадии поисков вышеуказанную сеть. Также учитывая малую глубину скважин, можно пропустить и глубокозалегающее крупное месторождение.

Бурение скважин до глубины 80-100 м производилось диаметром 112-93 мм, до глубины 160-200 м диаметром 76 мм и далее диаметром 59 мм. Выход керна в среднем составил 65-71 %. В отдельных скважинах (№ 5, 6, 8) были встречены зоны дробления, трещиноватости мощностью 45-50 м и несмотря на принятые меры по повышению выхода керна (сокращенные рейсы, применение специальных глинистых растворов и т.д.), выход керна составил 45-55 %. Такие интервалы пробуривались снова с целью получения достоверных данных.

## 1.2 Особенности геологического строения района: стратиграфия, тектоника, магматизм

Рудопроявление находится в Камыстинском районе Костанайской области, в 35 км юго-западу от райцентра пос. Камысты и в 1 км к западу от пос. Ключковка. Железная дорога Алтынсарино – Хромтау проложена в 8 км к востоку от него. В структурном отношении оно расположено южной части Валерьяновско-фациальной зоны и приурочено к юго-западному контакту Южно-Адаевского многофазного массива гранитоидов, представленного порфиоровидными кварцевыми диоритами, диоритовыми порфиритами и гранодиоритами. В пределах рудопроявления по геофизическим данным выделяется большое количество дизъюнктивов различной протяженности и направлений, образующих блоковую структуру рудного поля рудопроявления. В пределах выделенных геофизических аномалий по данным геохимического опробования, в центральной части этой комплексной аномалии выявлен ореол рассеяния меди с содержанием от 0,04 до 0,5%, имеющим размеры 3х1,5 км. Геохимический ореол меди сопровождается ореолом рассеяния золота с содержанием 0,01-0,3 г/т, контуры последнего почти полностью повторяют конфигурацию медного. Для проверки природы комплексного ореола было пробурено 11 скважин, расположенных на трех профилях и удаленных друг от друга на 800 м расстояние между скважинами на профилях принято 400 м. Рудная минерализация медно-порфиорового типа обнаружена в большинстве скважин. Руды представлены двумя генетическими типами: гипергенным (окисленные руды) и гидротермальным (первичные). Окисленные руды занимают площадь равную 2800 тыс.м<sup>2</sup>, при средней мощности оруденения 31,5 м, объем окисленных руд составляет 86 млн.м<sup>3</sup>, прогнозные ресурсы при объемной массе 2,2 т/м<sup>3</sup> – 190 млн. т. ресурсы меди при среднем содержании 0,35% оцениваются в 665 тыс. т. Первичные руды занимают несколько меньшую площадь и выявленные скважинами 3, 6, 7, 9 – 11. Мощность рудных интервалов по скважинам, выделенных по бортовому содержанию меди 0,1 %, варьирует от 14 до 184 м и в среднем составляет 82,4 м. Содержание меди в руде колеблется в пределах 0,1-1,28 %, среднее содержание по рудопроявлению равно 0,21 %. Площадь, приходящаяся на первичные руды, составляет 1200 тыс. м<sup>2</sup>. При средних показателях мощности, содержания меди, приведенных выше, и объемной массе 2,6 т/м<sup>3</sup> прогнозные ресурсы рудопроявления составляют: руды – 260 млн. т, меди – 550 тыс. т. и золота при среднем содержании 0,15 г/т – около 40 т.

**Краткая геологическая характеристика района работ.** В геологическом строении рассматриваемого района принимают участие два комплекса: комплекс метаморфизованных пород складчатого фундамента и комплекс рыхлых, практически горизонтально залегающих осадков платформенного чехла.

Осадочные образования фундамента представлены каменноугольной системой, которая представлена следующей последовательностью (снизу вверх): терригенные мелководные отложения верхнего турне – нижнего визе (C<sub>1t2</sub>-V<sub>1</sub>),

среднего визе ( $C_1V_2$ ), среднего-верхнего визе ( $C_1-V_{2-3}$ ), верхнего визе – нижнего намюра ( $C_1-V_{3-n_1}$ ) и красноцветные отложения среднего – верхнего карбона ( $C_{2-3}$ ). Суммарная мощность карбона около 4000 м.

Мезозойские образования в пределах района пользуются ограниченным распространением. Исключение составляют коры выветривания палеозойских пород, занимающие довольно значительные площади и участками достигающие больших мощностей.

Среди различно сохранившихся кор выветривания пород складчатого фундамента выделяются площадной и линейный типы.

Площадные коры, как правило, маломощные и развиты на различных породах фундамента. Линейные коры имеют локальное, в виде узких полос, развитие и приурочены главным образом к тектоническим зонам и к контактам резко отличных по физическим свойствам пород. Мощность их измеряется десятками метров.

Кайнозойские отложения в районе работ имеют широкое распространение. Они повсеместно сплошным чехлом перекрывают породы фундамента и мезозойские образования. Суммарная мощность покровных отложений измеряется от первых метров до 35 м.

В состав покровных отложений входят образования палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов.

**Магматизм.** Район работ расположен в пределах Адаевско-Бенкалинской рудной зоны. Эта зона характеризуется интенсивной магматической деятельностью, а также проявлением метасоматических и гидротермальных процессов. Всё это обусловило весьма значительную рудоносность района. .

Широким распространением пользуются интрузивные образования Сарыбай-Соколовского комплекса, которые представлены как крупными, так и целым рядом мелких интрузий. Непосредственно Ключковское рудопроявление приурочено к западному контакту Южно-Адаевского массива. Массив имеет в плане овальную, вытянутую в субмеридиональном направлении форму.

Площадь массива превышает 30 км<sup>2</sup>. Им прорывается западное крыло Адаевской синклинали. Вмещающими массив породами являются средне-верхне-визейские вулканогенно-осадочные образования.

Многофазное формирование массива обусловило его сложное внутреннее строение. В состав его входят диориты, габбро-диориты, гранодиориты, гранит-порфиры, диоритовые порфириты. Для массива характерно широкое развитие даек. Это разнообразные диоритовые порфириты, спессартиты, кварцевые монзонит-порфиры.

Широко развиты в пределах описываемого района малые интрузии, представленные диоритами, диоритовыми порфиритами, кварцевыми диоритовыми порфиритами, возможно, гранодиорит-порфирами. Порфиновые малые интрузии имеют, в данном случае, особо важное значение, так как с ними связано образование меднопорфировой минерализации.

**Тектоника.** Район работ располагается в центральной части Адаевской синклинали, относящейся к складкам IV порядка. Адаевская синклиналь тянется

в субмеридиональном направлении на 40-50 км при ширине в различных её частях от 4 до 12 км. К восточному борту структуры приурочена Адаевская группа магнетитовых месторождений. Осевая часть складки сложена терригенными и вулканогенными образованиями верхнего визе-намюра и красноцветными молассовыми отложениями среднего и верхнего карбона.

Район работ характерен блоковым строением, что достаточно хорошо прослеживается по геофизическим полям, имеющим резко ограниченные максимумы и минимумы значений полей  $\Delta g$  и  $\Delta Z$ , и по смене направления изолиний в пределах отдельных участков (блоков).

В пределах аномалии геофизическими работами откартировано большое количество дизъюнктивов различной протяжённости и направлений, ограничивающих отдельные блоки.

**Опробование.** В процессе проведения детальных поисков производился отбор керновых и бороздовых проб.

Керновому опробованию подвергались рудные интервалы в скважинах. Длина пробы зависела от мощности рудного интервала, степени минерализации и в среднем составила 2 м. В пробу отбиралась половина керна при диаметрах бурения 112-76 мм и весь керн при диаметре бурения 59 мм.

Геохимическому опробованию подвергались без рудных интервалов в скважинах. Пробы отбирались методом пунктирной борозды с учётом литологических разновидностей пород. Длина пробы составила в среднем 3 м. Всего было отобрано 1240 химических и 140 спектральных проб.

**Химико-аналитические работы.** Химанализ рядовых проб проводился на медь, молибден и золото. Для снижения затрат на лабораторные работы проводилась спектральная отбраковка с расшифровкой на 24 элемента. При содержании меди 0,1% и более проводился химанализ на медь, молибден и золото. Всего было произведено 950 анализов.

Спектральный анализ производился на следующие элементы: барий, бериллий, скандий, свинец, олово, галлий, хром, никель, титан, ванадий, молибден, медь, цирконий, цинк, вольфрам, кобальт, стронций, иттербий, иттрий, сурьма, мышьяк, ниобий, висмут, серебро.

## 2 Физико-геологические условия применения геофизических методов для выделения полиметаллических площадей

### 2.1 Физические основы магниторазведки

**Напряженность магнитного поля**  $H$  – это векторная физическая величина, являющаяся количественной характеристикой магнитного поля, показывающая силу, с которой поле действует на единичную массу, точнее силу, с которой поле действует на точечную массу, отнесенную к единице этой массы. Напряжённость магнитного поля не зависит от магнитных свойств среды. Единицей напряжённости магнитного поля в СИ является ампер/метр (А/м), в системе единиц СГС – эрстед (Э);  $1 \text{ а/м} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ Э}$ .

$$\vec{H} = \frac{\mu_0 \cdot m_1 \cdot m_2}{4\pi \cdot m_1} \cdot \frac{\vec{L}_{12}}{L_{12}^3} = \frac{\mu_0 \cdot m_2}{4\pi} \cdot \frac{\vec{L}_{12}}{L_{12}^3} \quad (1)$$

**Магнитная индукция**  $B$  показывает напряженность суммарного поля, то есть сумму напряженностей намагничивающего и внутреннего поля, возникающего внутри намагниченного тела под действием намагничивающего поля. Единица измерения – тесла (Тл), которая численно равна индукции такого однородного магнитного поля, в котором на 1 метр длины прямого проводника, перпендикулярного вектору магнитной индукции, с током силой 1 ампер действует сила 1 ньютон. Единица названа в честь изобретателя Николы Тесла. Магнитная индукция для поля в вакууме:

$$B = \mu_0 \cdot H \quad (2)$$

Магнитное поле в магнитной среде, обладающей остаточной намагниченностью определяется выражением:

$$\begin{aligned} B &= \mu_0(H + J^\Sigma) = \mu_0(H + J^{\text{инд}} + J^{\text{ост}}) = \mu_0(H + \chi H + J^{\text{ост}}) = \\ &= \mu_0(H(1 + \chi) + J^{\text{ост}}) = \mu_0(\mu H + J^{\text{ост}}) = \mu_0(\mu H + J^{\text{ост}}) = \mu_0\mu H + \mu_0 J^{\text{ост}} \end{aligned} \quad (3)$$

То есть в общем виде имеем

$$B = \mu_0\mu H + \mu_0 J^{\text{ост}} \quad (4)$$

но если остаточной намагниченности нет, получаем:

$$B = \mu_0\mu\vec{H} + \mu_a\vec{H} \quad (5)$$

где  $B$  – индукция магнитного поля, в нанотеслах (нТл),  $H$  – напряженность магнитного поля,  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость,  $\mu_0$  – магнитная постоянная (магнитная постоянная вакуума),  $\chi$  – магнитная восприимчивость (ед. СИ).  $J_{\text{ост}}$  остаточная намагниченность среды,  $J_{\text{инд}}$  – индуктивная намагниченность в амперах на метр А/м.

**Магнитный момент  $\vec{M}$**  – основная величина, характеризующая магнитные свойства вещества. В классической электродинамике магнитный момент может быть лишь результатом движения электрических зарядов по замкнутым траекториям. Так для замкнутого контура с эклектическим током

$$\vec{M} = IS\vec{n}, \quad (5)$$

где  $I$  – сила тока,  $S$  – площадь контура,  $\vec{n}$  – нормаль к плоскости контура. Магнитным моментом обладают также и элементарные заряженные частицы. Наличие магнитного момента у заряженных частиц связано со спином и рассматривается как первоначальное свойство.

**Намагниченность  $J$**  – магнитный момент единицы объема намагниченного вещества горных пород бывает двух видов: индуктивная и остаточная. Индуктивная намагниченность  $J_i$  возникает в породе под действием внешнего магнитного поля, и связана с ним соотношением:

$$J^{\text{инд}} = \chi H, \quad (6)$$

а компоненты  $J_z = \frac{\chi Z}{\mu_0}$  и  $J_H = \frac{\chi H}{\mu_0}$ , где  $T$  – полный вектор нормального магнитного поля Земли,  $Z$  – его вертикальная составляющая,  $H$  – горизонтальная. Без внешнего магнитного поля  $J_i$  не существует.

Другой вид намагниченности – остаточная  $J_n$  ( $J_r$ ) характерен только для ферромагнитных пород и минералов, и присутствует в них независимо от внешнего магнитного поля, в том числе и современного. Этот вид намагниченности будет рассмотрен отдельно. Порядок минимальной намагниченности горных пород –  $10^{-3}$  А/м. Между магнитным моментом и намагниченностью существует следующая связь:

$$\vec{M} = \vec{j} \cdot V \quad (7)$$

где  $V$  – объем магнетика. Единицей измерения магнитного момента является ампер·метр<sup>2</sup> (А·м<sup>2</sup>).

Если тело намагничено однородно, то магнитные массы располагаются на его поверхности с плотностью

$$\sigma = J \cos \varphi \quad (8)$$

где  $\sigma$  – магнитная масса, проходящая на единицу поверхности,  $\varphi$  – угол между вектором намагниченности и нормалью на поверхности в точке, где определяется  $\sigma$ . Если тело намагничено по нормали к поверхности  $\sigma = J$ .

**Магнитная восприимчивость  $\chi$**  – величина характеризующая свойство вещества намагничиваться (изменять свой магнитный момент) под действием внешнего магнитного поля, равная отношению намагниченности к напряженности магнитного поля  $H$ .

$$\chi = \frac{\vec{J}}{\vec{H}} \quad (9)$$

Такая линейная зависимость справедлива для парамагнетиков, для ферромагнетиков применяют ту же форму записи, однако их  $\chi$  зависит от внешнего поля более сложным образом.

Магнитная восприимчивость является безразмерной величиной, но в системах СИ и СГС она имеет разную размерность, поэтому рядом со значениями  $\chi$  всегда указывают системные единицы, например  $\chi = 250 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ.

$$\chi [\text{ед. СИ}] = 4\pi \cdot \chi [\text{ед. СГС}].$$

Магнитная восприимчивость связана и с относительной магнитной проницаемостью зависимостью

$$\mu = (1 + \chi). \quad (10)$$

Иногда используется удельная магнитная восприимчивость, которая показывает магнитную восприимчивость единицы массы с плотностью  $\sigma$ :

$$\chi_{\text{уд}} = \frac{\chi}{\sigma}. \quad (11) [1]$$

В Валерьяновском синклинии и Кустанайском (Боровском) антиклинии широко развиты эффузивно-осадочные отложения визе — намюра. Для обеих структур характерна повышенная магнитная восприимчивость, но низкая плотность (таблица 1). Такая же закономерность в распределении физических свойств наблюдается и на территории Джунгаро-Балхашской складчатой системы [2].

Таблица 1 – Физические свойства горных пород Валерьяновской зоны [2]

Порода	Возраст	$\chi \cdot 10^{-5}$ СГС
Глины, пески, песчаники, конгломераты	Cr – Q	0
Глины, конгломераты, пески, песчаники	J	0
Порфириты и туфы андезитового и базальтового состава	P <sub>2</sub>	100
Песчаники, конгломераты, туффиты, аргиллиты	P <sub>1</sub>	96
Песчаники, конгломераты, туффиты, аргиллиты с прослоями базальтовых и дацитовых порфиритов и туфов смешанного состава	C <sub>2-3</sub>	100
Порфириты, лавобрекчии, туфы базальтового и андезитового состава	C <sub>2</sub>	350
Кварцевые порфиры	C <sub>1 n2</sub>	330
Туффиты с прослоями известняков, ангидритов и вулканогенно-осадочных пород	C <sub>1 n1</sub>	720
Известняки с прослоями андезитовых туфов и порфиров, туффитов и песчаников	C <sub>1 v3 – n</sub>	>100
Андезитовые порфириты и их туфы агломератовые	C <sub>1 v2</sub>	До 1200
Глинистые, углисто-глинистые сланцы с прослоями известняков	C <sub>1 t – v</sub>	0
Вулканогенные осадочные породы	S – D	–
Габбро-диориты	S – D	600
Гранит-порфиры	S – D	30

## 2.2 Физические основы электроразведки

Электрическая разведка или просто электроразведка — это большая группа геофизических методов, изучающих электромагнитные поля различной природы. Целью этих исследований является определение электромагнитных характеристик геологической среды (сопротивление, проводимость, поляризуемость и т.д.), зная которые можно получить ценную информацию о строении изучаемого участка или района. По виду электромагнитных полей электроразведку можно разделить на два отдела: первый – объединяет методы, исследующие естественные, второй – искусственные электромагнитные поля [3].

В основе теории электроразведки лежат уравнения Максвелла, являющиеся постулатами макроскопической электродинамики. Они включают в себя все основные законы электромагнетизма (законы Ома, Ампера, Кирхгофа и др.) и описывают поля в разных средах. Из уравнений Максвелла получается дифференциальное уравнение, решая которое можно получить электрическую (E) компоненту поля в средах вдали от источника с электромагнитными параметрами  $\rho$ ,  $\epsilon$ ,  $\mu$ :

$$\Delta E = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial E}{\partial t} + \epsilon \mu \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad \text{где} \quad \Delta E = \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} \quad (12)$$

Учитывая, что для большинства горных пород  $\mu = 1$ ,  $\sigma = 1/\rho$  и для низких частот ( $f < 10^3$  Гц)  $dE/dt \approx \text{const}$  можно записать  $\Delta E = \sigma E + \varepsilon(dE/dt)$ , т.е. напряженность поля определяется плотностями токов смещения и токов проводимости (для гармонических колебаний):

$$i_{\text{пр}} = \sigma E = \frac{1}{\rho} E \quad (13)$$

$$i_{\text{см}} = \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} = i\omega\varepsilon E \quad (14)$$

Если геоэлектрический разрез известен, то с помощью уравнений Максвелла решаются прямые задачи электроразведки, т.е. получаются аналитические или численные значения  $E$ , которые соответствуют заданному геоэлектрическому разрезу. В теории электроразведки прямые задачи решаются для разных физико-геологических моделей (ФГМ) сред. Под ФГМ понимаются абстрактные геоэлектрические разрезы простой геометрической формы, которыми аппроксимируются реальные геолого-геофизические разрезы. Сложность решения прямых задач заключается в выборе моделей, близких к реальным, но таких, чтобы для избранного типа первичного поля удалось получить хотя бы приближенное решение для  $E$ . Для этого применяется математическое моделирование с использованием современных ЭВМ. Самой простой из подобных моделей является шар с разными  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $\varepsilon$  в однородном полупространстве [4].

Электрическая разведка или просто электроразведка – это большая группа геофизических методов, изучающих электромагнитные поля различной природы. Целью этих исследований является определение электромагнитных характеристик геологической среды (сопротивление, проводимость, поляризуемость и т.д.), зная которые можно получить ценную информацию о строении изучаемого участка или района. По виду электромагнитных полей электроразведку можно разделить на два отдела: первый – объединяет методы, исследующие естественные, второй – искусственные электромагнитные поля.

Теория электроразведки базируется на системе уравнений электродинамики - уравнениях Максвелла. Эти уравнения для любой точки пространства вне сторонних источников поля записываются в виде:

$$\begin{cases} \text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \\ \text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \\ \text{div}\vec{B} = 0 \\ \text{div}\vec{D} = q \end{cases} \quad (15)$$

Здесь  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  – векторы напряженности электрического и магнитного полей,  $\vec{B}$  и  $\vec{D}$  – векторы электрической и магнитной индукции,  $\vec{j}$  – вектор плотности тока проводимости,  $q$  – плотность электрических зарядов.

Уравнения Максвелла дополняются уравнениями связи:

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}; \quad \vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu \cdot \vec{H} \quad (16)$$

где  $\sigma$ ,  $\varepsilon$  и  $\mu$  - электромагнитные свойства среды: электропроводность, диэлектрическая и магнитная проницаемости. Отметим, что первое уравнение связи представляет собой закон Ома в дифференциальной форме.

Первое уравнение Максвелла представляет собой дифференциальное выражение закона полного тока, согласно которому циркуляция магнитная поля по замкнутому контуру равна полному току в нем. Оно указывает, что магнитное поле порождается как токами проводимости (первое слагаемое в правой части уравнения), так и токами смещения (второе слагаемое). Причем токи проводимости – это движение зарядов, а токи смещения – скорость изменения электрической индукции.

Второе уравнение есть дифференциальное выражение закона электромагнитной индукции, согласно которому изменение магнитной индукции возбуждает вихревое электрическое поле. Таким образом, переменное магнитное поле порождает переменное электрическое, постоянное же магнитное поле не создает электрическое поле.

Третье уравнение указывает, что в природе магнитных зарядов не существует, и силовые линии поля магнитной индукции замкнуты.

Четвертое уравнение говорит, что источниками поля электрической индукции являются электрические заряды. Изолинии поля электрической индукции начинаются на этих зарядах и непрерывны в них [5].

Исследуемый район хорошо дифференцируется в электрическом сопротивлении. Сопротивление рыхлых отложений четвертичного периода изменяются в диапазоне от 4-40 Ом·м. Для пород палеозоя  $\rho$  растет до 300-600 Ом·м.

Поляризуемость характеризует относительную интенсивность вторичного поля ВП в единице объема вещества. Она является безразмерной величиной и определяется отношением вторичного поля  $E_{ВП}$  к суммарному полю  $E$ . В общем случае для любого момента времени это отношение имеет вид:

$$\eta(t) = \frac{E_{ВП}(t)}{E} = E_{ВП}(t)/[E_0 + E_{ВП}(0)]$$

где  $E_0$  – напряженность первичного поля, возникающего в момент включения тока;  $E_{ВП}(0)$  – напряженность поля ВП в конце тока зарядки ( $t=0$ );  $E_{ВП}(t)$  – напряженность поля ВП в момент измерений  $t$  после выключения тока.

Вторичное поле  $E_{ВП}$  противодействует суммарному полю  $E$ , в результате чего создается эффект увеличения УЭС при измерении на постоянном или низкочастотном переменном токе. Количественно этот эффект можно оценить на основе формального рассмотрения закона Ома:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho_0(E - E_{ВП})} = \frac{1}{\rho_0(1 - \eta)} E = \frac{1E}{\rho}$$

где  $\rho$  – эффективное УЭС среды [6].

Таблица 2 – Сводная таблица поляризуемостей пород и руд (по В. А. Комарову) [6].

Типы горных пород и руд	Поляризуемость, %
Пески, глины, суглинки	0,5 – 1
Доломиты	0,5 – 2
Известняки	0,75 – 3
Глинистые сланцы, песчаники	0,6 – 2,3
Базальты	0,7 – 2,2
Граниты и диориты	0,9 – 1,8
Кварцевые порфиры и их туфы	0,7 – 3,6
Графитизированные сланцы	1,5 – 5,9
Углистые известняки	1,3 – 12
Скарны	1,9 – 5
Руды	19 – 50
Окисленные руды	0,9

Поляризуемость горных пород зависит от вещественного состава твердой фазы, пористости, проницаемости и структуры поровых каналов, а также от влажности, минерализации внутри поровой влаги и других факторов. Наибольшей поляризуемостью (10-50%) обладают электропроводящие породы, залегающие в условиях невысокой влажности и слабой минерализации подземных вод. К ним относятся все медно-колчеданные и полиметаллические руды, а также сланцы и известняки (таблица 2). Их поляризационные свойства обусловлены главным образом электролитическими процессами, эффектами электролиза и изменения потенциала электрического слоя [6].

### 3 Методика и техника исследования полиметаллических площадей по данным магниторазведки и электроразведки

#### 3.1 Магниторазведочная и электроразведочная аппаратура

Магнитометр GSM-19 v7.0.

Сбор магнитных данных на участке выполнен с использованием магнитометра на эффекте Оверхаузера GSM-19 v7.0 (рисунок 1).

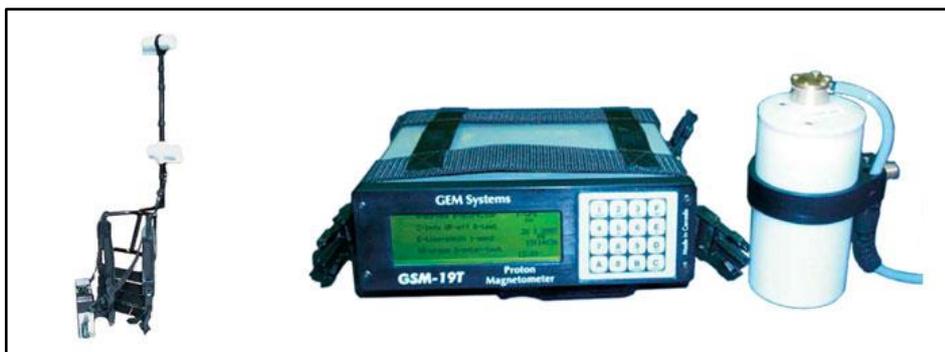


Рисунок 1 – Магнитометр GSM-19W

Магнитометр GSM-19 v7.0 — это прибор, обладающий высоким качеством обработки данных, эффективностью проведения исследований и возможностью подключения дополнительных опций. Новая усовершенствованная модель прибора v7.0 обеспечивает:

- Экспорт данных в двухмерный и трехмерный форматы, для совместимости с программным обеспечением от других производителей;
- Возможность внесения меток в регистрируемую информацию в процессе исследования;
- Программируемый формат экспорта данных для контроля результатов;
- Высокую точность работы GPS:
  - До 1,5 м при поддержке WAAS/EGNOS;
  - До 0,8 м при поддержке системы OmniStar;
  - Возможность использования моделей с несколькими датчиками для получения высокоточных результатов исследований в трехмерном изображении.

Модель GSM-19 v7.0 сочетает в себе качество обработки данных, высокую эффективность работы и уникальную конструкцию системы, позволяющую совмещать дополнительные функциональные возможности, что сильно отличает прибор от других квантовых магнитометров.

Принципом работы магнитометра на эффекте Оверхаузера является прецессия протона в магнитном поле. При этом, прибор обладает очень высокой чувствительностью. Кроме того, квантовый магнитометр на эффекте Оверхаузера имеет высокую абсолютную точность, быструю скорость регистрации данных (до 5 измерений в секунду) и низкое энергопотребление.

По сравнению с протонно-прецессионными методами, возбуждение прецессии под воздействием высокой частоты позволяет свести к абсолютному минимуму энергопотребление и подавить шум (т.к. частота возбуждения находится далеко за пределами полосы пропускания сигнала прецессии).

Основные технические характеристики магнитометра GSM-19W представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики магнитометра GSM-19W

Характеристика	Значение
Разрешение	0,01 нТ
Относительная чувствительность	0,022 нТ/корень Гц
Абсолютная погрешность	+/- 0,1 нТ
Диапазон	10 000 до 120 000 нТ
Допуск на градиент	Более 10 000 нТл/м
Период измерений	60+; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,2 сек.
Рабочая температура	От - 40 до + 55°С
Объем памяти	32 Мб
Общий вес	3,1 кг

Электроразведочная аппаратура.

Elrec Pro – это 10-канальный приемник вызванной поляризации (ВП) и удельного сопротивления, предназначенный для повышения производительности при записи глубоких профилей и зондирований. Помимо классических арифметических и логарифмических режимов, ELREC Pro также предлагает режим Коул-Коул и двадцать полностью программируемых окон для более гибкого определения кривой распада ВП. Мастер настройки проводит оператора через каждый параметр, чтобы убедиться, что прибор настроен правильно.

Система включает в себя встроенные инструменты контроля качества, помогающие оператору проверять результаты измерений во время сбора данных, и отображает кривые распада ВП в режиме реального времени.

Elrec Pro предназначен для использования с высокомоощными передатчиками серии TPIX и VIP. Elrec автоматически синхронизируется (и повторно синхронизируется при каждом новом импульсе) с сигналом передачи через процесс распознавания формы сигнала, обеспечивая высокую повторяемость измерений.

Для больших 2D и 3D съемок Elrec можно использовать в сочетании с коробкой Switch Pro box(es) для увеличения разброса до 96 электродов. При работе системы таким образом сложные измерительные последовательности могут быть спроектированы и загружены в систему с помощью программного обеспечения Electre II или Electre Pro (рисунок 2).



Рисунок 2 – Приемник «ElrecPRO»

Для проведения съемки «OreVision» был использован коммутатор «SwitchPRO 240» от IRIS Instruments.

Удлинительная коммутационная коробка для блоков SYSCAL PRO и ELREC PRO

Возможность привода от 24 до 192 электродов

Предназначен для расширенных 2D или 3D массивов

Нумерация электродов производится автоматически из устройства; две кнопки позволяют выбрать первый номер используемого электрода, чтобы сделать его совместимым с вашим коммутатором SYSCAL Pro и другими коробками SWITCH Pro; Устройство имеет собственный экран, позволяющий видеть номер используемых в данный момент электродов вместе с уровнем заряда батареи.

Несколько коробок SWITCH Pro (рисунок 3) могут быть соединены вместе для больших 2D или 3D приобретений (до 192 электродов может быть переключено на один блок SWITCH Pro с максимальным количеством 2000 электродов для всей системы).



Рисунок 3 – Коммутатор «SwitchPRO 240»

Методы вызванной поляризации применяются для поисков:

- Рассеянные сульфиды (менее 0.5%), которые могут быть связаны с золотом, серебром, медью, молибденом и пр.
- Полу массивные до массивных, непроводящие кластеры (богатые сфалеритом, окварцованные или электрически не связанные).
- Массивные кластеры, которые не очень хорошо выделяются в ЭМ полях (вертикальный цилиндр или кластер малого объема).

Ток, используемый при выполнении ВП метода может рассеиваться в зависимости от геологических особенностей строения участка работ при выполнении традиционных ВП методов. Например, более высокие показания от проводящего поверхностного слоя могут экранировать более слабые аномалии, которые находятся на глубине.

Метод OreVision имеет ряд преимуществ над традиционными методами ВП (приложение А, рис. А.1-А.2):

- Увеличенное проникновение метода при наличии проводящего верхнего слоя;
- Глубина исследования в 2-4 раза выше;
- Улучшенное разрешение близ поверхности;
- Улучшенное выделение границ вертикальных тел.

Традиционный метод ВП позволяет выделить верхнюю границу тела на глубине 50 м. Метод OreVision® позволяет выделить все границы тела без ущерба разрешающей способности (приложение А, рис. А.3).

- Определение нескольких объектов, перекрывающих друг друга;

- Большое количество измеряющих электродов позволяет покрыть большую территорию;
- 3D инверсия данных позволяет задать более точные координаты для бурения скважин.

OreVision может определить рудные тела на большой глубине, либо перекрываемое другим телом. Это улучшение было достигнуто благодаря следующим техническим особенностям:

Эффективности увеличения количества «n» от расстояния между «а» для более глубокого изучения (приложение А, рис. А.4). Для объекта, залегающего на глубине 200 м, на рисунке сверху можно наблюдать неэффективность расстояния «а» = 200 м. На рисунке в центре можно увидеть очень слабый отклик на уровне шумов при расстоянии «а» = 100 м. На рисунке внизу показан тот же объект, который легко выделяется при расстоянии «а» = 25 м.

Топографические работы на участке проводились с целью обеспечения привязки и пикетирования последующих электроразведочных работ. Для этого применялся спутниковый навигационный комплекс GPS/GNSS Leica GS16, работающий по технологии RTKPlus (рисунок 4).



Рисунок 4 – Система Rover GPS/GNSS Leica в сборе.

Комплект аппаратуры приобретен в июне 2019 года в компании Leica GeoSystem Kazakhstan, где в сервисном центре были проведены три уровня поверки аппаратурного комплекса. Результат поверки соответствует государственным стандартам РК и всем техническим требованиям завода-изготовителя с гарантией качества.

Топографические работы проводились следующим образом:

Предварительно, перед началом работ оператор заносил в память прибора проектные точки на профиле (каталог проектных точек был заранее подготовлен).

По прибытии на участок работ, оператор 15-20 минут проводил настройку прибора, где фиксировал на контроллере обнаружение навигационных спутников (минимум 13, обычно 16-17). Далее по координатам находил первую точку профиля, записывал в память прибора, устанавливал пикет (с номером профиля и пикетажа) и продолжал движение по продолжению профиля (с записью в память прибора координат (X, Y, Z) на каждом пикете), одновременно помощник оператора устанавливал пикеты (с нумерацией) через каждые 100м. Съём координат в память прибора осуществлялся при достижении инструментальной погрешности 10-20 см, от положения проектных.

На базе полевого отряда проводилась процедура скачивания измеренных данных с внутренней памяти контроллера на персональный компьютер, далее оператором составлялся каталог координат профилей.

### **3.2 Порядок проведения полевых геофизических наблюдений**

Перед началом геофизических работ оператор топограф расставил пикеты на обозначенных профилях с помощью GPS приборов. Пикеты были проставлены через каждые 100 м. Съём координат был осуществлен с погрешностью 10-20 см. от проектных.

Электроразведочные работы проходили по 4-м профилям (приложение Б, рисунок Б.1). Был выбран метод ВП «OreVision» который позволяет увеличить разрешающую способность и глубинность исследования путем увеличения количества приемных электродов и уменьшения расстояния между ними. Для съёмки «OreVision», проведенной на проекте использовался интервал между приемниками 37,5 м, и количество электродов до 30 штук. Таким образом, 2D – инверсия достигла глубины в 450 м. ниже поверхности.

Магниторазведочные работы были проведены наземным методом. Проектная документация представляла 12 профилей с запада на восток. Объем работ составил 20 пог. км. (приложение Б, рис. Б.2).

Наземная съёмка выполнялась с использованием двух магнитометров в пешем варианте по два человека в бригаде. Навигация выполнялось по заранее подготовленным маршрутам с автоматической записью данных в память прибора. Период измерений магнитного поля при рядовой съёмке составит 0,2 сек.

На площади исследования было выставлено базовая магнитовариационная станция для обеспечения съёмки исходными данными о суточных изменениях геомагнитного поля.

Регистрация вариаций геомагнитного поля выполнялась с применением магнитометра на эффекте Оверхаузера GSM-19 v7.0. Магнитовариационная станция была установлена вблизи площади съёмки. Частота регистрации

геомагнитного поля 0.5 Гц. Весь период съемки обеспечен регистрацией изменений геомагнитного поля с дискретностью 2 секунды. Данные с магнитовариационных станций ежедневно переписывались в компьютер, выполнялся анализ полноты и качества регистрации геомагнитного поля.

Во время рядовой съёмки производится синхронизация по времени всех трёх используемых магнитометров. Значения магнитного поля, синхронизированные по времени с замерами магнитовариационной станции, для соответствующих профилей и пикетов заносятся во внутреннюю память магнитометра и в конце рабочего дня через соответствующий порт автоматически считываются в память обрабатывающего компьютера.

### **3.3 Результаты обработки и интерпретации электрических и магнитных данных**

Съемка OreVision была успешной при картировании свойств удельного сопротивления и поляризуемости геологических формаций.

Контроль качества (КК), выполненный на собранных данных OreVision подтвердил 97% зарегистрированных показаний. Подтвержденные данные были подвергнуты 3D-инверсии с использованием платформы Geosoft DC-ВП VOXI. Алгоритм VOXI DC-ВП решает две обратные задачи. Потенциалы постоянного тока сначала инвертируют, чтобы восстановить пространственное распределение электрических удельных сопротивлений, и во-вторых, данные поляризуемости инвертируют, чтобы восстановить пространственное распределение возможных поляризуемых материалов. Цель процесса инверсии состоит в том, чтобы преобразовать измерения кажущейся поляризуемости и удельного сопротивления в реалистичные модели Земли и лучше охарактеризовать положение, геометрию и физические параметры проводящих, резистивных и поляризуемых источников. Из этих полученных моделей Земли были получены вертикальные разрезы.

Интерпретация этого проекта проводилась путем выбора аномалий с помощью псевдоразрезов и вертикальных разрезов. Наблюдаемые аномалии отмечены на вертикальных разрезах (приложение В).

#### *Сопротивление*

Удельное сопротивление, восстановленное по четырем профилям, характеризуется очень низкими значениями в диапазоне от 4 Ом до чуть более 1000 Ом. Как правило, удельное сопротивление увеличивается с юга на север.

**L0+00N** имеет неглубокий проводящий слой, который прерывается и становится фрагментированным между 10 + 00E и 28 + 00E. Между 15 + 00E и 31 + 00E наблюдается небольшое увеличение удельного сопротивления.

**L 8+25N** имеет профиль, аналогичный **L 0+00N**, хотя фрагментированный поверхностный слой смещен между 16 + 00E и 36 + 00E. Более глубокая, более сопротивляемая зона более вытянута и имеет пик примерно при 36 + 00E.

**L 18+25N** является самым длинным профилем. Профиль в основном плоский и непрерывный, но, как и в предыдущих профилях, поверхностное низкое удельное сопротивление становится фрагментированным между 20 + 00E и 38 + 00E. Имеются два подъема удельного сопротивления при 24 + 00E и 33 + 00E и зона сопротивления на поверхности между 20 + 00E и 24 + 00E.

**L 28+25N** имеет самое высокое удельное сопротивление из всех профилей; восточный участок профиля от 19 + 00E до конца (34 + 50E) содержит широкое, глубокое сопротивляемое тело, простирающееся от высоты 120 м до дна разреза. Как и **L 18 + 25N**, он также имеет поверхностную зону сопротивления в аналогичном положении (19 + 00E - 24 + 00E).

Хотя профили слишком далеко друг от друга, чтобы сделать подробные выводы о сопротивляемых тенденциях, может быть связь между мелкой резистивной зоной, описанной в **L 18 + 25N** и **L 28 + 25N**, и возможно, что существует более значительная тенденция **NNE / SSW** присоединение к основным резистивным телам. В этом контексте невозможно интерпретировать ошибки. Кажется, что нет никакой связи между топографией и сопротивляемыми аномалиями.

### *Поляризуемость*

Аномалия поляризуемости по четырем (4) профилям является умеренной со средней фоновой поляризуемостью приблизительно от 5 мВ до 15 мВ. Наиболее сильно поляризуемые зоны могут достигать значений более 30 мВ.

**L 0+00N** имеет наименьшую поляризуемость из всех профилей. Существуют две основные поляризуемые аномалии, **K-02** и **K-03**. Между 10 + 00E и 17 + 00E (**K-01**) существует некоторый поверхностный поляризуемый материал; Самая западная аномалия — это артефакт инверсии (четко не наблюдается в псевдоразрезе необработанных данных).

**L 8+25N** имеет одну главную поляризуемую аномалию, которая может быть разбита на три отдельных сегмента (**K-09**, **K-10** и **K-11**). Существует ряд мелких поверхностных аномалий в направлении к центру профиля, и аномалия на западе, которая плохо разрешена при инверсии, но хорошо представлена на псевдоразрезе (**K-05**). Самая западная аномалия — это артефакт (явно не наблюдается в псевдоразрезе необработанных данных).

**L 8+25N** имеет четыре основных зоны поляризуемости:

- Самый западный (**K-13** и **K-14**) уже был замечен в предыдущей съемки в этой области (перекрывающаяся часть линии).

- Западная центральная аномалия может быть разбита на два сегмента (**К-15** и **К-16**); несмотря на то, что западный сегмент (**К-15**) выглядит сильнее при инверсии, восточный (**К-16**) является более перспективным в псевдоразрезе и соответственно рекомендован.
- Восточная центральная аномалия - широкая и умеренно глубокая, которая может быть разделена на три объекта (**К-17**, **К-18** и **К-19**). Наиболее сильно поляризуемая часть состоит из более мелкой и более глубокой части псевдоразреза (**К-18** и **К-19** соответственно), но проявляется как комбинированная аномалия.
- Самая восточная аномалия слабее, но хорошо выражена (**К-21** и **К-22**).

**L 28+25N** имеет много меньших более слабых аномалий. Три самых больших и наиболее поляризуемых являются целью (**К-27**, **К-32**, и **К-33**). Как и предыдущие профили, самые западные аномалии являются артефактами инверсии от краевых эффектов.

Четыре первоочередных цели были выбраны для пересечения наиболее перспективных сопротивляемых и поляризуемых источников на каждом профиле (**К-03**, **К-10**, **К-19**, и **К-32**). Пять вторых приоритетных целей были выбраны для проверки аномалий, которые менее поляризуемые или находятся в менее сопротивляемых средах (**К-02**, **К-09**, **К-13**, **К-17** и **К-27**). Три цели третьего приоритета были выбраны аномалии, которые менее четко определены или находятся в неблагоприятном положении (**К-05**, **К-16** и **К-33**).

Из-за расстояния между профилями трудно комментировать тенденции; однако, есть заметное сходство высоты и положения между некоторыми из самых сильных поляризуемостью (**К-03**, **К-10**, **К-18**, и **К-19**). Ориентация этой возможной тенденции соответствует тому, что было замечено ранее в предыдущем обзоре.

#### *Объекты бурения*

Бурение было рекомендовано для проверки некоторых аномалий, изложенных в этом отчете (приложение Г, рис. Г.1).

В приложении Д перечислены рекомендуемые буровые скважины и их характеристики, а также расположение и описание соответствующих объектов. Эти начальные скважины должны быть спланированы таким образом, чтобы пересекать центры объектов, как указано на интерпретируемых глубинных разрезах.

В приложении представлены изображения выбранных объектов бурения.

#### **Результаты магниторазведочных работ**

Обработка данных съемки выполнена в два этапа. Непосредственно в полевых условиях проводилась предварительная (полевая) обработка и оценка

качества первичного материала, окончательная камеральная обработка - после завершения полевых работ. Для обработки и текущего контроля качества работ использовался пакет программ Geosoft Oasis Montaj.

Данные магнитного поля, навигационные данные, спутниковое время и другие параметры процесса съемки записывались на внутренней памяти магнитометра и по завершении работ ежедневно передавались для приемки, контроля и последующей обработки на базовый обрабатывающий компьютер в месте базирования

Оперативная полевая обработка данных осуществлялась в процессе съемки ежедневно и включала в себя:

- Ввод в память компьютера полевого обрабатывающего комплекса данных с магнитометра и вариационной станции;
- Анализ полноты и качества полевых материалов съемки;
- Ввод информации в соответствующие базы данных системы Geosoft Oasis Montaj;
- Проверку качества геофизических материалов съемки;
- Визуальный анализ и редактирование исходных данных (удаление единичных отскоков – нелинейная фильтрация, интерполяция и т.п.);
- Визуальный анализ и коррекция магнитовариационных данных;
- Исключение суточных геомагнитных вариаций
- Проверку качества материалов съемки;
- Взаимную увязку профилей методом статистического уравнивания с трендом нулевого порядка. Остаточная «профильность» (как правило, меньше заданной точности съемки) ликвидировалась с помощью процедуры «микроуравнивание» (microlevelling) программы Oasis Montaj;
- Обработка материалов съемки и построение карт магнитного поля;
- Создание электронного архива полевых данных.

Блок-схема обработки магнитометрических данных показана на рисунке 5.

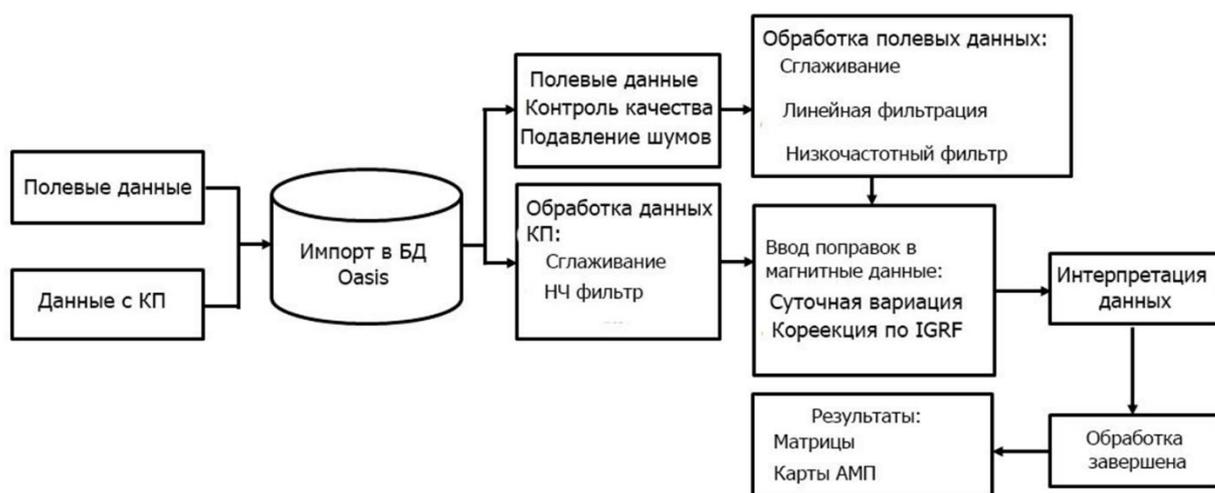


Рисунок 5 – Блок-схема обработки данных магнитометрии

Оперативная оценка качества съемки проводилась ежедневно по результатам контрольного пункта. После завершения полевых работ материалы наземной магнитной съемки переданы в офис для окончательной камеральной обработки и составления карт.

Окончательная камеральная обработка материалов магнитной съемки включала в себя следующие процедуры:

- Фильтрация и корректировка данных магнитометрии путем вычитания искажающего влияния техногенных помех, построение карт графиков высоко частотной компоненты магнитного поля;
- Формирование базы магнитовариационных данных, сопоставление с ближайшими обсерваториями, ввод поправок за вариации геомагнитного поля земли;
- Вычисление нормального магнитного поля, вычисление аномального магнитного поля;
- Вычисление матрицы аномального магнитного поля и его наиболее информативных трансформант. Матрицы построены с использованием алгоритма «Минимальная кривизна», размер ячейки 25×25 м.

При вычислении аномального магнитного поля в качестве нормального магнитного поля Земли принята международная аналитическая модель IGRF. По результатам обработки сформирована финальная база магнитометрических данных, вычислены сетки аномального магнитного поля и его градиентных характеристик для участка. Результативная карта аномального магнитного поля построена в масштабе 1:50 000.

В первую очередь, аномальное поле приводилась (редуцируется) к полюсу для исключения влияния косой намагниченности, т.е. намагниченность

источников аномалий приводится к вертикальной. При этом, аномалии в плане точно фиксируют места реального расположения возмущающих источников.

Для исключения влияния регионального фона (глубинные источники) выполняется процедура аналитического продолжения магнитного поля в верхнее полупространство на высоту 100м и 200м. Это преобразование позволяет выделить региональную компоненту поля таким образом, что полностью сохраняется возможность дальнейших количественных расчётов. Для выделения локальной составляющей магнитного поля, связанной с мало глубинными объектами, результат продолжения вверх вычитается из исходного поля. Разность является искомой локальной составляющей, позволяющий наиболее чётко выделить и проследить геологические границы и тела, обладающие повышенными (пониженными) магнитными характеристиками.

Затем, рассчитывается горизонтальный градиент  $dX$  аномального магнитного поля. Расчет производится в площадном варианте в направлении профиля и в перпендикулярном направлении

Для акцента высокочастотной компоненты вычислены вертикальная производная (первого порядка) магнитного поля и аналитический сигнал. Горизонтальный градиент  $dX$  характеризует скорость изменения магнитной индукции в горизонтальном направлении и широко используется при качественной и количественной интерпретации магнитных аномалий. В результативном поле горизонтальных градиентов практически не отражается влияние глубоко залегающих объектов, исключается линейный региональный фон, контуры аномалий становятся более близкими контурам самих объектов. При этом локальные аномалии на картах горизонтального градиента выделяются двумя экстремумами, соответствующими интервалам резкого возрастания и убывания поля магнитной индукции. При вычислении градиента по исходным данным симметричная форма аномалии нарушается, но сохраняет тенденцию изменения поля и амплитуду. Расстояние между экстремальными точками приблизительно равно ширине аномального объекта на глубине.

Наземная магниторазведка является отличным инструментом картирования, подчеркивая литологические и структурные элементы. В этом проекте, высокоточные магниторазведочные исследования проведены с целью выявления основных тектонических особенностей (разломы / сдвиговые зоны, интрузивные образования), с которыми связана Au минерализация.

По результатам проведенной обработки магниторазведочных данных построены следующие составляющие и трансформанты магнитного поля:

1. Карта аномального магнитного поля (приложение Е, рис. Е.1).
2. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля

- (приложение Е, рис. Е.2)
3. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 500 м) (приложение Е, рис. Е.3).
  4. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 1000 м) (приложение Е, рис. Е.4).
  5. Карта вертикальной производной аномального магнитного поля (приложение Е, рис. Е.5).
  6. Карта модуля полной горизонтальной производной аномального магнитного поля (приложение Е, рис. Е.6).
  7. Карта региональной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 250 м) (приложение Е, рис. Е.7).
  8. Карта региональной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 500 м) (приложение Е, рис. Е.8).
  9. Карта аномалий магнитного поля (МП) различного направления (приложение Е, рис. Е.9).

Совокупная качественная интерпретация трансформантов магнитного поля позволила выявить сеть разнонаправленных тектонических нарушений, блоков и определить пять аномальных зон, обладающих специфическими характеристиками (интенсивность МП, изменчивость и разнонаправленность изолиний МП, зоны градиента и резкой смены знака поля).

Ниже проведено описание выделенных зон, согласно приоритету по значениям интенсивности и специфических характеристик МП:

При проведении качественной интерпретации, в основном, использовались карты локальной составляющей МП, вертикального и горизонтальных градиентов МП и карта выделенных линеаментов различного направления в МП. Аномальные зоны выделены по совместному качественному анализу результативных карт.

1. Особенностью изучаемого АМП участка является высокая интенсивность магнитных аномалий, в пределах 400 – 1200 нТл.
2. Повышенные значения МП расположены в центре участка работ, аномальные значения поля сосредоточены на севере и юге участка.
3. При совместном анализе МП и результатов электроразведочных работ, установлен факт, что высокие значения поляризуемости концентрируются в областях низких значений МП (приложение Ж).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полевые опытные работы по объекту выполнены в полном объеме, с максимально возможным качеством, насколько позволяли реальные полевые условия.

По результатам работ были получены:

1. Полевые работы в профильном варианте методом поль-дипольного зондирования по технологии «OreVision» на 4 профилях;
2. Полевая камеральная обработка, анализ качества измеренных величин и экспресс-интерпретация;
3. Построены разрезы удельного электрического сопротивления и поляризуемости по профилю;
4. Создана база измеренных, обработанных и инверсионных данных по результатам электроразведки;
5. Проведены высокоточные магниторазведочные работы. Данные МР обработаны и построены результативные карты АМП и его трансформант. По результатам электроразведочных работ рекомендованы проектные буровые работы с целью уточнения природы выявленных электроразведочных аномалий.

Данная технология рекомендована к применению решения аналогичных задач.

Автор и руководитель дипломной работы выражают благодарность ТОО «Nomad Geo Service» за предоставленные материалы.

## Приложение А

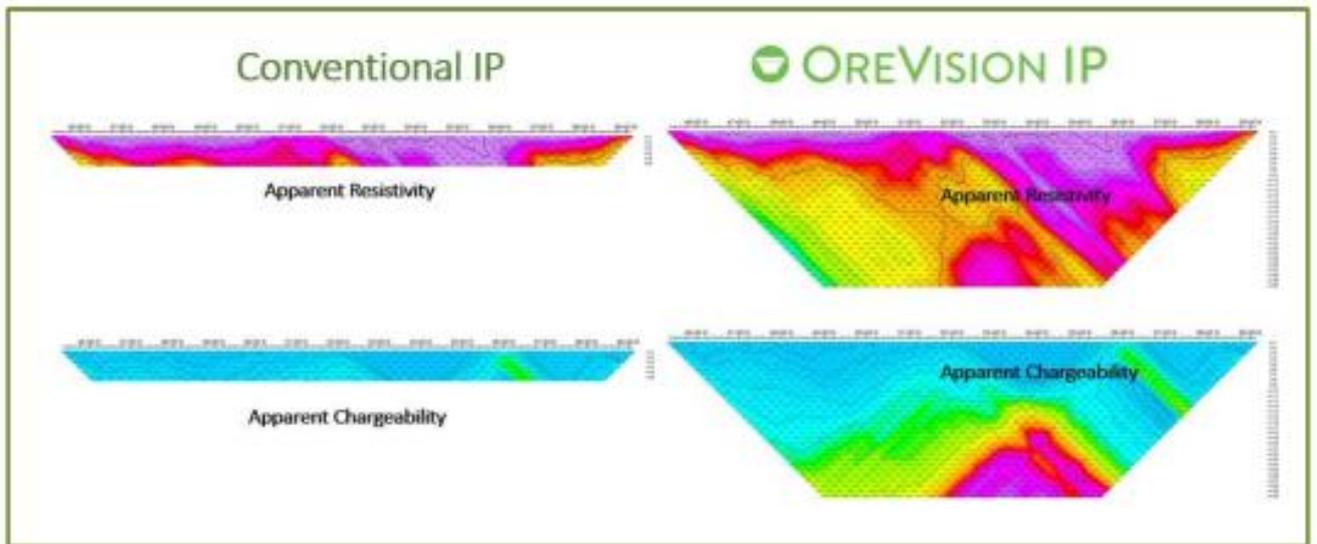


Рисунок А.1 – Псевдоразрезы для сопоставления традиционной ВП съемки (слева) и съемки OreVision® (справа)

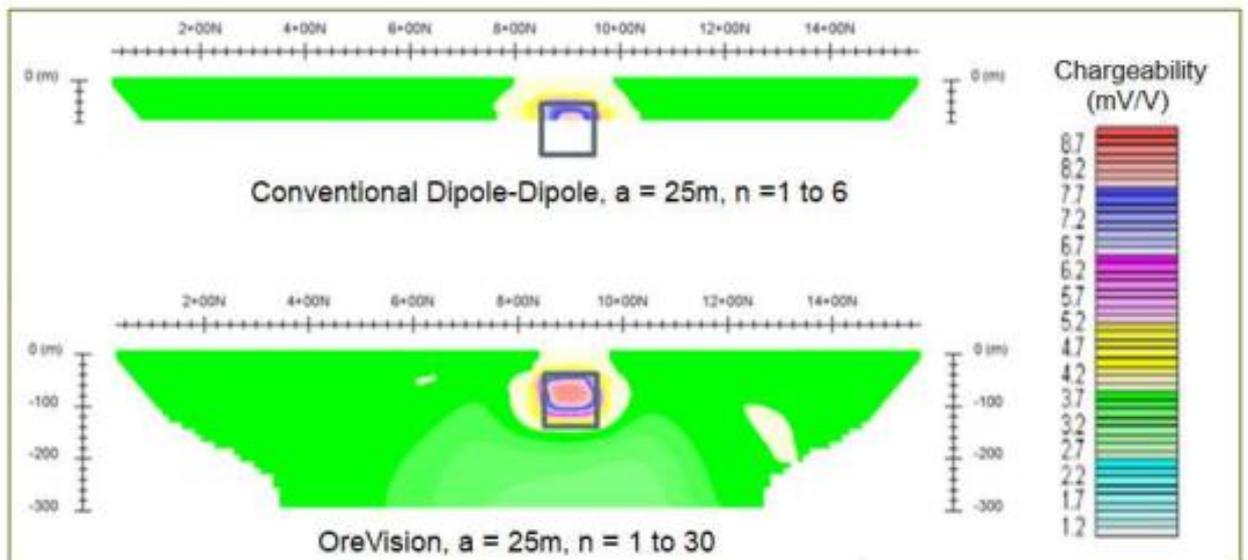


Рисунок А.2 – Синтетическая модель данных традиционного ВП метода тела залегающего на небольшой глубине (вверху) в сравнении с данными метода OreVision® (внизу)

## Продолжение приложения А

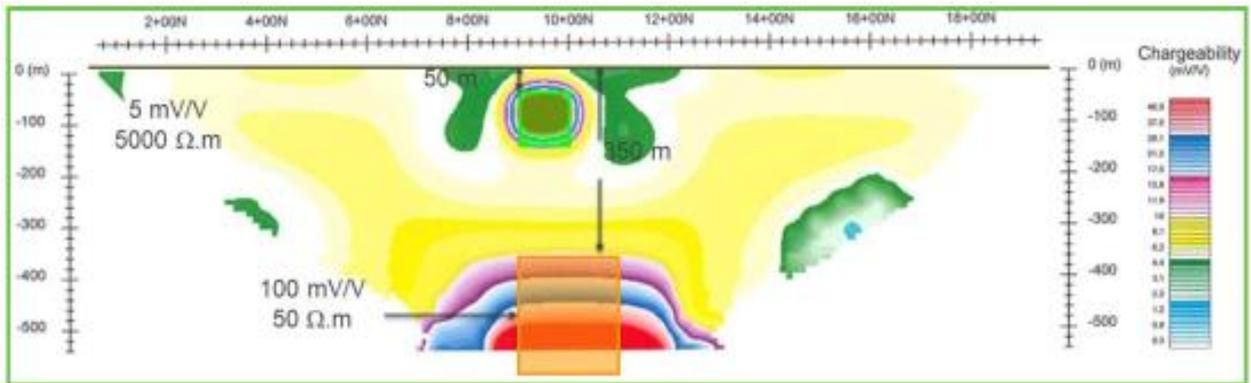


Рисунок А.3 – Синтетическая модель данных OreVision® при неглубоко залегающем объекте, расположенном стратиграфически над более глубоким объектом

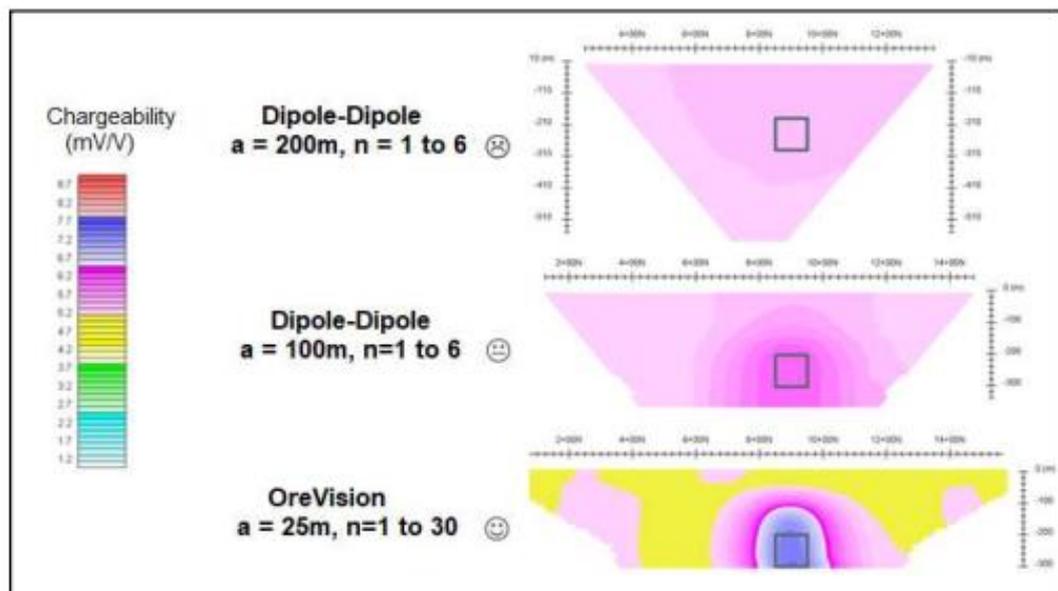


Рисунок А.4 – Синтетические модели традиционного ВП метода глубоко залегающего тела (вверху и по центру) по сравнению с методом OreVision® (внизу)

## Приложение Б

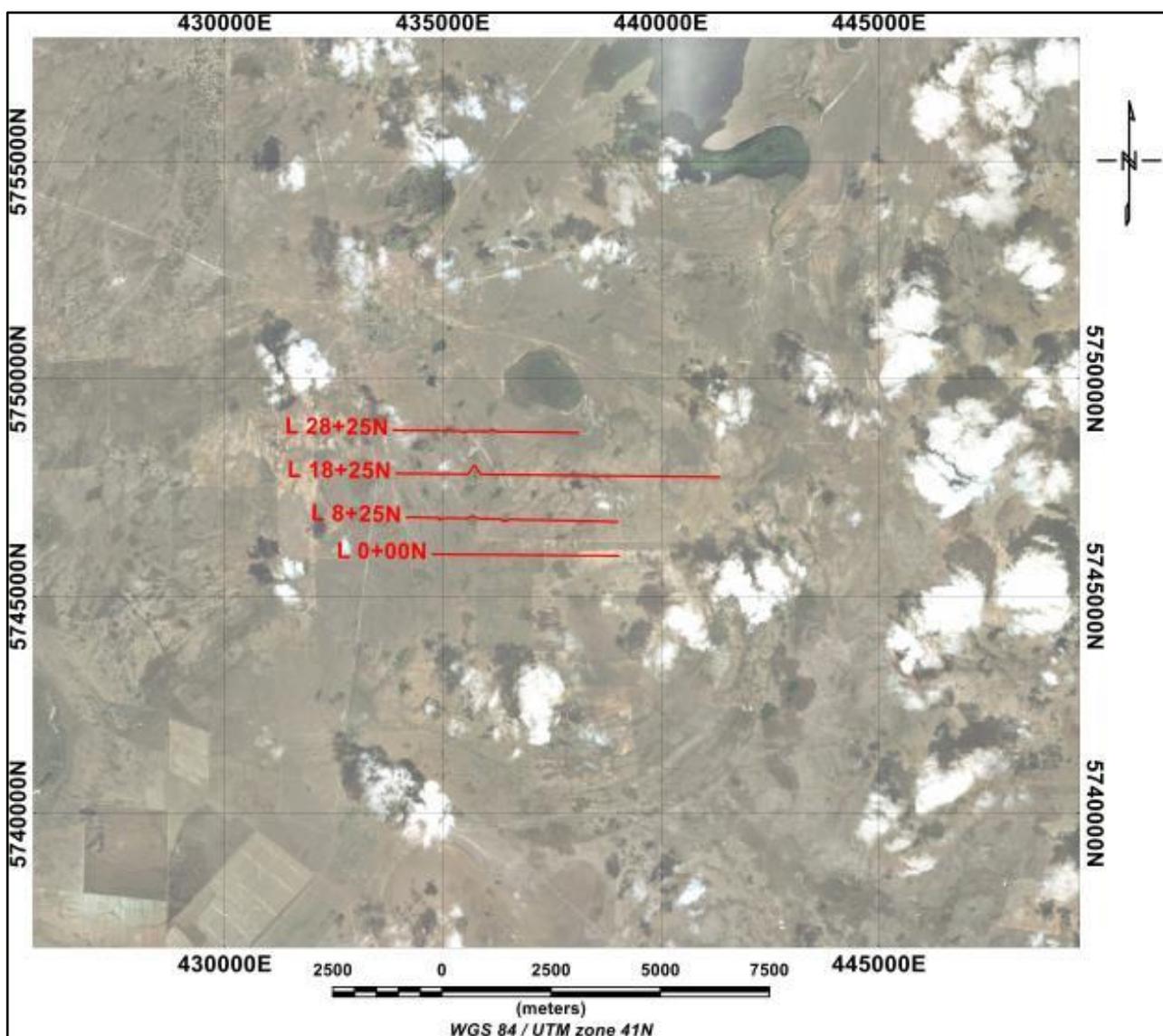


Рисунок Б.1 – Схема электроразведочных профилей OreVision 2019 и 2020 годов

## Продолжение приложения Б

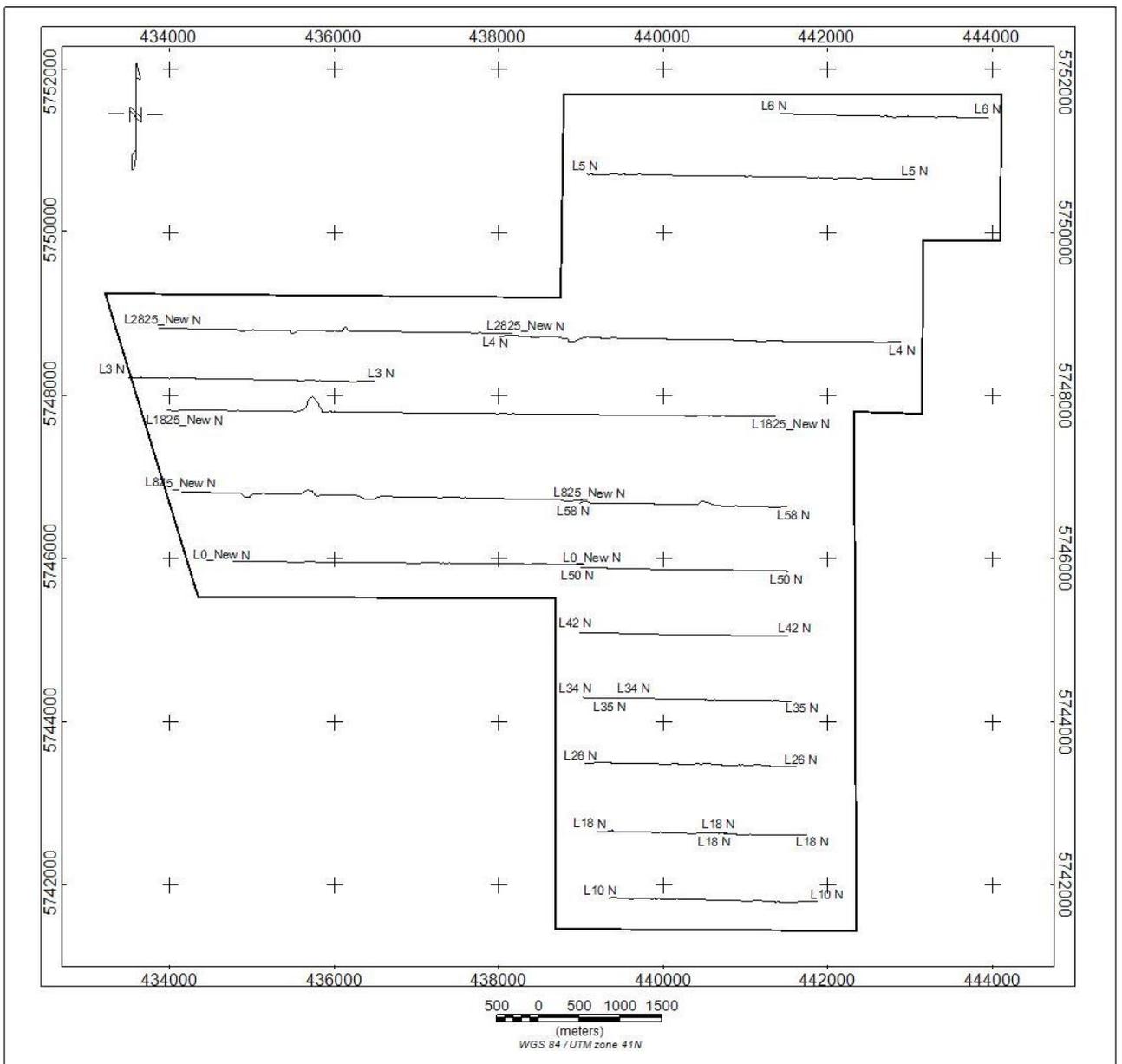


Рисунок Б.2 – Схема магниторазведочных профилей 2019 и 2020 года

## Приложение В

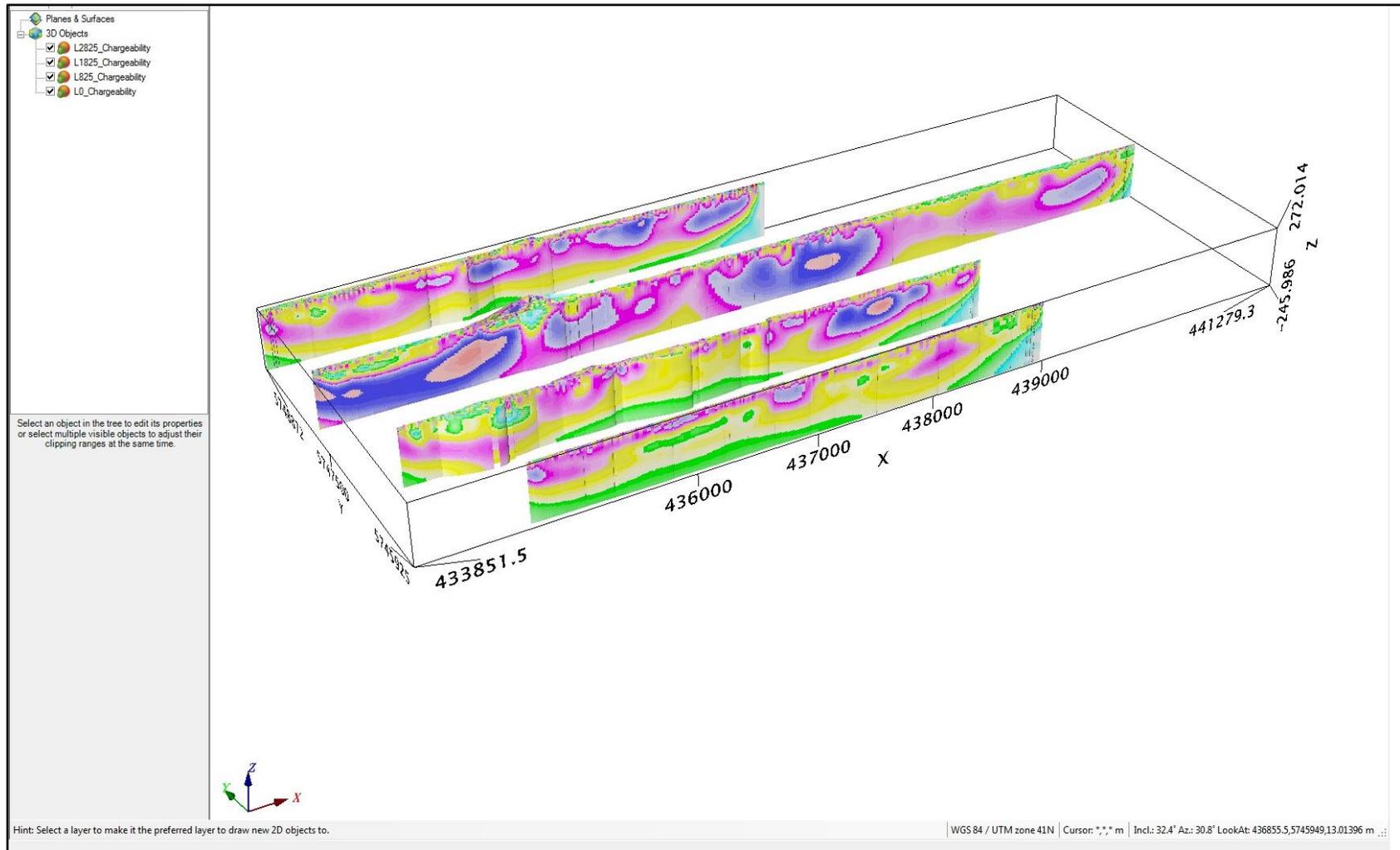


Рисунок В.1 – Карта аномалий поляризуемости по результатам работ 2020 года

## Приложение Г

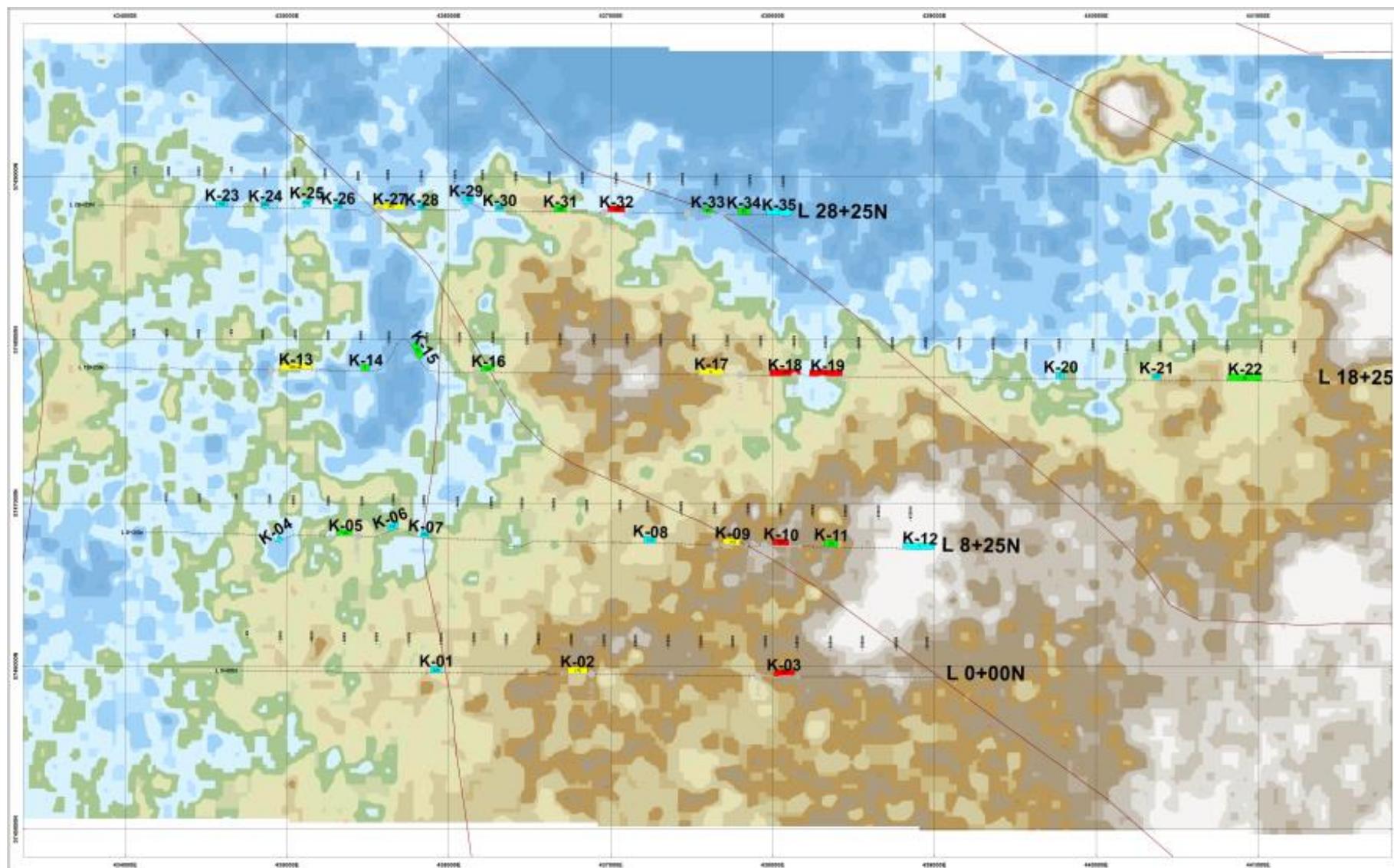
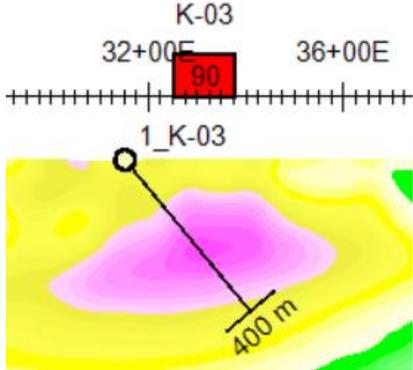
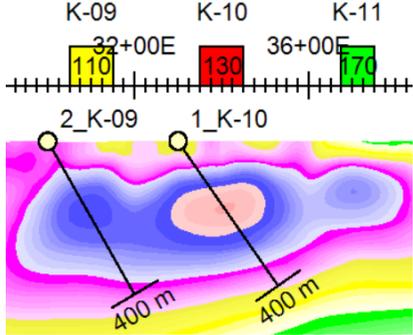


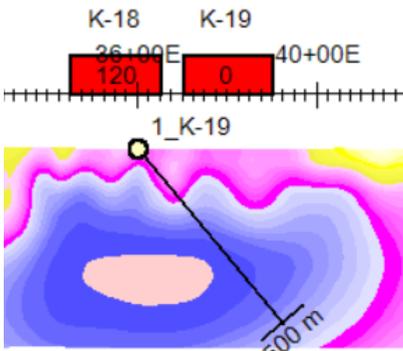
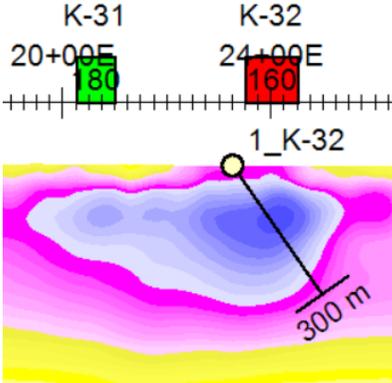
Рисунок Г.1 – Топография (SRTM1 Казахстан) с геофизической интерпретацией

## Приложение Д

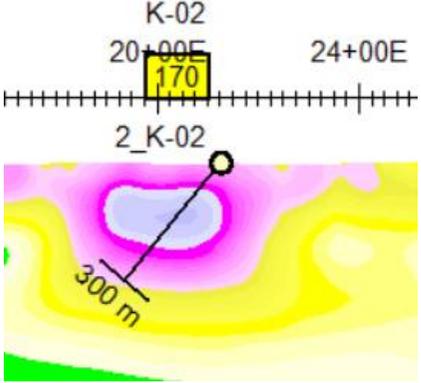
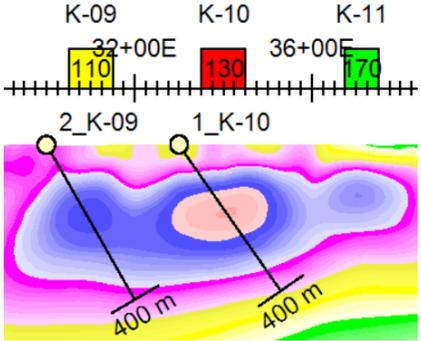
Таблица Д.1 – Объекты бурения OreVision

Объект (Приоритет ные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
<b>1_K-03</b>	К-03 является слабо поляризуемой (10 мВ/В) зоной на краях углубляющегося более сопротивляемого тела. Он расположен на умеренной глубине и может состоять из нескольких более мелких тел. Это умеренный объект Индекса Золота, но из-за ее возможной взаимосвязи с гораздо более сильными аномалиями К-10, К-18 и К-19, он имеет первый приоритет.	0+00N	33+5 0E	31+50E	90	50	 <p style="text-align: center;"><u>Разрез поляризуемости</u></p>
<b>1_K-10</b>	К-10 является частью широкой аномальной зоны, включающей К-09 и К-11. К-10 является одной из наиболее поляризуемым объектом на всех исследованных профилях (~ 30 мВ/В). Расположенный в более сопротивляемой зоне, он является отличной целью Индекса Золота и, по-видимому, является частью сопротивляемого и поляризуемого тела NNE.	8+25N	34+0 0E	33+00E	90	55	 <p style="text-align: center;"><u>Разрез поляризуемости</u></p>

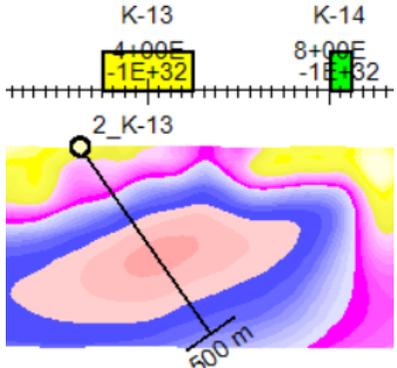
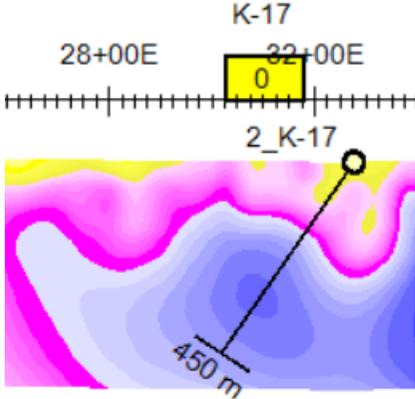
Продолжение таблицы Д.1

Объект (Приоритетные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
1_K-19	К-19 - один из самых глубоких объектов на участке. Плохо определен в инверсии; близлежащий и более мелкий К-18 влияет на результирующую форму. Таким образом, устье тесно связано с псевдоразрезом. Эта аномалия находится на краю немного более сопротивляемого тела и представляется хорошей целью Индекса Золота. Это является частью возможного сопротивляемого и поляризуемого тренда NNE.	18+25 N	38+2 5E	36+00E	90	50	 <p>Разрез поляризуемости</p>
1_K-32	К-32 - сравнительно мелкий объект; однако, он расположен в самой сопротивляемой части всех исследованных профилей и близко к соединению между поверхностным сопротивляемым телом и более глубоким сопротивляемым телом. Это хорошая цель Индекса Золота и хорошо решена в рамках псевдоразреза.	28+25 N	24+0 0E	23+25E	90	55	 <p>Разрез поляризуемости</p>

Продолжение таблицы Д.1

Объект (Приоритетные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
2_К-02	К-02 - это мелкая, слабо или умеренно поляризуемый объект, расположенный в мелкой части слабо сопротивляемого тела. Это хорошая цель Индекса Золота, однако из-за своей малой глубины ему присвоен второй приоритет по сравнению с более слабым и глубоким К-03 на том же профиле.	0+00N	20+5 0E	21+25E	270	50	 <p>Разрез поляризуемости</p>
2_К-09	К-09 очень похож на К-10. Однако это менее широкая и более слабый поляризуемый объект. Поэтому он оценивается как второй приоритет на этой профиле.	8+25N	31+0 0E	30+00E	90	60	 <p>Разрез поляризуемости</p>

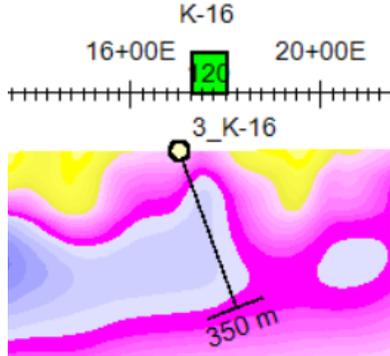
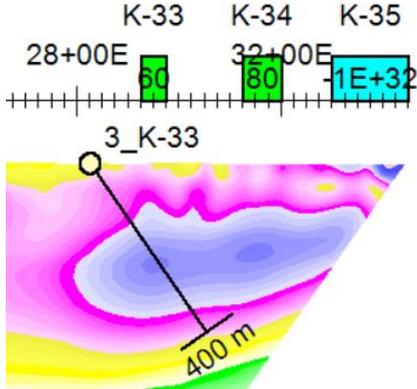
Продолжение таблицы Д.1

Объект (Приоритетные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
2_К-13	К-13 — это широкая, плохо очерченный объект. Несмотря на то, что он имеет один из самых высоких значений поляризуемости во всех 4 профилях, он находится в непрерывной зоне с низким удельным сопротивлением. Это все еще хорошая цель Индекса Золота и поэтому оценивается вторым приоритетом.	18+25N	4+00E	2+50E	90	55	 <p>Разрез поляризуемости</p>
2_К-17	К-17 находится на периферии более сильно поляризуемых аномалий К-18 и К-19. Это одна из самых глубоких и четко определенным объектом. Он расположен в самой сопротивляемой части разреза и как таковой имеет ярко выраженную аномалию Индекса Золота.	18+25N	31+00E	32+75E	270	55	 <p>Разрез поляризуемости</p>

Продолжение таблицы Д.1

Объект (Приоритетные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
2_K-27	К-27 только хорошо определен в псевдоразрезе, но представляет относительно сильную мелкую аномалию. Из-за его местоположения близко к вершине небольшого повышения удельного сопротивления, это кажется многообещающим объектом.	28+25 N	10+00E	9+50E	90	50	<p>Разрез поляризуемости</p>
3_K-05	Этот объект довольно хорошо определен в псевдоразрезе и представляет умеренно поляризованную аномалию. Тем не менее, в инверсии обнаруженная аномалия является плохо определенной и не так легко определится. Он расположен в пределах небольшого повышения удельного сопротивления. Этот объект имеет третий приоритет.	8+25N	7+00E	7+75E	270	60	<p>Разрез поляризуемости</p>

Продолжение таблицы Д.1

Объект (Приоритетные аномалии)	Тип / Интересующий объект	Координаты объектов бурения		Рекомендуемые скважины			Объект визуально
		у	х	х	Азимут	Угол	
3_К-16	В псевдоразрезе эта аномалия является узкой, умеренно поляризуемой и четко определенной. К-15 кажется лучшим объектом в инверсии, однако псевдоразрез показывает, что К-15 плохо определен. Кроме того, К-16 находится в зоне повышенного удельного сопротивления. К-16 имеет третий приоритет.	18+25 N	17+75E	17+0 0E	90	70	 <p>Разрез поляризуемости</p>
3_К-33	К-33 является частью широкой, плохо определенной, умеренно поляризуемой аномалией, которая появляется в вертикальном разрезе в виде ряда отдельных тел. Он находится в наиболее резистивной части разреза, однако, поскольку эта аномалия находится близко к краю профиля исследования, она оценивается как третий приоритет.	28+25 N	29+50E	28+2 5E	90	55	 <p>Разрез поляризуемости</p>

## Приложение Е

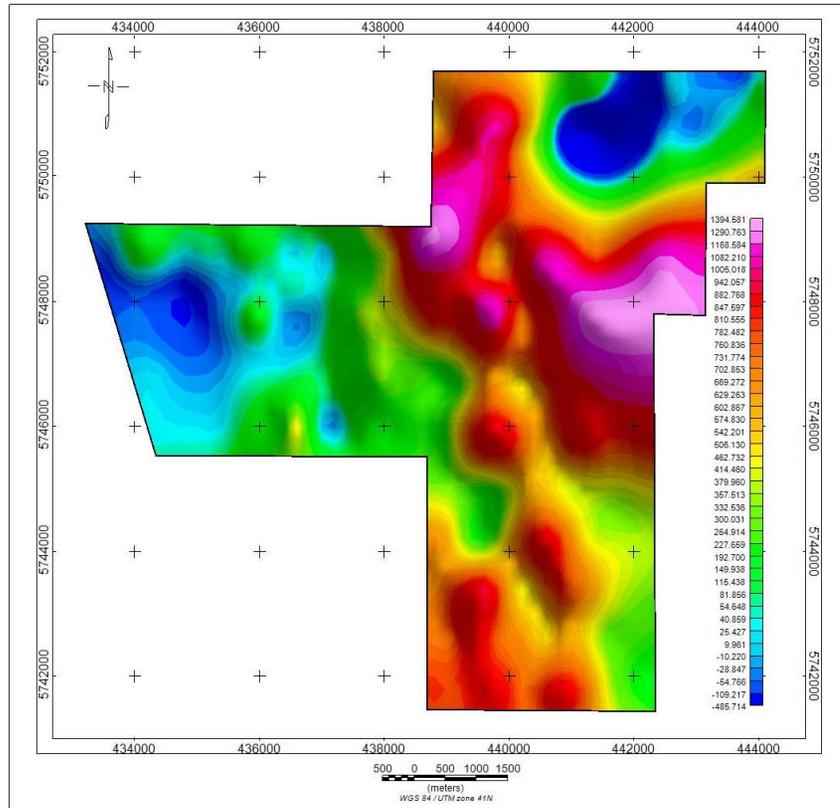


Рисунок Е.1 – Карта аномального магнитного поля.  
Данные магнитного поля по результатам 2019 и  
2020 г.

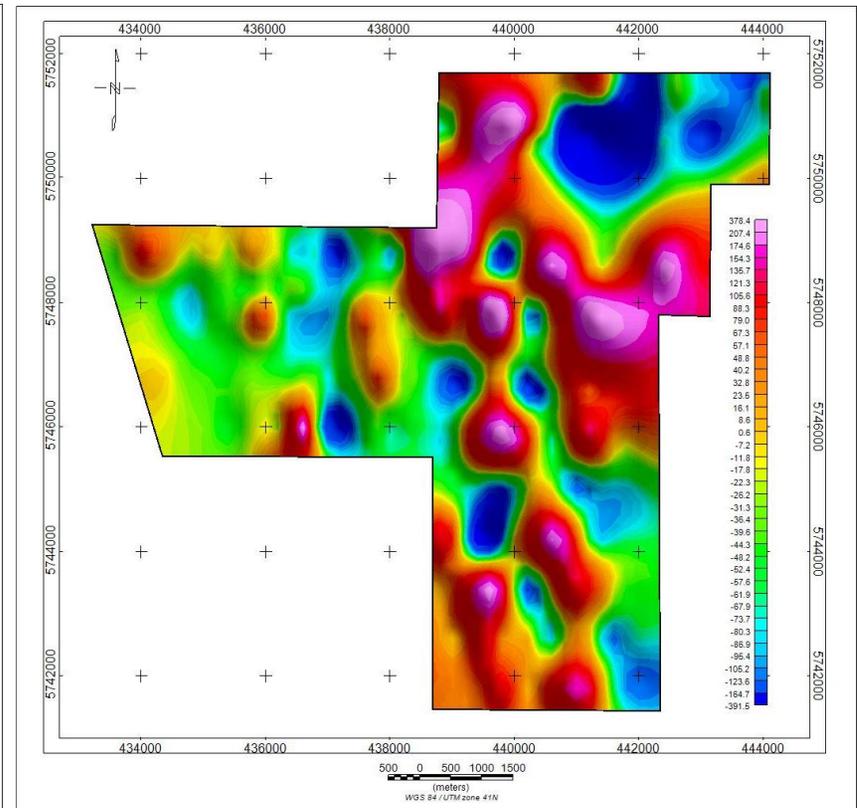


Рисунок Е.2 – Карта локальной составляющей  
аномального магнитного поля Данные МП по  
результатам 2019 и 2020 г.

## Продолжение приложения Е

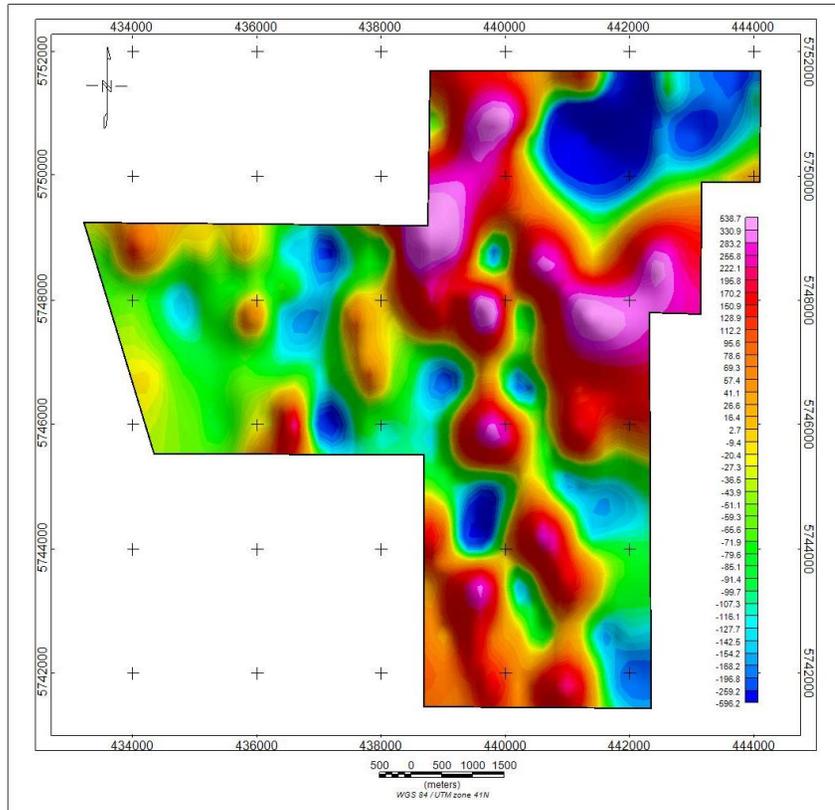


Рисунок Е.3 – Карта локальной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 500 м). Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

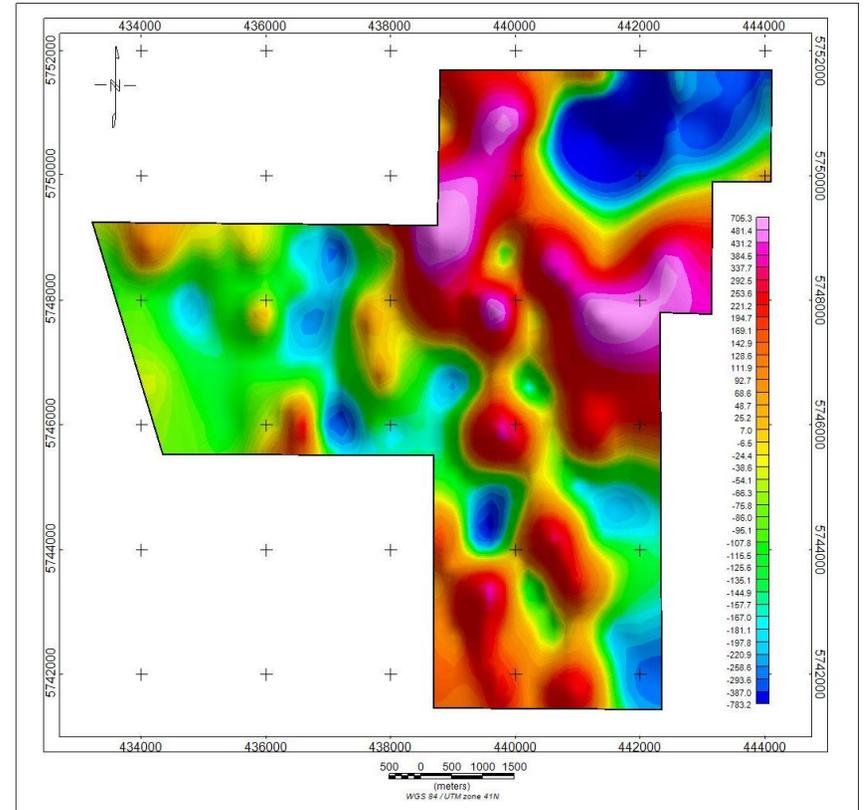


Рисунок Е.4 – Карта локальной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 1000 м). Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

## Продолжение приложения Е

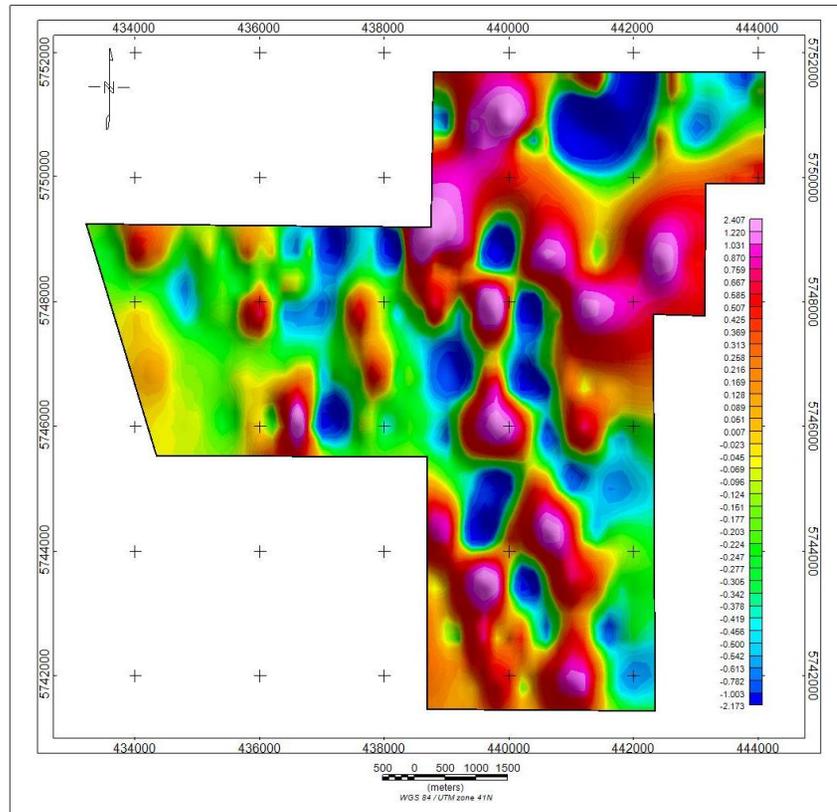


Рисунок Е.5 – Карта вертикальной производной аномального магнитного поля Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

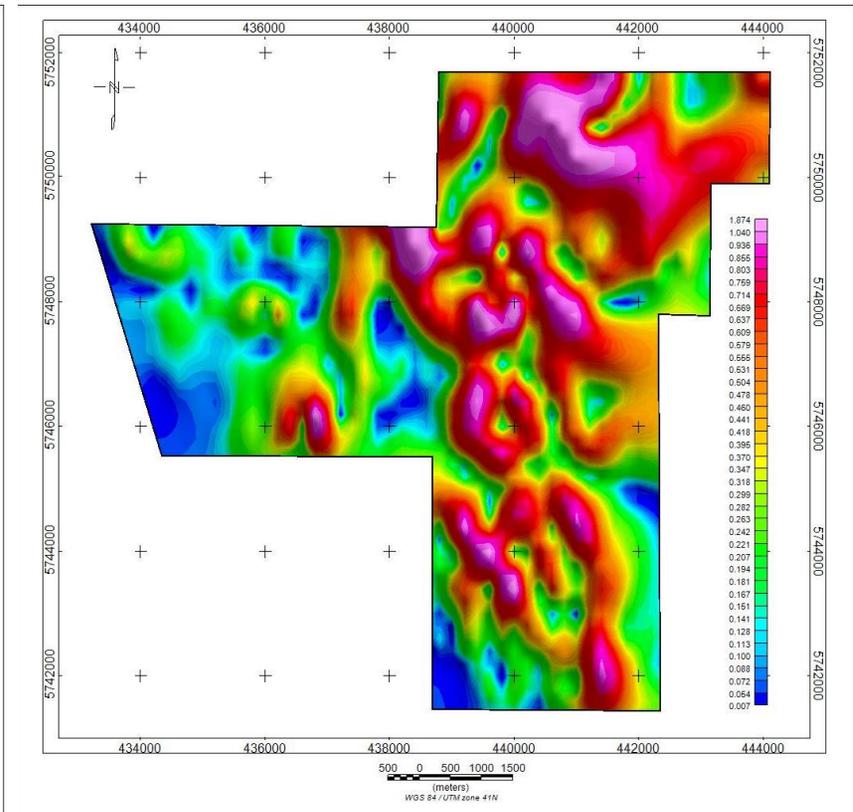


Рисунок Е.6 – Карта модуля полной горизонтальной производной аномального магнитного поля. Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

## Продолжение приложения Е

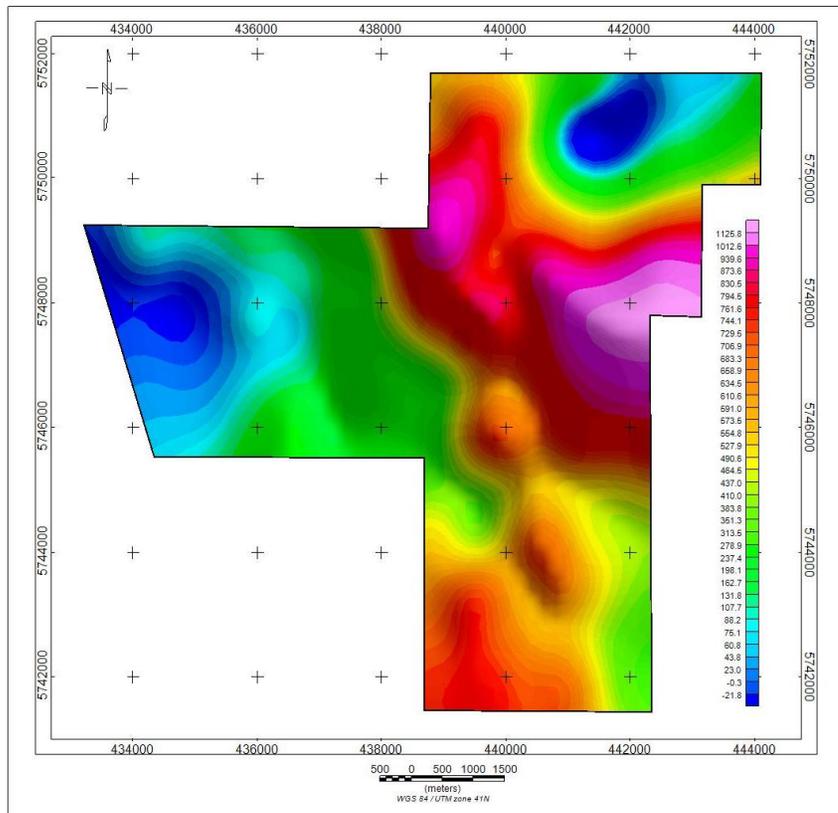


Рисунок Е.7 – Карта региональной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 250 м). Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

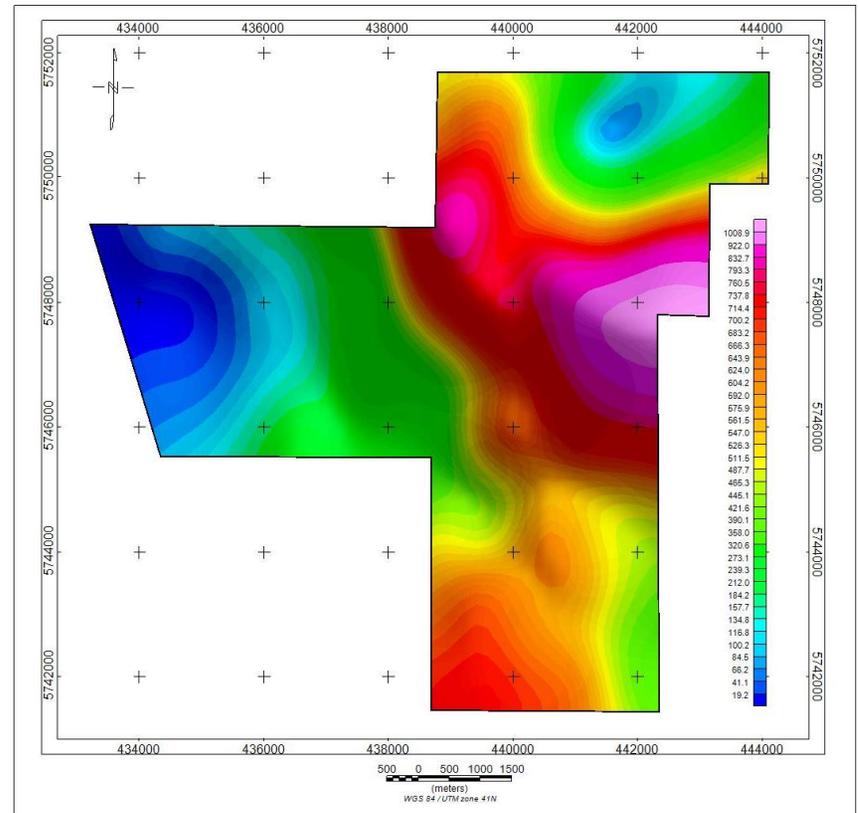


Рисунок Е.8 – Карта региональной составляющей аномального магнитного поля (Высота пересчёта 500 м). Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

## Продолжение приложения Е

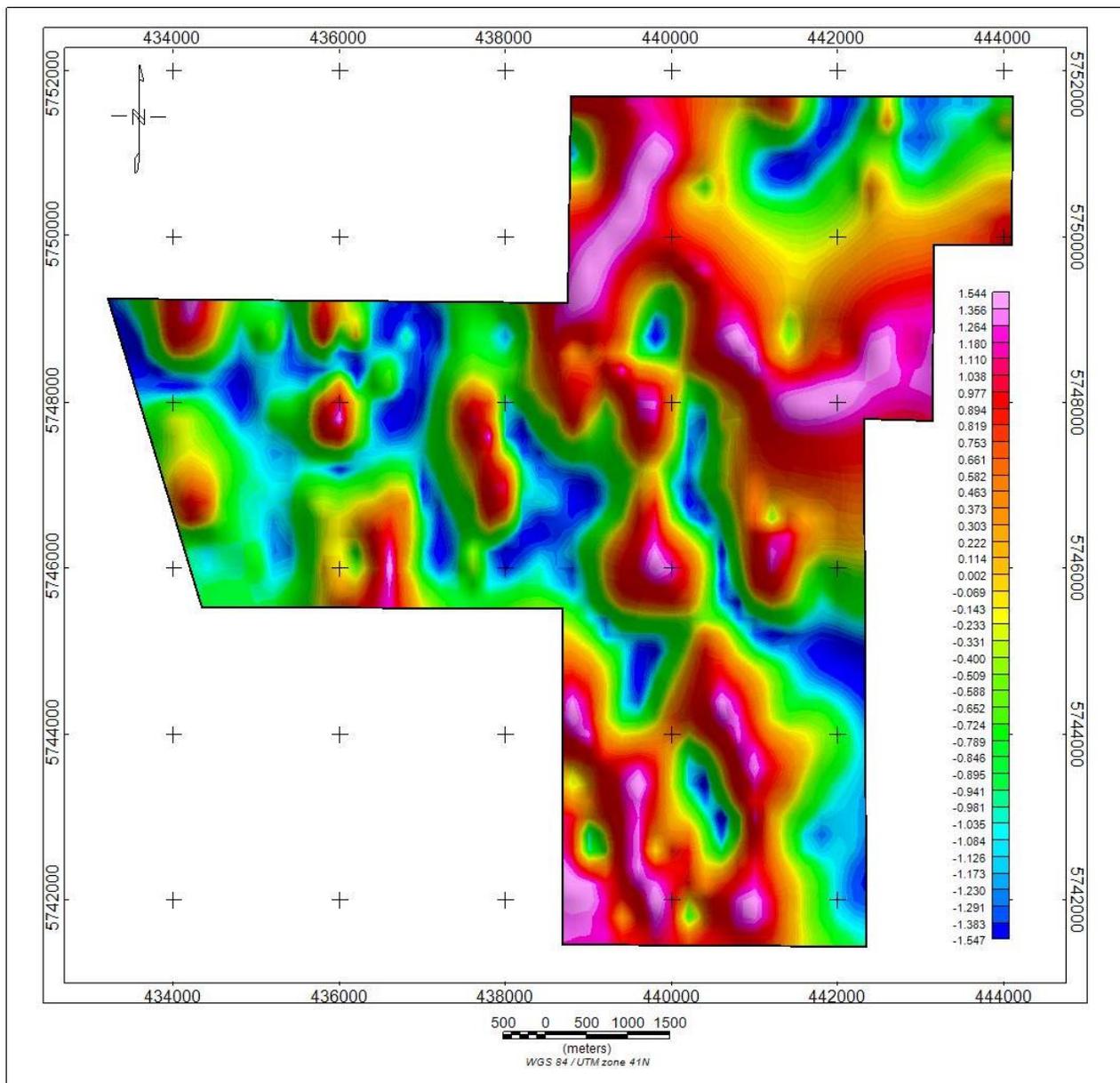


Рисунок Е.9 – Карта аномалий АМП различного направления. Данные МП по результатам 2019 и 2020 г.

## Приложение Ж

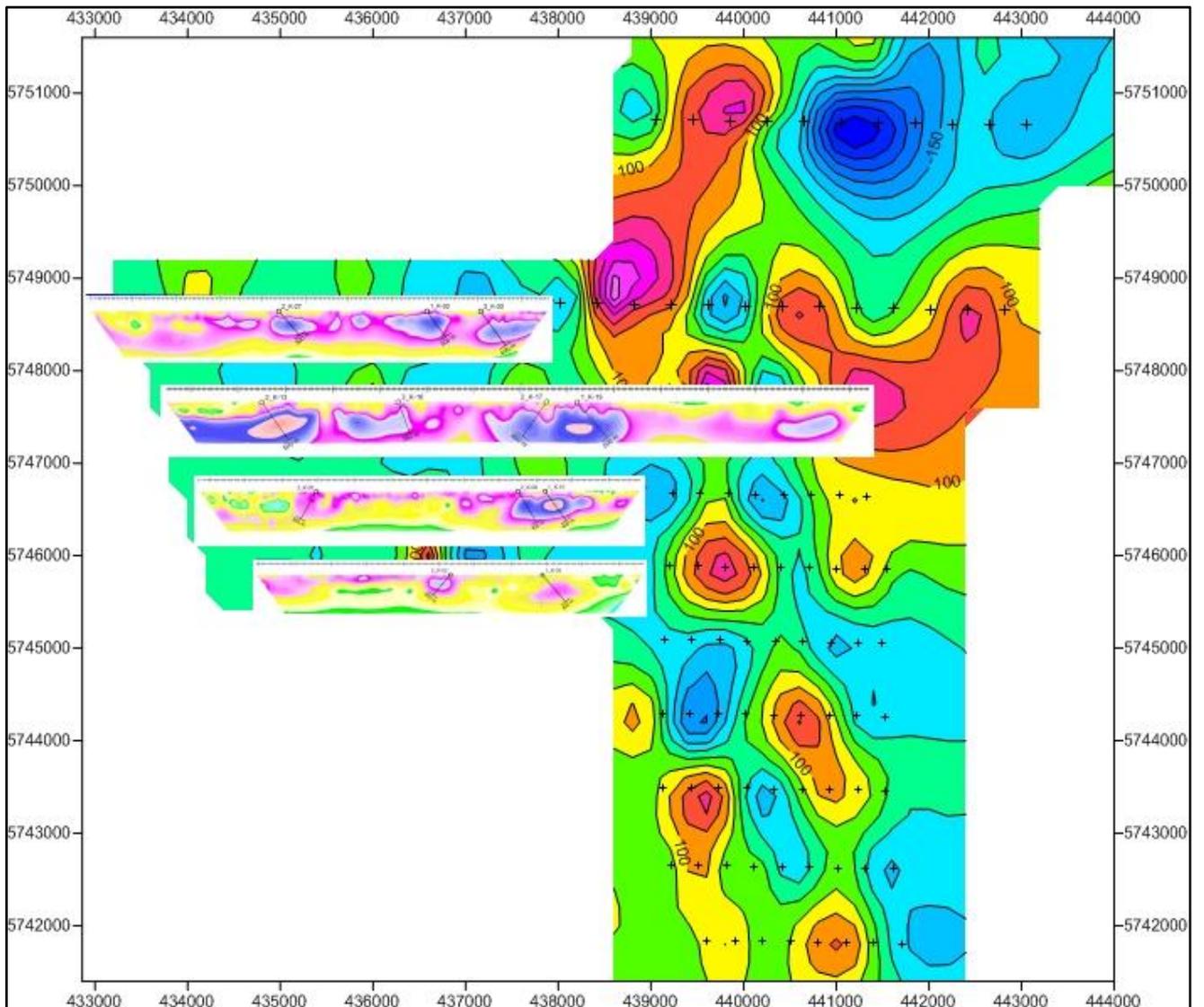


Рисунок Ж.1 – Карта локальных аномалий магнитного поля и результаты качественной интерпретации по участку

## Продолжение приложения Ж

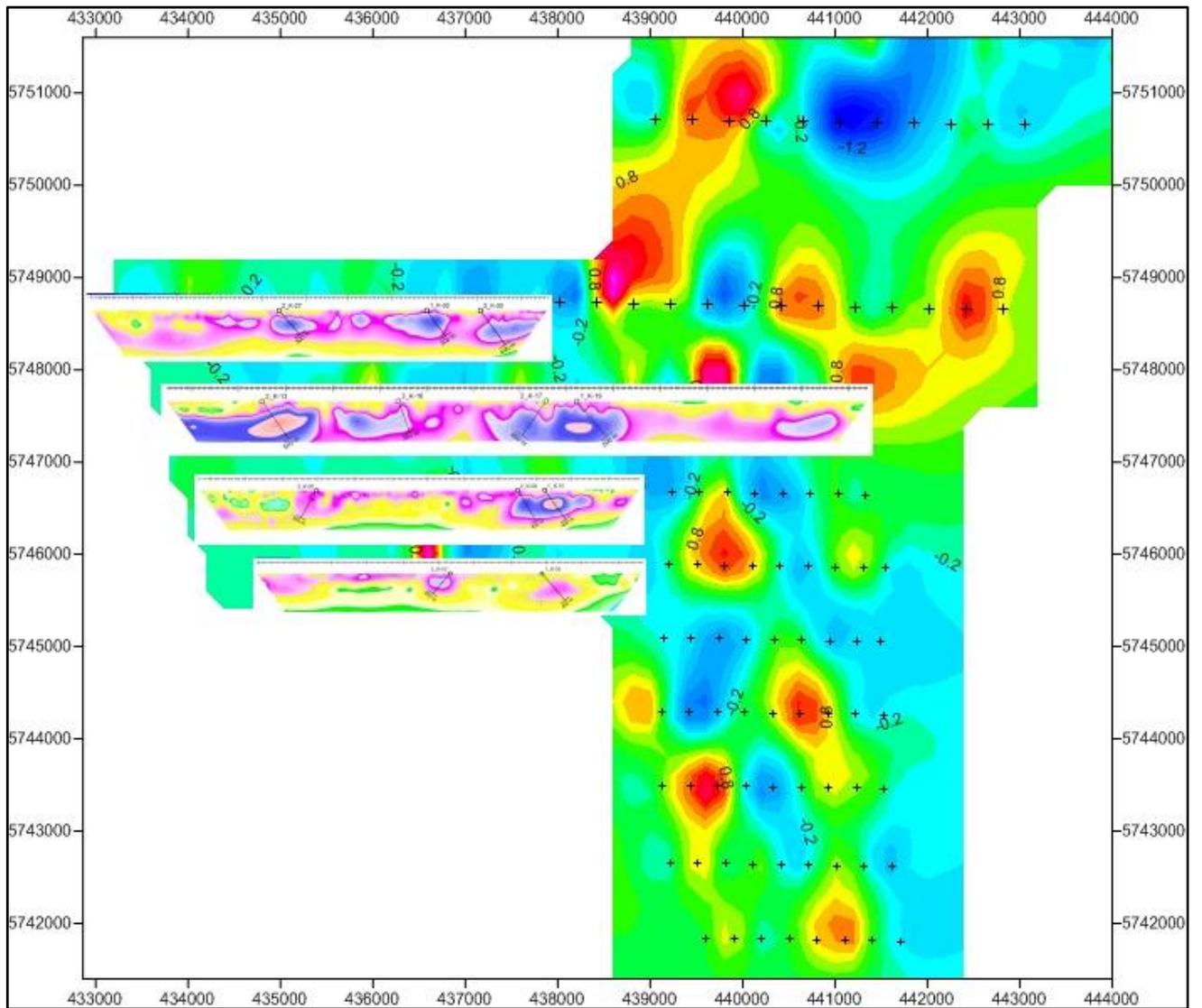


Рисунок Ж.2 – Карта вертикального градиента и результаты качественной интерпретации по участку

## Продолжение приложения Ж

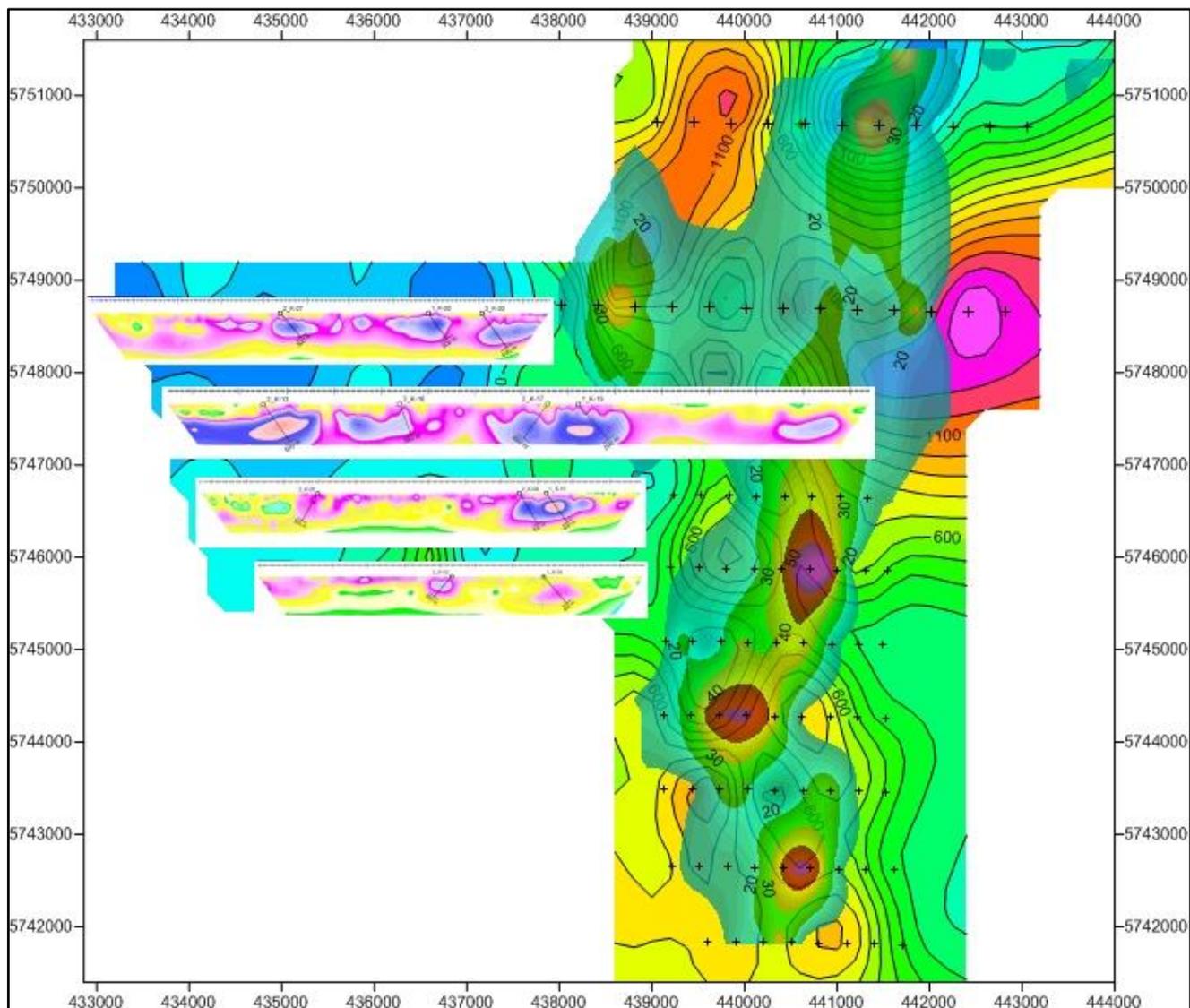


Рисунок Ж.3 – Карта аномального МП и результаты качественной интерпретации по участку

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков К.В. Магниторазведка: Учебное пособие. Часть 1. – Москва.: 2013 г.
2. Курскеев А. К. Справочник физических свойств горных пород Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1983. — 288 с.
3. Доброхотова И. А., Новиков К. В. Электроразведка. Учебное пособие. Москва: РГГРУ, 2009 г.
4. Хмелевской В. К. Геофизические методы исследования земной коры. Книга 1. Международный университет природы, общества и человека "Дубна", Дубна, 1999 г., 203 стр.
5. Жданов М.С. Электроразведка. Учебник для вузов. Недра, Москва, 1986 г., 316 стр.
6. Матвеев Б. К. Электроразведка. Учебник для вузов. – 2-е издание, перераб. и доп. – Недра, Москва, 1990 – 368 с.
7. Хасанов Д.И., Введение в электроразведку: пособие для самостоятельного изучения для слушателей курсов повышения квалификации специальности «Геофизика». – Казань: Казанский государственный университет, 2009. – 75 с.



## Метаданные

Название

**Выделение участков полиметаллических орудений в южной части Валерьяновской структурно-фациальной зоны Торгая по данным магнитной и электрической разведки**

Автор

**Мендыбаев Темирлан Байдулович**

Научный руководитель

**Абиш Шарапатов**

Подразделение

**ИГНиГД**

## Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		10
Интервалы		0
Микропробелы		1
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		69

## Объем найденных подобиий

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

**9282**

Количество слов



КЦ

**71501**

Количество символов

## Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	<a href="https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html">https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html</a>	102	1.10 %
2	<a href="http://geoget.ru/content/view/100/232/">http://geoget.ru/content/view/100/232/</a>	85	0.92 %
3	<a href="http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html">http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html</a>	79	0.85 %
4	<a href="https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html">https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html</a>	71	0.76 %
5	<b>Современная методика проведения опережающей аэрогеофизики на золоторулных месторождениях Северного Казахстана.doc</b> Бабашева Шырынгүль 5/18/2018 Satbayev University (ИГНиГД)	58	0.62 %

6	<a href="http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html">http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html</a>	55	0.59 %
7	<a href="http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf">http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf</a>	42	0.45 %
8	<a href="http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf">http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf</a>	35	0.38 %
9	<a href="http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf">http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf</a>	32	0.34 %
10	<b>Комплексные геофизические исследования при изучении глубинного геологического строения Сарыадырского рудного узла Спасской меднорудной зоны.docx</b> Тулеугалиев Замир <b>5/16/2018</b> Satbayev University (ИГНиГД)	32	0.34 %

#### из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из домашней базы данных (4.93 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<b>Современная методика проведения опережающей аэрогеофизики на золоторудных месторождениях Северного Казахстана.doc</b> Бабашева Шырынгуль <b>5/18/2018</b> Satbayev University (ИГНиГД)	295 (20) 3.18 %
2	<b>«Мониторинг чувствительности к антибактериальным препаратам бактерии Pseudomonas aeruginosa»</b> Ахметова Айым Берікқызы <b>5/6/2019</b> Satbayev University (ИХиБТ)	115 (10) 1.24 %
3	<b>Комплексные геофизические исследования при изучении глубинного геологического строения Сарыадырского рудного узла Спасской меднорудной зоны.docx</b> Тулеугалиев Замир <b>5/16/2018</b> Satbayev University (ИГНиГД)	37 (2) 0.40 %
4	<b>Система оценки эффективности деятельности персонала в организации</b> Куралбаев Ж.Н. <b>10/28/2017</b> Satbayev University (И_ЭиБ)	11 (2) 0.12 %

#### из программы обмена базами данных (0.22 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<b>Проект на разведку медно-порфирового месторождения «Красноармейское»</b> Марданман М.М. 14-ГРК-1 <b>5/14/2018</b> D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (ОПМУП)	11 (1) 0.12 %
2	<b>«8-ое марта» Игровой фильм по оригинальному сценарию</b> Әлімжан Бауржанұлы <b>5/14/2020</b> Turan University (TU) (Факультет «академия кино и телевидения»)	9 (1) 0.10 %

#### из интернета (7.83 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<a href="https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html">https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b2bc79a4d53a89421306c27_0.html</a>	183 (3) 1.97 %

2	<a href="http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html">http://www.newreferat.com/ref-28998-2.html</a>	154 (4)	1.66 %
3	<a href="http://geoget.ru/content/view/100/232/">http://geoget.ru/content/view/100/232/</a>	130 (4)	1.40 %
4	<a href="http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf">http://geoget.ru/images/stories/GSM-19W.pdf</a>	109 (3)	1.17 %
5	<a href="https://www.myslenedrevo.com.ua/ru/Sci/Archeology/Archeometry/Methods/ComplexMagnetometry/Gradients.html">https://www.myslenedrevo.com.ua/ru/Sci/Archeology/Archeometry/Methods/ComplexMagnetometry/Gradients.html</a>	81 (6)	0.87 %
6	<a href="https://xn--b1algemdcxb.xn--p1ai/wd/%D1%82%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0">https://xn--b1algemdcxb.xn--p1ai/wd/%D1%82%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0</a>	33 (2)	0.36 %
7	<a href="https://siger-online.ru/magnitnaja-postojannaja-edinicy-izmerenija/">https://siger-online.ru/magnitnaja-postojannaja-edinicy-izmerenija/</a>	26 (2)	0.28 %
8	<a href="http://yseslova.com.ua/word/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F-69683">http://yseslova.com.ua/word/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F-69683</a>	11 (1)	0.12 %

### Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---