

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

Максутов Бахтияр Именжанович

Геофизические работы методом дипольного зондирования в модификации
OreVision и высокоточной магниторазведки на месторождении Бозшаколь в
Павлодарской области

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5B070600 – «Геология и разведка месторождений полезных
ископаемых»

Алматы 2020

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 геолого –
минералогических наук,

профессор

Абетов. А. Е.

“ ”

2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

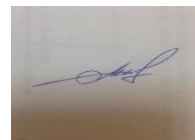
На тему: “Геофизические работы методом дипольного зондирования в
модификации OreVision и высокоточной магниторазведки на месторождении
Бозшаколь в Павлодарской области”

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

Выполнил

Максутов Бахтияр

Научный руководитель



Джукебаев М.И.

“ ”

2020г.

Алматы 2020

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

5В070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Геофизики доктор геолого –
минералогических наук,
профессор

Абетов. А. Е. 
“ _____ ” _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнение дипломной работы

Обучающимся Максutow Б.И.

Тема: “Геофизические работы методом дипольного зондирования в
модификации OreVision и высокоточной магниторазведки на месторождении
Бозшаколь в Павлодарской области”

Утверждена приказом Ректора Университета № 762-б от “27” января 2020 г.

Сроки сдачи законченной работы “01” июня 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе были отобраны во время прохождения
преддипломной практики.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) геологическое строение месторождения (геолого-геофизическая изученность
и характеристика месторождения, тектоника, стратиграфия);
- б) методика проведения электроразведки и магниторазведки (аппаратура);
- в) обработка данных по комплексным работам;

Перечень графического материала: представлены 18 слайдов презентации
работы.

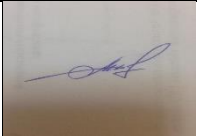
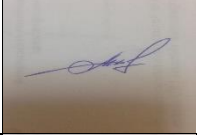
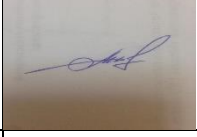
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

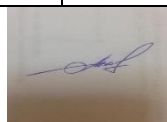
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геологическое строение месторождения	03.11.2019 – 08.11.2019	выполнил
Методика проведения электроразведки	16.01.2020 – 25.01.2020	выполнил
Методика проведения магниторазведки	04.02.2020 – 18.03.2020	выполнил
Обработка данных по комплексным работам	03.04.2020 – 2.05.2020	выполнил

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геологическое строение месторождения	Джукебаев М.И.	16.11.2019	
Методика проведения электроразведки и магниторазведки	Джукебаев М.И.	04.02.2020	
Обработка данных по комплексным работам	Джукебаев М.И.	03.04.2020	
Нормоконтролер	М.М.Алиакбар Тьютор	02.05.2020	

Научный руководитель



Джукебаев М.И.

Задание принял к исполнению обучающиеся



Максutow Б.И.

Дата

“ ” 2020 г.

АНДАТПА

дипломдық жұмысқа “ OreVision модификациясың қолдану арқылы дипольдық зондтау, және дәлдігі жоғары магниттік барлау әдістерімен Бозшакөл кен орнында геофизикалық жұмыстар жүргізіу ”

Жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады

Дипломдық жұмыс Павлодар облысындағы Бозшакөл кен орнында жүргізілген OreVision жаңа технологиясын пайдалана отырып, электрлік және магниттік зерттеу нәтижелерімен танысуға арналған. Бұл ТМД елдеріндегі ең ірі тау-кен жобасы, ол өз кезегінде порфирлі мыс кен орнын одан әрі игерудің және одан әрі игерудің маңыздылығын атап өтеді.

Кіріспе зерттеудің өзектілігін қарастырады, кешенді жұмыстың мақсаты мен міндеттерін белгілейді. Сонымен қатар жұмыстың практикалық маңыздылығы айтылады.

Негізгі бөлімде аумақтың географиялық сипаттамасы берілген. Полигонның геологиялық құрылымы тектоника мен стратиграфиялық мәліметтерге негізделген. Жұмыстың әдістері, зерттеу жабдықтары көрсетілген. Геофизикалық жұмыстардың нәтижелері жан-жақты қарастырылады.

Қорытындылай келе, орындалған жұмыстардың тізімі және кен орнын одан әрі дамыту бойынша ұсыныстар берілген

АННОТАЦИЯ

к дипломной работе “Геофизические работы методом дипольного зондирования в модификации OreVision и высокоточной магниторазведки на месторождении Бозшаколь в Павлодарской области”

Работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы

Данная дипломная работа посвящена ознакомлению с результатами электроразведочных и магниторазведочных работ, при помощи проведения новейшей технологии “OreVision”, проведенных на месторождении Бозшаколь в Павлодарской области. Является крупнейшим горнорудным проектом в странах СНГ, что свою очередь подчеркивает важность более детальных разведочных работ и дальнейшую разработку медно-порфирового месторождения

Во введение рассмотрена актуальность исследований, поставлены цели и задачи комплексных работ. Также, упомянута практическая значимость работы

В основной части дается географическая характеристика данного района. Описывается геологическое строение месторождения, опираясь на тектонику и на стратиграфические данные участка. Указаны методы проведения работ, аппаратура исследований. Детально рассматриваются обработка и результаты геофизических работ

В заключение предоставлен список проведенных работ а также рекомендация по дальнейшим разработкам месторождения

ABSTRACT

to graduating work “ Geophysical work using dipole sensing method in the modification of OreVision and high-precision magnetic exploration at the Bozshakol field in the Pavlodar region ”

This work consists of introduction, 4 chapters, conclusion and list of references

This graduating work is devoted to acquaintance with the results of electrical exploration and magnetic exploration, using the latest OreVision technology, conducted at the Bozshakol field in Pavlodar region. It is the largest mining project in the CIS countries, which in turn emphasizes the importance of more detailed exploration and further development of the porphyry copper deposit

The introduction examines the relevance of research, sets goals and objectives of integrated work. Also, the practical significance of the work is mentioned

The main part provides a geographical description of the area. The geological structure of the field is described, based on tectonics and stratigraphic data of the site. Methods of work, research equipment are indicated. The processing and results of geophysical work are examined in detail.

In conclusion, a list of work performed and a recommendation for further development of the field are provided.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1. Общие сведения о районе работ	10
1.1 Месторасположение проекта и инфраструктура.....	10
1.2. Климатические условия района.	10
1.3 Геологическое строение месторождения	11
2 Геофизические работы.....	21
2.1 Аппаратура, методика и техника	21
2.1.1 Электроразведочная аппаратура.....	21
2.1.2 Магниторазведочная аппаратура.....	29
2.2 Обработка электроразведочных данных	31
2.3 Обработка магниторазведочных данных	36
3. Результаты геофизических работ	37
3.1 Результаты электроразведочных работ	37
3.2 Результаты магниторазведочных работ	42
4 Рекомендации.....	43
Заключение	43
Список использованной литературы.....	44

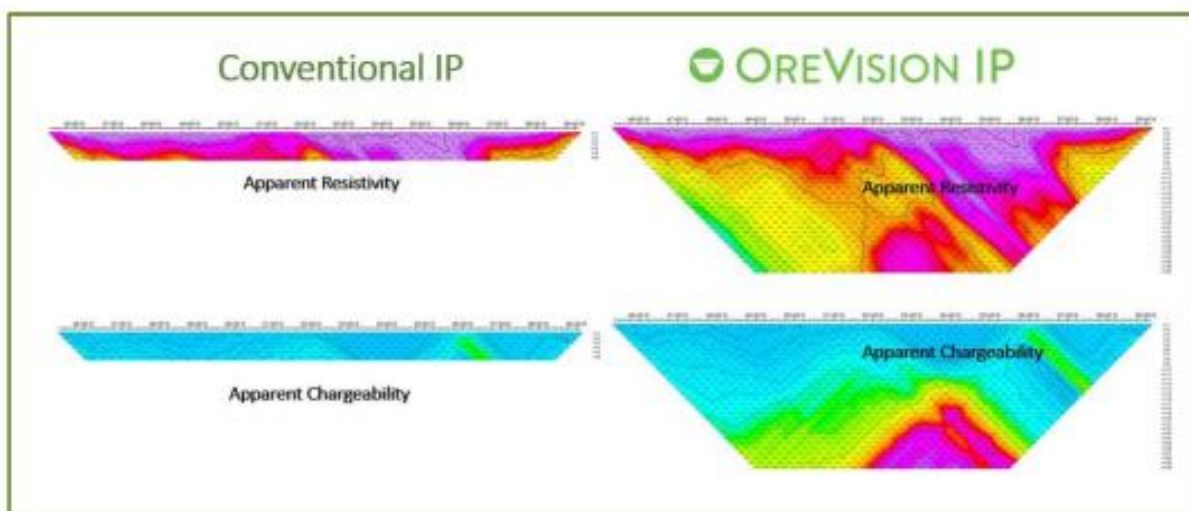
ВВЕДЕНИЕ

Летом прошлого года полевой отряд ТОО «Nomad Geo Service» провел геофизические работы методом дипольного зондирования в модификации Orevision и высокоточной магниторазведки. Согласно технической спецификации проведены электроразведочные работы общим объемом 40 пог. км и магниторазведочные исследования объемом 362,6 пог. км. Работы проводились в профильном варианте на территории месторождения Бозшаколь .

Цель: Проведение комплексных геолого-геофизических исследований для разведки медно-порфирового месторождения

Задачи: Проведение современных методов электроразведки и магниторазведки. Обработка и создание моделей геофизических данных

Актуальность: Ежегодно количество модификации методов геофизики стремительно растет вверх. Одной из новейшей модификации является OreVision. Обладает рядом преимуществ;



- 1) OreVision может определить рудные тела на большой глубине, либо перекрываемое другим телом.
- 2) Традиционный ВП метод позволяет выделить верхнюю границу тела на глубине 50 м. Метод OreVision позволяет выделить все границы тела без ущерба разрешающей способности.

1 Общие сведения о районе работ

1.1 Месторасположение проекта и инфраструктур

Месторождение Бозшаколь расположено в 75 км северо-западнее г. Экибастуз (Рис 1), близ п. Торткудук.

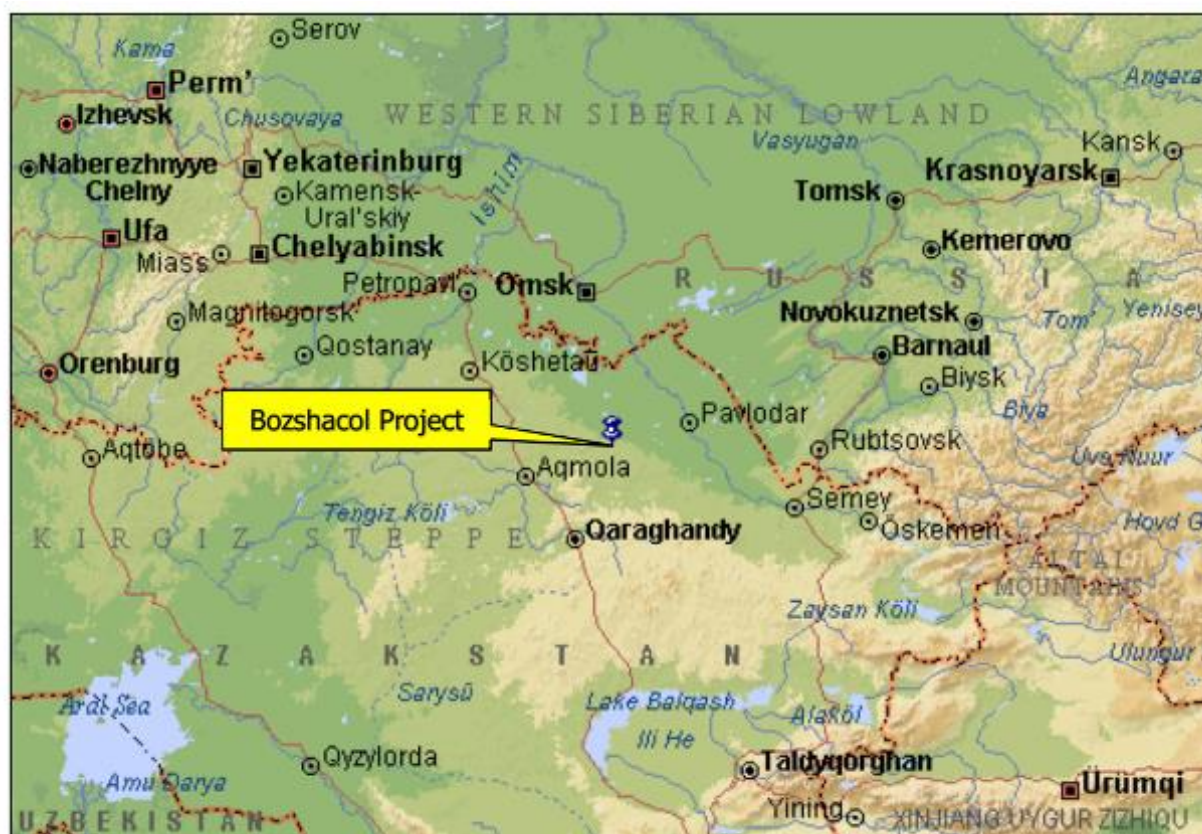


Рисунок 1 – Месторасположение участка работ

1.2. Климатические условия района

Климат резко континентальный, засушливый. Диапазон среднегодовых температур от -2,7 до +0,7 градусов, минимальная температура в январе-феврале -39, максимальная в июле +40 градусов. Толщина снежного покрова (ноябрь-март) достигает 30-40 см, среднегодовое количество осадков: 200-270 мм.

1.3 Геологическое строение месторождения

Бозшакольское медно-порфировое месторождение расположено в пределах горст антиклинальной структуры, сложенной вулканитами кембрия, инъецированными плагиогранит-порфирами габбро-плагиогранит-сиенитового комплекса. Вулканогенные и интрузивные породы на юге перекрываются флишево-гравуакковой пострудной толщей ордовика.

Месторождение Бозшаколь представлено крупным линейным штокверком сложной формы, неоднородного строения, с неравномерным распространением меди. По размерам рудных тел и другим особенностям геологического строения оно, в соответствии с классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, относится ко второй группе месторождений.

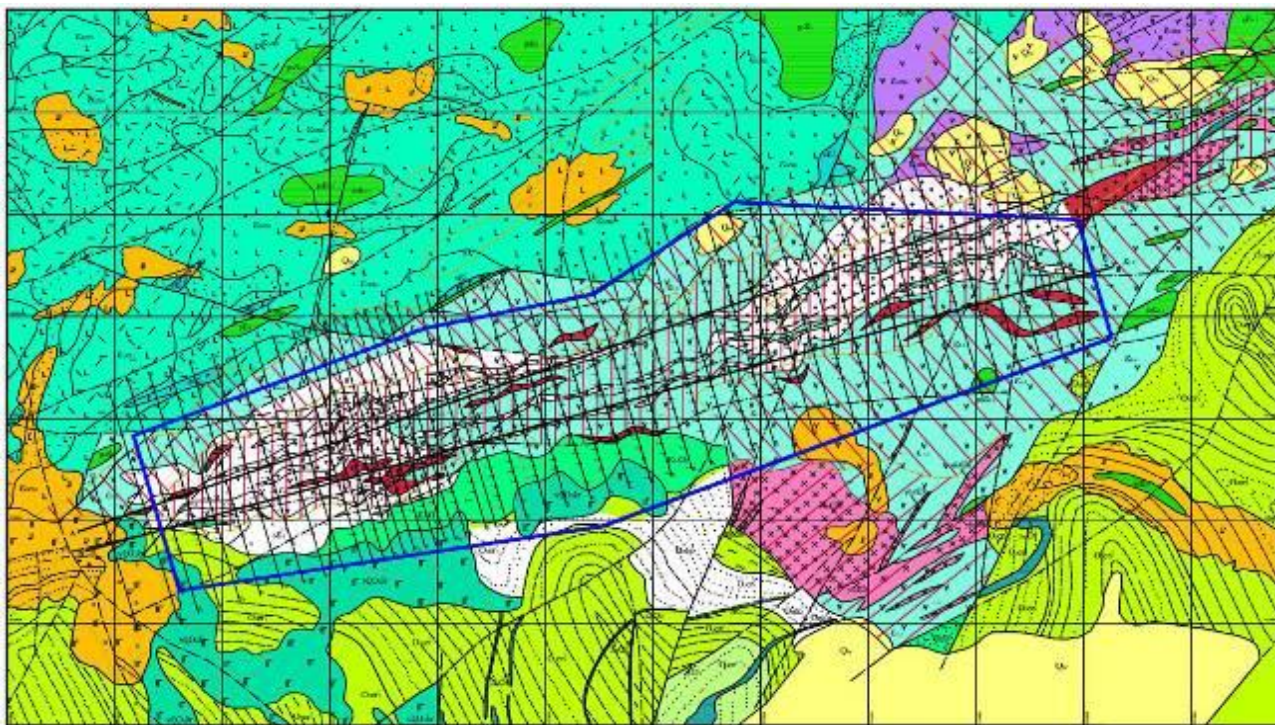


Рисунок 2 – Геологическая карта района работ

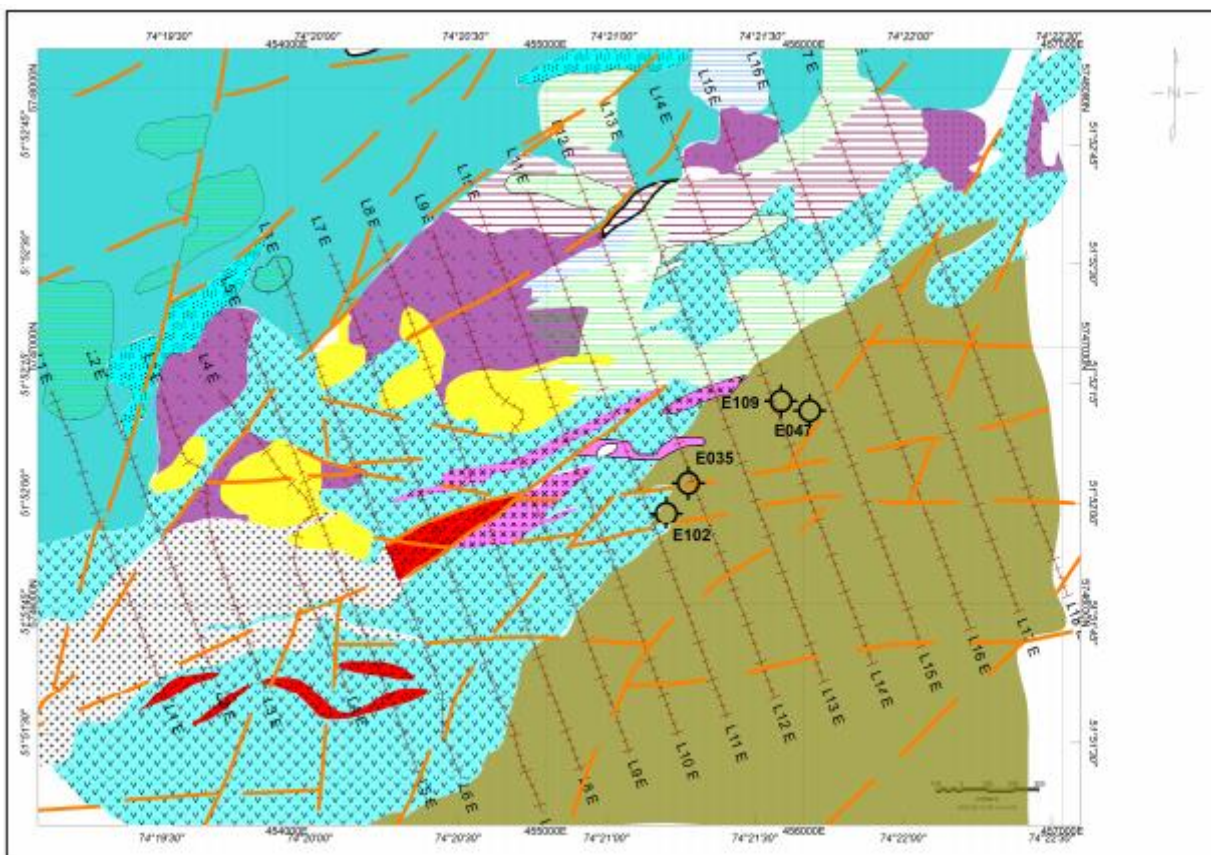


Рисунок 3 – Детальная геологическая карта медно-порфирового месторождения Бозшаколь

Стратиграфия

В геологическом строении Бозшакольского рудного поля участвуют породы кембрийской, ордовикской, палеогеновой и четвертичной систем.

Отложения кембрийской системы широко распространены на рудном поле и составляют мощный островодужный комплекс. В северо-западной и западной части они перекрыты ордовикскими терригенными отложениями коскольской и ащикольской свит, в южной части – отложениями еркебидаикской свиты. Основание кембрийских отложений нигде не обнажаются и глубокими скважинами не вскрыто.

Нижний отдел. Майсорская свита. (ϵ_{1ms})

На месторождении глубокими скважинами вскрывается верхняя часть разреза, представленная преимущественно андезитовыми туфами с прослоями андезитов, туфогенных песчаников и субвулканическими образованиями диабазов, риолитов. Далее к востоку резко увеличивается роль более кислых вулканитов, возрастает количество вулканогенно-осадочных и осадочных образований. Общая мощность свиты превышает 800 м. Возраст ее определяется по перекрытию породами нижне-среднекембрийской божекольской свиты. Нижне-среднекембрийская осадочно-вулканогенная толща залегает на майсорской в целом согласно и

граница между ними проводится по подошве первого горизонта базальтов. Жангабульская свита залегает на майсорской с несогласием..

Образования ниже-среднекембрийского возраста широко распространены на рудном поле, по объему уступая лишь жангабульской и еркебидаикской свитам. Они слагают всю западную часть Бозшакольской антиклинали, а в районе оз. Майсор занимают ее северное и южное крылья и восточную переклираль. Отложения являются рудовмещающими для месторождения Бозшаколь. Они представлены темно-серыми до черных базальтами, андезито-базальтами, их туфами с редкими прослоями туфогенных песчаников и подразделяются на две пачки. Нижняя пачка сложена массивными и миндалекаменными пироксеновыми базальтами и их туфами, верхняя пачка – массивными и миндалекаменными лейкобазальтами и их туфами.

В направлении на восток в строении толщи несколько увеличивается доля туфов вулканогенно-осадочных образований. На крайнем восточном фланге рудного поля ниже-среднекембрийские отложения имеют сравнительно небольшую мощность и являются самыми нижними частями нижней пачки с характерным маркирующим горизонтом «черных песчаников».

Среди пироксеновых базальтов нижней пачки выделяются как миндалекаменные так и массивные разности. Во вкрапленниках присутствует плагиоклаз (андезин-лабрадор) размером от 1-1,5 мм до 1 см, пироксен, в одиночных случаях оливин. Вкрапленники обычно замещены: роговой обманкой, которая в свою очередь замещена биотитом и хлоритом, оливин-серпентином, который замещен хлоритом и рудным минералом. Основная масса имеет микроклеритовую, интерсертальную микролитовую структуру. Миндалины в миндалекаменных базальтах размером от долей до одного мм, выполнены кварцем, хлоритом, карбонатом, эпидотом. Лейкобазальты верхней пачки также делятся как в массивных, так и в миндалекаменных разностях. Порфирокласты представлены только сосюритизированным плагиоклазом (андезит-лабрадор). Основная масса представлена бурым разложившимся вулканическим стеклом, рудным минералом, микролитами плагиоклаза и измененного темноцветного минерала.

Субвулканические образования ниже-среднекембрийского комплекса представлены диабазами (порфировыми и афировыми) и базальтами. Базальты субвулканической фации представлены порфировидными породами. Во вкрапленниках – идиоморфные выделения моноклинного пироксена размером до 1,0 см. Основная масса сложена тонкими лейстами плагиоклаза, идиоморфными выделениями темноцветного минерала, вулканическим стеклом.

Общая мощность отложений ниже-среднекембрийского возраста оценивается в 1200 м.

Средний отдел. Жангабульская свита. (Є₂gn)

Образования жангабульской свиты широко представлены в северной и западной частях рудного поля. Они выполняют Ащикольскую брахисинклиналь, протягивающуюся от Кзылкеиндинского разлома на западе до оз. Майсор на востоке, а также слагают Дальнезападную брахиантиклиналь.

В составе свиты выделяются две подсвиты: нижняя подсвита представлена преимущественно зеленовато-серыми роговообманково-пироксеновыми базальтами и литокристаллокластическими туфами базальтового состава. Базальты практически всегда имеют миндалекаменную текстуру. Миндалины размером от долей мм до см выполнены хлоритом, кварцем, альбитом, эпидотом, пироксеном. Порфиробласты представлены плагиоклазом, моноклинным пироксеном, реже роговой обманкой, ромбическим пироксеном. Основная масса микролитовая, интерсертальная. Туфы базальтов могут быть различными по размеру обломков от туфоконгломератов с железисто-кремнистым цементом до кристаллокластических туфов с хлоритовым цементом. Часто среди базальтов встречаются прослои кремнистых алевролитов темно-серого цвета, мощность которых не превышает нескольких см, реже встречаются прослои мелкозернистых песчаников и лишь к северо-востоку от участка Восточный Бозшаколь осадочные породы, среди которых преобладают зеленоватые туфогенные песчаники и туффиты, слагают заметные площади.

Породы верхней подсвиты широко распространены к северу от Дальнезападной антиклинали. По составу подсвита представлена туфогенными конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами кремнистыми алевролитами, с редкими прослоями базальтов и их туфов.

На северо-востоке рудного поля наряду с базальтовыми широко распространены и более кислые породы субвулканической фации: андезиты, как правило, окрашенные в сиреневые и фиолетовые тона, а также светло-серые до белых дациты и дацитовые лавобрекчии. Несколько иные по облику субвулканические тела, близкие по составу к перечисленным, встречены на участке Дальний Запад. Для них типичны серые окраски. По составу они отвечают андезито-дацитам и риодацитам. Не исключено, что андезито-дациты и риодациты составляют самостоятельный вулканогенный комплекс близко связанный с поздними дайками гранодиорит-порфиров.

Максимальная мощность жангабульской свиты оценивается в 1350 м, при этом мощность верхней подсвиты до 250 м. возраст свиты надежно обосновывается органическими остатками, принадлежащими жангабульскому (агырекскому) горизонту.

Верхний отдел кембрийской системы-нижний отдел ордовикской системы.

Торткудукская серия, Куяндинская свита. (Є₁- Є₂ kn)

Отложения верхнего кембрия – нижнего ордовика имеют незначительное распространение.

Состав рассматриваемой толщи представлен серыми и вишнево-красными косослоистыми известковистыми песчаниками с линзами и прослоями алевролитов, органогенных известняков, туфопесчанников, конгломератов, гравелитов. Редко встречаются прослои базальтов.

Толща либо согласно залегает на вулканитах жангабульской свиты, либо перекрывает липарит-порфиры.

Ордовикская система

Ордовикская система представлена отложениями нижнего и среднего отделов.

Нижний-средний отдел. Ащикольская свита. ($O_{1-2} asc$)

Полные разрезы свиты располагаются севернее территории месторождения, а в пределах рудного поля отложения ащикольской свиты встречаются западнее озера Ащиколь, где на вулканитах жангабульской свиты несогласно залегают красноцветные туфогенные конгломераты, сменяющиеся трахибазальтами и их туфами.

Характерны субвулканические образования, которые слагают довольно крупные тела, согласно залегающие среди ащикольских и жангабульских вулканитов. По составу среди субвулканитов преобладают плагиоклазовые, пироксен-плагиоклазовые трахидацитовые порфиры, менее развиты калишпат-плагиоклазовые трахитовые порфиты.

Средний отдел. Коскольская свита. ($O_2 ks$)

В пределах рудного поля отложения коскольской свиты имеют небольшое распространение на его западном фланге, где они залегают на породах ащикольской свиты, имея в основании горизонт базальных конгломератов. Представлены туфогенными песчаниками, алевролитами, конгломератами, гравелитами с прослоями кремнистых алевролитов и андезитов. Общая мощность оценивается в 450-500 м.

Субвулканические образования представлены густо вкрапленными андезитами.

Средний отдел. Еркебидаикская свита (O_{2er})

В пределах рудного поля породы еркебидаикской свиты широко распространены в его южной части, где они выполняют протяженный прогиб субширотного простираения. Свита подразделяется на две подсвиты: верхнюю и нижнюю.

Нижняя подсвита слагает большую часть отложений свиты и подразделяется на две пачки. Верхняя подсвита распространена меньше и встречается на юге Майсорского участка и на северном берегу озера Бозшасор. Породы представлены песчаниками, прослоями гравелитов и конгломератов.

На юге рудного поля, около озера Бозшасор, выходят на поверхность субвулканические образования еркебидаикской свиты, представленные красноцветными риодацитами. Они образуют также межпластовые дайки, расположенные в плане субсогласно со складчатой структурой.

Мощность отложений свиты превышает 500м. они согласно залегают на торткудукских осадках.

Палеогеновая система. ~~(P)~~

Палеогеновые (верхнеолигоценовые) отложения представлены песчано-галечными образованиями кремнистого состава с линзами каолинистых глин. Широко распространены на севере и северо-востоке рудного поля, а на остальной территории сохранились в виде разобщенных маломощных пятен на отдельных сопках и водоразделах, выполняя все неровности допалеогенового рельефа. Обнажаются эти образования в виде развалов и глыб кварцитовидных песчаников и конгломератов с кремнистым цементом.

Песчаники белые, сахаровидные, как правило, плохо сортированные. Обломочный материал чаще всего угловатой формы, состоит из кварца с незначительной примесью кремней и кварцитов. Имеют железистокремнистый, кварцевый, кварцево-халцедоновый цемент заполнения пор, иногда базальтового типа.

Конгломераты, гравелиты светло-серые, реже пестрые за счет разноцветных кремнистых обломков. Крупные обломки разной степени окатанности состоят из кремния, кварца, кварцитов, обычно плохо сортированы, цементируется мелкозернистыми песчаниками.

Четвертичная система. (Q)

Рыхлые образования четвертичного возраста пользуются повсеместным развитием и подразделяются на:

- Средне-верхнеплейстоценовые
- Верхнеплейстоценовые-голоценовые
- Голоценовые

Средне-верхнеплейстоценовые отложения объединяют два генетических типа пород: делювиально-пролювиальные и аллювиальные.

Делювиально-пролювиальные представлены бурыми глинами и суглинками с примесью песка, дресвы и щебня. Мощность отложений от первых метров до 5-10 м.

Аллювиальные отложения слагают надпойменную террасу и представлены галечниками, песками, супесями и глинами. Их мощность достигает 15-25 м.

Верхнеплейстоценовые голоценовые отложения представлены делювиально-пролювиальными супесями, суглинками, песками, галечниками. Нижняя часть разреза обычно грубообломочная.

Голоценовые отложения часто слагают днища озерных котловин и образованы хемогенными песками, супесями, суглинками, илом.

В пределах рудного поля развита мезо-кайнозойская кора выветривания. В западной его части она имеет площадной характер при мощности 30-50 м. В восточной части распространение площадной коры выветривания ограничивается. Западно-Бозшакольским разрезом и далее на восток она

приобретает линейный характер, образуя неправильные, вытянутые тела вдоль тектонических ослабленных зон, даек гранодиоритов.

Максимальные мощности коры выветривания до 120 м. приурочены к тектоническим нарушениям, в зонах их пересечения, а также на участках метасоматически измененных пород-пиритизированных пропилитов. Профиль коры выветривания каолининовый. Каолинит составляет 60-75% объема породы, остальные 35-40% приходится на кварц, гидрослюда, монтмориллонит, железистый хлорит, лимонит.

Интрузивные образования

Интрузии распространённые в районе месторождения представлены небольшими штокообразными телами и дайками.

Выходы интрузивных пород в пределах района наблюдаются непосредственно на месторождении Бозшаколь, в районе Джангабула, Кулбай и гор Аксаккуянды.

Среди интрузивных пород района выделяются три возрастных комплекса: верхнепротерозойский, раннесалаирский и силурийский.

Верхнепротерозойский комплекс представлен интрузией ультраосновной магмы, образующий большой массив Аджи, расположенный в 30 км к западу от месторождения, за пределами планшета.

Массив Аджи сложен змеевиками и озмеикованными перидотитами, которые пересечены дайками и штоками бронзита, вебстерита, габбро, кварцевого диорита и плагиогранита.

Наибольшее значение для описываемого района имеют интрузии раннесалаирского возраста. Интрузии этого возраста имеют выходы на месторождении. Для всех этих интрузий вмещающими породами являются кембрийские отложения.

К раннесалаирскому возрасту относится Боцекольская интрузия, рвущая отложения нижнего кембрия и представленная мощной дайкой плагиогранит-порфиров. По простиранию дайка с перерывами прослеживается на расстояние 8.5 км. Западная часть дайки перекрыта плащом третичных отложений. В южной части дайка трансгрессивно перекрыта фаунистически охарактеризованными отложениями верхнего кембрия.

В гальках базальных конгломератов в этом районе содержится плагиогранит-порфир, порфириты нижней подсвиты нижнего кембрия, что с несомненностью доказывает возраст интрузии и указывает на длительный промежуток времени между внедрением интрузии и началом верхнего кембрия. В западной части интрузии прослеживаются выходы диорит-порфиритов, внедрение которых несколько предшествовало внедрению плагиогранит-порфиров. С Боцекольской интрузией генетически связано медно-молибденовое месторождение Бозшаколь.

В сложении Кулбайской и Джангабульской интрузии основную роль играет габбро, обычно обладающее струйчатой и полосчатой текстурой.

Обычным является амфиболовое габбро, где плагиоклаз часто нацело замещен вторичными продуктами и альбитизирован.

Выходы Кулбайской интрузии трансгрессивно перекрываются отложениями верхнего кембрия. Интрузия вытянута в почти широтном направлении. В западной части она прорывается небольшим штокообразным телом сиенита, более позднего силурийского комплекса. Сиенит состоит из микроклин-пертита и микроклина (32,5%), альбита (54,4%), хлоритизированных темноцветных минералов – роговой обманки (12,9 %) и акцессориев (0,4%).

Джангабульская интрузия габбро рвет нижнекембрийские отложения и имеет более или менее изометричную форму. Интрузия также рвется более поздней интрузией граносиенитов силурийского комплекса. Граносиениты состоят из микроклин-пертита, альбита, кварца, биотита и акцессориев (магнетит, ильменит, рутил, титан, апатит, и циркон).

Силурийский интрузивный комплекс представлен небольшим штоком гранодиорит-порфиров и субпластовым телом диорит-порфиров к югу от месторождения Бозшаколь.

Наряду с этим в районе имеют широкое развитие дайковые породы, для большинства которых отмечается связь с соответствующими эффузивными комплексами. Эти породы обычно не связаны непосредственно с интрузивами. Здесь выделяются несколько петрографических групп: диабазовые порфириты, габбро-порфириты, сиениты, сиенит-порфиры, лампрофиры.

Г. Ф. Ляпичев, который детально изучал интрузии Бозшакольского района отмечает исключительную приуроченность даек габброидного состава к осевой зоне Центрального антиклинального поднятия. Дайки же сиенитового состава приурочены к ядру и северному крылу Божекольской антиклинали.

Тектоника

Бозшакольское рудное поле относится к ранним каледонидам. Основными структурами являются Бозшакольский антиклинорий, в пределах которого локализовано рудное поле, Ащикольский и Жакшинский синклинорий.

Структура Бозшакольского антиклинория сформирована преимущественно кембрийскими комплексами. В пределах рудного поля выходы древних структур и их комплексов прослеживаются сплошной полосой через всю его центральную часть. Ширина полосы участками превышает 4 км. Простирается близко к 70°.

Ащикольский синклинорий располагается севернее рудного поля и заходит в пределы описываемой территории своей нижней частью. В его строении главная роль принадлежит пологозалегающим ордовикским вулканогенно-терригенным толщам. Ориентированы Ащикольские структуры практически параллельно Бозшакольским.

Разрывные нарушения на площади рудного поля довольно многочисленны и играют определенную роль в формировании складчатости. Среди многочисленных разрывных нарушений, проявленных как на рудном поле так и на месторождении выделяются крупные разломы, которые определяют его блоковое строение и влияют на распределение фаций и мощностей, и нарушения с незначительными амплитудами смещения, а также протяженные трещины, осложняющие строение блоков. Выделяются следующие системы крупных разломов: восток-северо-восточного и северо-западного, а также субширотного и северо-восточного (север-северо-восточного) простираний. Разломы являются крутыми (до почти вертикальных) сбросами, взбросами и сбросо-сдвигами. Северо-западные нарушения в целом являются более молодыми и пересекают северо-восточные. Крупные разломы имеют протяженность до 10 и более км.

Наиболее значительным разломом восток-северо-восточного направления является длительно развивающийся Бозшакольский разлом (или зона разломов) к которому приурочены рудоносные интрузивы месторождения Бозшаколь. Разлом круто падает в северных румбах. Весьма значительный Диагональный разлом пересекает под острым углом Бозшакольскую зону разломов (прослеживается от западного берега оз. Майсор до южной части Южно-Бозшакольского габброидного массива). Поперечные (северо-западные, северо-северо-восточные и субмеридиальные) нарушения также характеризуются признаками длительного развития. Этими нарушениями месторождение разбивается на блоки: Центральный, Восточный, Западный.

Морфология рудных тел

Месторождение генетически связано с интрузией плагиогранит-порфиров и относится к типу медных порфировых руд. Рудной минерализации подверглись диорит-порфириты, плагиогранит-порфиры и вмещающие их порфириты нижней подсвиты нижнего кембрия. Прослеженная площадь рудного оруденения имеет длину 5900 метров, при ширине от 41 до 650 м. На этой площади указанные выше породы несут вкрапленность и прожилки медных минералов, образующие штокверк.

В связи с тем, что оруденение носит штокверковый характер оконтуривание рудных тел произведено по результатам химического анализа.

Морфологические рудные тела имеют пластообразный характер, при минимальной мощности на крайнем западном и восточном флангах и максимальной в западной и в средней части месторождения. Площадь максимального развития оруденения соответствует площади максимального развития дорудных тектонических подвижек, подготовивших как большее количество трещин для заполнения, так и участки максимального гидротермального изменения с последующим рудоотложением.

Оруденение на крайнем западном фланге отмечается в виде узких лентообразных залежей, увеличивающихся в мощности по мере продвижения

к востоку, достигая максимальной мощности в профилях VIII, VIII¹, IX . Начиная от профиля VII¹ рудное тело, разветвляется на две ветки – северную и южную. Южная ветвь в виде узкой зоны прослеживается непрерывно вплоть до профиля XXII. Северная же ветвь разбивается на ряд разобщенных рудных тел, так же прослеживающихся до профиля XXII. Далее на восток от профиля XXII¹ до профиля XXVIII отмечается одно наибольшее тело (восточное рудное тело) имеющее общую длину 1200 м, при небольшой ширине балансовых руд от 100 до 300 м.

На востоке оруденение практически выклинивается в районе профиля XXVIII. В рудном теле на западном участке месторождения, включающие наиболее мощные участки, среди балансовых руд часто отмечаются линзы забалансовых руд. По мере продвижения на восток, начиная с профиля XIII забалансовые руды преобладают над балансовыми. Здесь балансовые руды образуют отдельные разрозненные линзы среди забалансовых. Морфологическая характеристика руд хорошо прослеживается в поперечных геологических профилях через месторождение.

Рудные залежи имеют крутое (до вертикального) залегание, в некоторых случаях с небольшим склонением на ССЗ. Оруденение прослеживается на глубину более чем 1 км. На глубине отдельные рудные залежи, по-видимому, соединяются, образуя сплошной штокверк.

На месторождении выделено пять рудных залежей: Центральная (Главная), Восточная, Западная и Южная рудные залежи.

Центральная (Главная) залежь приурочена к Центральному опущенному блоку, представлена телом сложной формы. Верхняя его граница близ горизонтальная, а нижняя имеет изрезанную форму с глубокими карманами промышленных руд. Размеры Главной залежи: 2900 м по простиранию, от 41 до 650 м по падению при мощности от 3 до 285 м.

Залежи **Восточная, Западная и Дальне-Западная** приурочены к одноименным блокам. Восточная рудная залежь состоит из нескольких тел пластообразной и линзообразной формы. Нижняя граница прослеживается до 200-450 м, в единичных случаях до 538-588 м. Мощность рудных тел достигает от 10-20 м до 150-200 м.

Южная залежь, расположенная южнее Центральной, сложена пологими линзами смешанных руд и рассматривается как древняя зона вторичного сульфидного обогащения.

На месторождении Бозшаколь, в его теперешнем оконтуренном виде, промышленное значение имеют только Центральная и Восточная залежи. В Центральной залежи сосредоточено около 93 % балансовых запасов месторождения, в Восточной залежи – около 7 % балансовых запасов.

По данным 1961 года балансовые руды месторождения по технологическим сортам представлены окисленными легкофлотируемыми (1%), смешанными (2,8%), сульфидными каолинизированными (7,1%) и первичными сульфидами (89,1%) в процентах от общих запасов.

2 Геофизические работы

2.1 Аппаратура, методика и техника

2.1.1 Электроразведочная аппаратура

Электроразведочные работы проведены методом «поль-дипольного» зондирования по технологии «OreVision». Ниже, приведены основные технические характеристики применяемого аппаратурного комплекса, методики и техники электроразведочных работ.

Система Elrec Pro является новейшей разработкой, предназначенной для высокопроизводительных измерений в методах электрического зондирования с измерением вызванной поляризации. Обладает рядом достоинств, позволяющих использовать ее в любых полевых условиях при поиске рудных полезных ископаемых, подземных вод и инженерно-геофизических исследованиях.

Elrec Pro - это 10-канальный приемник для измерения вызванной поляризации (ВП). Помимо классических арифметических и логарифмических режимов, ELREC Pro использует режим измерения двадцати программируемых окон для большей гибкости в определении кривой спада ВП. Система включает встроенные средства контроля качества, которые помогают оператору проверять измерения во время сбора данных и отображать кривые ВП-распада в реальном времени. Elrec Pro предназначен для использования с сериями трансмиттеров большой мощности TIPIX и VIP. Для больших 2D и 3D-съемок Elrec может использоваться совместно с коробкой (переключателями) Switch Pro, чтобы увеличить разброс до 96 электродов. При управлении системой таким образом, сложные последовательности измерений могут быть спроектированы и загружены в систему через программное обеспечение Electre II или Electre Pro



Рисунок 4 – Измерительная система Elrec pro

ELREC Pro: этот новый приемник, представляющий собой новый компактный и мало потребляемый блок, предназначенный для высокопроизводительных измерений удельного сопротивления и вызванной поляризации. Он обладает высокими возможностями, позволяющими работать в любых полевых условиях.

Приемные диполи: десять диполей ELREC Pro обеспечивают высокую производительность в полевых условиях для диполь-дипольных, градиентных или расширенных поль-поль расстановок.

Программируемые окна: помимо классических арифметических и логарифмических режимов ELREC Pro также предлагает режим Cole-Cole и

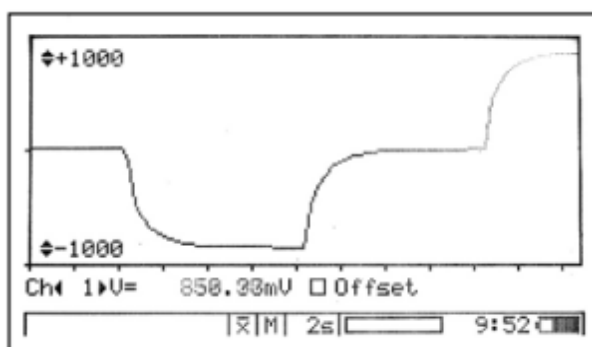
двадцать полностью программируемых окон для большей гибкости в определении кривой спада ВП.

Дисплей ВП: значения поляризуемости и кривые спада ВП могут отображаться в реальном времени благодаря большому графическому ЖК экрану. До сбора данных ELREC Pro можно использовать в качестве одноканального графического дисплея, для контроля уровня шума и проверки формы сигнала основного напряжения посредством непрерывного процесса отображения.

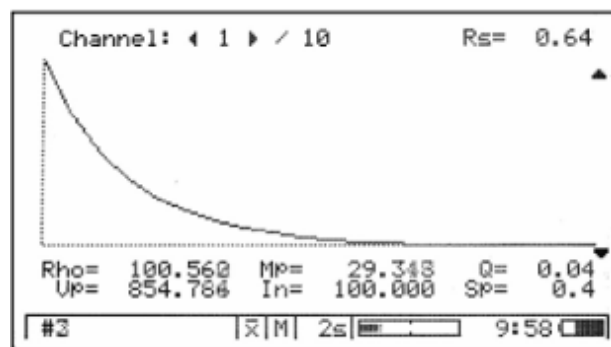
Внутренняя память: память может хранить до 44 800 отсчетов, каждое из которых содержит полный набор параметров, характеризующих измерения. Данные хранятся в флэш-памяти, не требующей литиевой батареи для защиты.

Возможность переключения: благодаря расширительному модулю Switch Pro, подключенному к блоку ELREC Pro, 10 приемных электродов могут автоматически переключаться для повышения производительности в полевых условиях.

Полная запись волны: в качестве опции Elrec Pro может записывать все отсчеты каждые десять миллисекунд (частота дискретизации 100 Гц). Это позволяет осуществлять расширенную обработку сигнала, корреляцию с перпендикулярными диполями. Все данные имеют отметки времени, 8 часов записи могут храниться во внутренней памяти (для одного канала). Высокое разрешение для отметки времени доступно через внешний GPS, обеспечивающий сигнал PPS (1 импульс в секунду). Вся память может быть перенесена на CD-карту непосредственно на участке работ.



Отображение полной записи волны



Отображение числовых значений и кривой спада ВП при записи данных

Блок ELREC Pro будет использоваться с внешним передатчиком, таким как VIP-передатчик.

Автоматическая синхронизация (и повторная синхронизация при каждом новом импульсе) с сигналом передачи через процесс распознавания сигналов дает высокую надежность измерения.

Перед началом измерения автоматически выполняется процесс измерения сопротивления заземления; это позволяет проверить правильность подключения всех электродов к приемнику.

Удлинительный переключатель Pro с отдельными кабелями может быть подключен к блоку ELREC Pro для автоматического переключения приемных электродов в соответствии с заданной последовательностью измерений; эти последовательности должны быть созданы и загружены в устройство из программного обеспечения ELECTRE II.



Удлинительный переключатель Pro, способный приводить в действие 24 - 48 - 72 или 96 электродов

Использование такого оборудования позволяет экономить время, если пользователю необходимо измерить более 10 уровней исследования или в случае большого 2D или 3D-захвата.

Управление данными

Программное обеспечение PROSYS позволяет загружать данные с устройства. Из этого программного обеспечения можно визуализировать кажущееся удельное сопротивление и секции поляризуемости вместе с кривой спада ВП каждой точки данных. Затем можно обрабатывать данные (фильтровать, вставлять топографию,

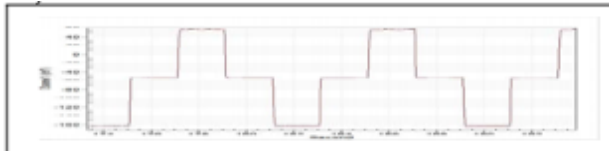
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Входное напряжение:
Максимум. входное напряжение: 15 В
Защита: до 800 В
- Измерение напряжения:
Точность: 0,2%
Разрешение: 1 мкВ
Минимальное значение: 1 мкВ
- Измерение поляризуемости:
Точность: 0,6%
- Вызванная поляризация, измеренная до 20 автоматических или пользовательских окон
- Входное сопротивление: 100 МОм
- Сигнальная форма волны: временная область (ВКЛ +, ВЫКЛ, ВКЛ., ВЫКЛ.) с длительностью импульса 500 мс - 1 с - 2 с - 4 с - 8 с
- Автоматическая синхронизация и повторная синхронизация на первичных сигналах напряжения
- Вычисление кажущегося удельного сопротивления, средней поляризуемости и стандартного отклонения
- Снижение шума: автоматический номер штабелирования по отношению к заданному значению стандартного отклонения
- Компенсация ЕП через автоматическую коррекцию линейного дрейфа
- Введение поправок за линии электропередач от 50 до 60 Гц
- Тест батареи

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Флэш-память данных: более 44 800 показаний
- Возможность хранения данных на внешней SD-карте вместимостью 7 000 000 показаний (опция)
- USB и последовательная связь RS-232 для загрузки данных
- Питание: внутренняя перезаряжаемая батарея 12 В, 7,2 Ач; Также может использоваться дополнительный внешний 12-ваттный автомобильный аккумулятор
- Защищен от погодных условий
- Ударопрочный корпус из стекловолокна
- Рабочая температура: от -20 °С до +70 °С
- Размеры: 31 x 21 x 21 см
- Вес: 6 кг

объединять файлы данных), прежде чем экспортировать их в файл «txt» или в программное обеспечение для интерпретации: TOMOLab, RES2DINV или X2IPi для псевдоразрезов инверсии в реальном разрешении (и ВП) 2D-секции, ERTLab или RES3DINV для инверсии значений истинного сопротивления (и ВП) 3D.



Полная запись сигнала

ПОЛНАЯ ЗАПИСЬ

- Доступна опция, хранение всех временных рядов каждые 10 миллисекунд, до 10 одновременных каналов
- Образцы имеют отметки времени, точный внешний GPS с PPS позволяют получить разрешение 250 микросекунд
- Высокая разрешающая способность: 200 окон для 2-секундного импульса
- До 2 860 000 хранимых образцов: 8 часов для 1 канала
- Сигналы могут обрабатываться на ПК с помощью программы FullWaveViewer

TIPIX 3000 - это трансмиттер, специально предназначенный для глубоких исследований вызванной поляризации. Этот передатчик обычно используется вместе с приемниками Elrec Pro. Этот инструмент разработан для простоты использования и хорошей производительности вместе с надежной защитой от неправильного использования. Это очень надежное устройство оказалось надежным даже в очень холодную погоду или во влажной среде. Он способен работать с мощностью до 3000 Вт, что позволяет доводить ток до 13 А.. Он питается от стандартного генератора. Благодаря возможности ограничить ток, мощность, напряжение и различные самотестирование и контроль качества вводимого сигнала, TIPIX обеспечивает хорошую защиту устройства и оператора. Эти приборы имеют 4 кнопки на передней панели, которые позволяют оператору выбирать вручную различные уровни впрыска напряжения. Режим «автоматический диапазон» позволяет автоматически выбирать оптимальный уровень впрыска относительно контактного сопротивления. Чтобы увеличить производительность, несколько TIPIX могут быть синхронизированы вместе с помощью внешнего GPS.. Эта опция также может использоваться для увеличения отношения сигнал / помеха путем ввода нескольких синхронизированных TIPIX.

Техническая спецификация ТІРІХ

- Выходная мощность: максимально 3 000 Вт;
- Выходное напряжение: максимально 2 400 В;
- Выходная сила тока: максимально 13 А;

Режим временной области:

- Осциллограммы: запрограммированный цикл ВКЛ+, ВЫКЛ, ВКЛ-, ВЫКЛ, (ВКЛ=ВЫКЛ).
- Автоматическое размыкание тока в нерабочее время;
- По длительности импульса запрограммированы на время от 0.5, 1, 2, 4 и 8 секунд;
- Дисплей: четыре линии буквенно-цифровой обозначения, кристаллический дисплей;
- Одновременное отображение силы выходного тока, напряжение тока на выходе, контактное сопротивление и сила входного сигнала;
- Защита:

- Короткое замыкание на 20 Ом;
- Перенапряжения входного сигнала;
- Входного напряжения;
- Тепловая;
- Разомкнутый контур на 100 000 Ом.

Возможность синхронизации GPS.

Общие параметры:

- Габариты (В x Ш x Д): 41 x 32 x 24 см;
- Вес: 31 кг;
- Источник питания: от 90 до 260 В. 45-450 Гц однофазный;
- Рабочая температура: от -30 до +50 °С

Для проведения работ будет использоваться следующее вспомогательное оборудование:

1. Электростанция 5 КВатт.
2. Стандартные кабели для связи передатчиков и приемников с электродами, (стандартная длина составляет 50, 100, 150, 250, 350, 500 и 750 м)
3. Зажим шнура для соединения кабельного вывода с электродом малого размера
4. Электроды несколько размеров из нержавеющей стали (диаметр 40 см - 12 мм - 250 г или 60 см - диаметр 18 мм - 1 кг.

5. Разделительный блок-прибор для 72 или 96 электродов



Рисунок 5 – Вспомогательное оборудование

В системе SYSCAL Pro используется коммутатор, что делает её системой быстрого картирования; в этой комплектации система носит одно из следующих трёх названий: SYSCAL Pro Switch-48, SYSCAL Pro Switch-72 или SYSCAL Pro Switch-96 (для коммутатора на 48, 72 или 96 электродов). Такая система позволяет делать одновременно 10 замеров и выполняет коммутирование автоматически. Для трёхмерных замеров к системе могут быть добавлены (один или более) коммутаторов, называемых Switch Pro.

Стандартная конфигурация состоит из главного модуля, который располагается в центре, и электродах на многожильном кабеле, разнесённых на стандартный разнос (равный шагу съемки). Многожильный кабель идёт с катушками, по несколько секций на катушку, в зависимости от выбранного стандартного разноса и числа электродов (чтобы обеспечить приемлемый вес одной катушки). Для полностью автономной работы в поле, система SYSCAL Pro может быть заранее запрограммирована на проведение последовательности стандартных замеров типа диполь—диполь. Программное обеспечение ELREC II PC позволяет загрузить в аппаратуру также и нестандартные конфигурации.

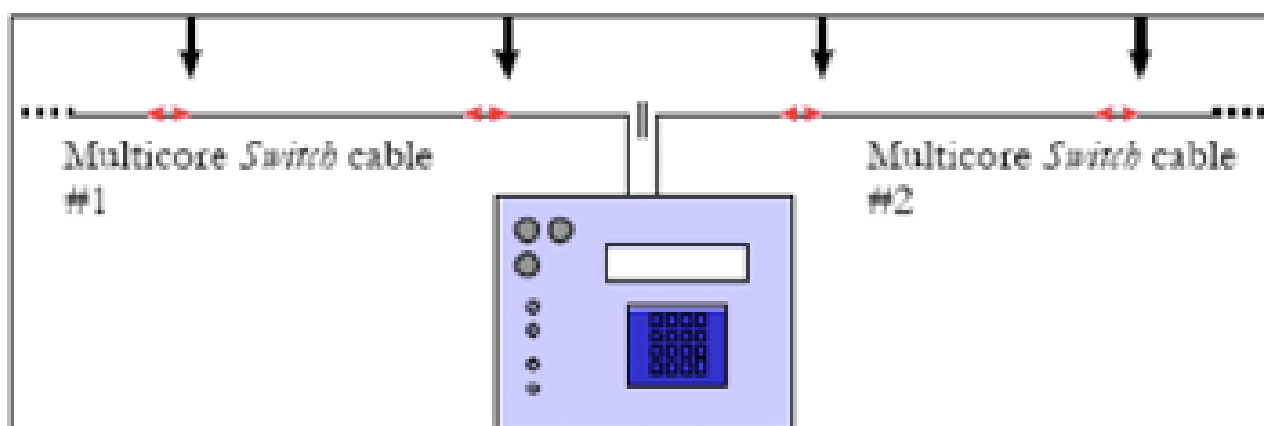


Рисунок 6 – Схема работы с коммутатором

Конструкция кабеля (разъёмы с обоих концов) и внутренняя программа ELECTRE II позволяют дополнить аппаратуру SYSCAL Pro возможностью перекладки.

Работы проведены с системой 2-мя коммутаторными установками.

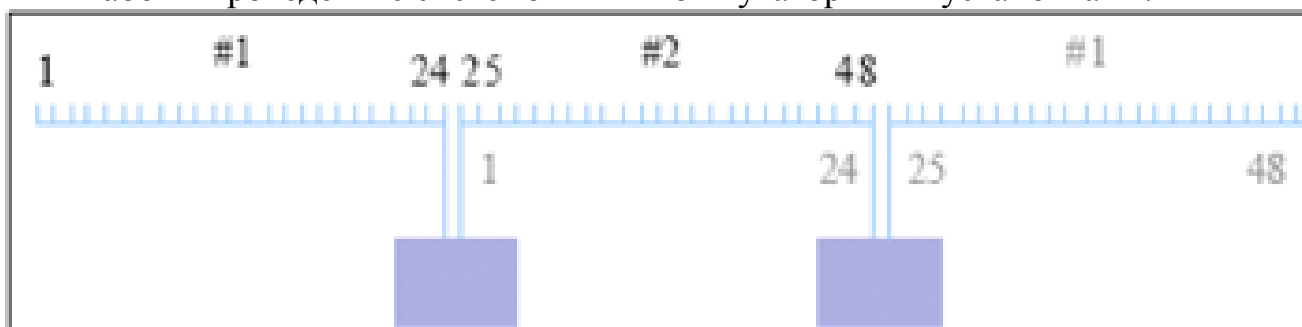


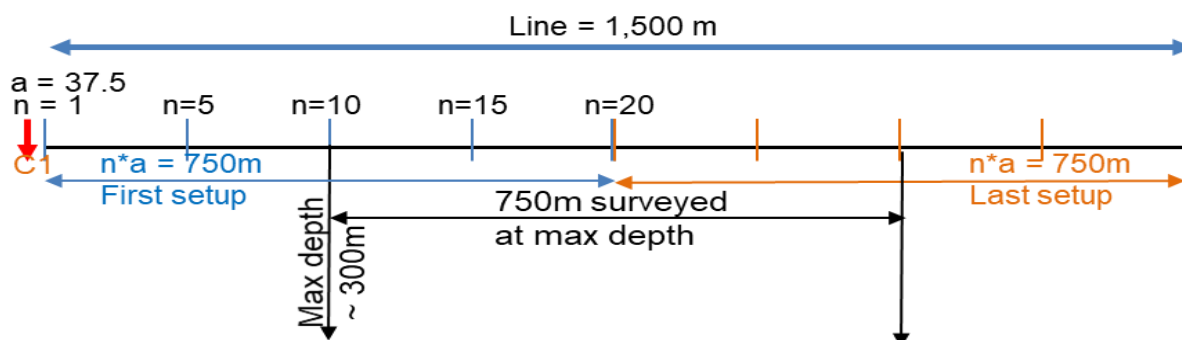
Рисунок 7 – Работа с 2-мя коммутаторам

Ниже, приведена таблица технических характеристик проектных электроразведочных работ

СЪЕМКА	СПЕЦИФИКАЦИЯ	ОБОРУДОВАНИЕ
OreVision®	- Измерения во временной области - Профильная съемка - Шаг съемки, дипольное расстояние = 37.5 М, количество уровней - $n = 1$ to 20 (или максимально возможное, исходя из условий местности и сезона).	- Rx: IRIS ELREC-PRO (с 20 выходами) with Switch-PRO - Tx: IRIS TIPIX 3000 - ProsysControl® программа для ежедневной обработки и контроля качества данных. - Res2DINV – программа для инверсии

Система измерения «OreVision»

OreVision array $a = 37.5$, $n = 1 - 20$



2.1.2 Магниторазведочная аппаратура

Магниторазведочные работы, объемом 326,6 погонных км проводились следующим комплексом аппаратуры:

1. Магнитометр GSM-19 v7.0 – полевой, 4 комплекта

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.

Магнитометр на эффекте Оверхаузера GSM-19 v7.0 -- прибор для измерения общего магнитного поля, получивший высокое признание специалистов. Модель GSM-19 v7.0 сочетает в себе идеальное качество обработки данных, высокую эффективность работы и уникальную конструкцию системы, позволяющую совмещать дополнительные функциональные возможности, что сильно отличает прибор от других квантовых магнитометров.

Преимущества использования эффекта Оверхаузера

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.

Эффект Оверхаузера возникает, когда рабочая жидкость, содержащая неспаренные электроны, взаимодействует с атомами водорода и затем подвергается вторичной поляризации магнитного поля высокой частоты.

Неспаренные электроны воздействуют на атомы водорода, возбуждая сигнал прецессии, идеально подходящий для высокоточного измерения общего поля.

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 следующие:

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°C
Объем памяти	32 Мб
Общий вес	3,1 кг



Рисунок 8 – Магнитометр GSM-19W

Работы будут проводиться в площадном варианте двумя магнитометрами с использованием пешего перемещения вдоль исследуемых линий по предварительно разбитой сети профилей через 100 метров и с автоматической записью данных в память прибора и дальнейшим вводом их в компьютер. Период измерений магнитного поля при рядовой съёмке составит 0,2 сек.

В полевые измерения будет вноситься поправка за суточные вариации магнитного поля. Для учёта вариаций геомагнитного поля использовалась магнитовариационная станция на базе третьего магнитометра «GSM-19W», который устанавливается в спокойном магнитном поле в стороне от различного рода помех.

Предварительно, в предполагаемом месте расположения магнитовариационной станции регистрируются вариации магнитного поля в ночное время, отличающиеся от дневных вариаций наиболее спокойным характером поля и наименьшими амплитудами его изменения. По результатам ночных вариаций выбирается местоположение магнитовариационной станции.

Станция будет работать в автоматическом режиме с периодом снятия отсчётов 2 секунды, и с последующим введением соответствующих поправок в наблюденные значения магнитного поля.

Во время рядовой съёмки производится синхронизация во времени всех трёх используемых магнитометров. Значения магнитного поля, синхронизированные по времени с замерах 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.

Обработка магниторазведочных данных будет выполняться в два этапа: предварительная (первичная) обработка полевых данных и камеральная обработка.

Первичная обработка и предварительный графический материал в виде графиков магнитного поля по профилям будет составляться непосредственно в поле, что позволяет делать определенные оперативные выводы до завершения полевых работ.

Предварительная обработка полевых материалов осуществляется с помощью программы «Oasis Montaj», где вводится поправка за суточные вариации магнитного поля путем линейной интерполяции между двумя ближайшими по времени регистрации значениями вариационной кривой. На каждой точке наблюдений по их плановым и высотным отметкам (X,Y,Z) в зарегистрированные значения магнитного поля также вводится поправка за нормальное геомагнитное поле.

2.2 Обработка электроразведочных данных

Обработка проводится специализированным ПО. Программное обеспечение ELREC Pro позволяет автоматически создавать (с учетом предполагаемой максимальной глубины исследования, заданного пользователем) или вручную, некоторые последовательности измерений с множеством возможностей:

- Использование любых стандартных систем (поль-диполь-диполь, Schlumberger, Wenner, фронтальный и обратный поперечный диагональный полюс)
- Определение уровней исследования с возможностью конфигурации с несколькими интервалами для улучшения качества данных
- Оптимизация измерений, отбраковка

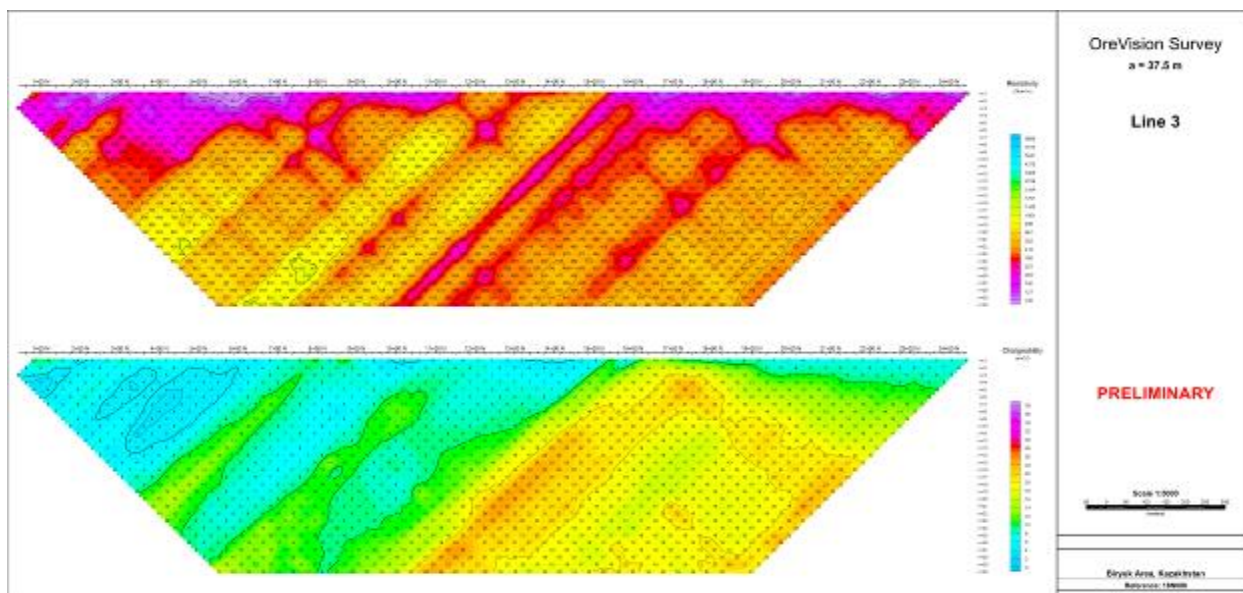


Рисунок 9 – Результаты обработки. Разрезы поляризуемости и сопротивлений

Программное обеспечение ELREC Pro позволяет также импортировать любые типы последовательностей, созданные вручную в файле «txt». Для расчета инверсий использовалась программа - RES2DINV (программное обеспечение Geotomo), где применяют двумерные (2D) расчеты электрических сигналов, что позволяет отображать области сложной геологии, где обычные методы измерения сопротивления и профилирования 1D неадекватны. Результаты таких обследований обычно изображаются в виде псевдоразрезов.

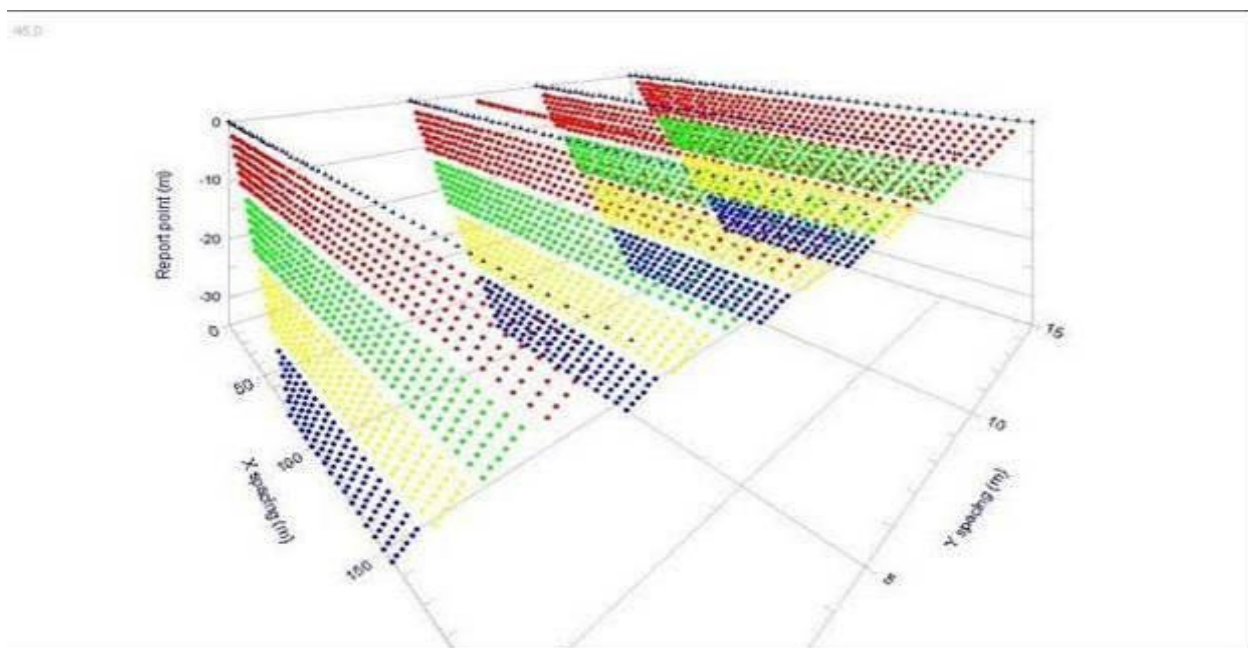


Рисунок 10 – Визуализация измерений

Для расчета инверсий использовалась программа - RES2DINV (программное обеспечение Geotomo), где применяют двумерные (2D) расчеты электрических сигналов, что позволяет отображать области сложной геологии, где обычные методы измерения сопротивления и профилирования 1D неадекватны. Результаты таких обследований обычно изображаются в виде псевдоразрезов.

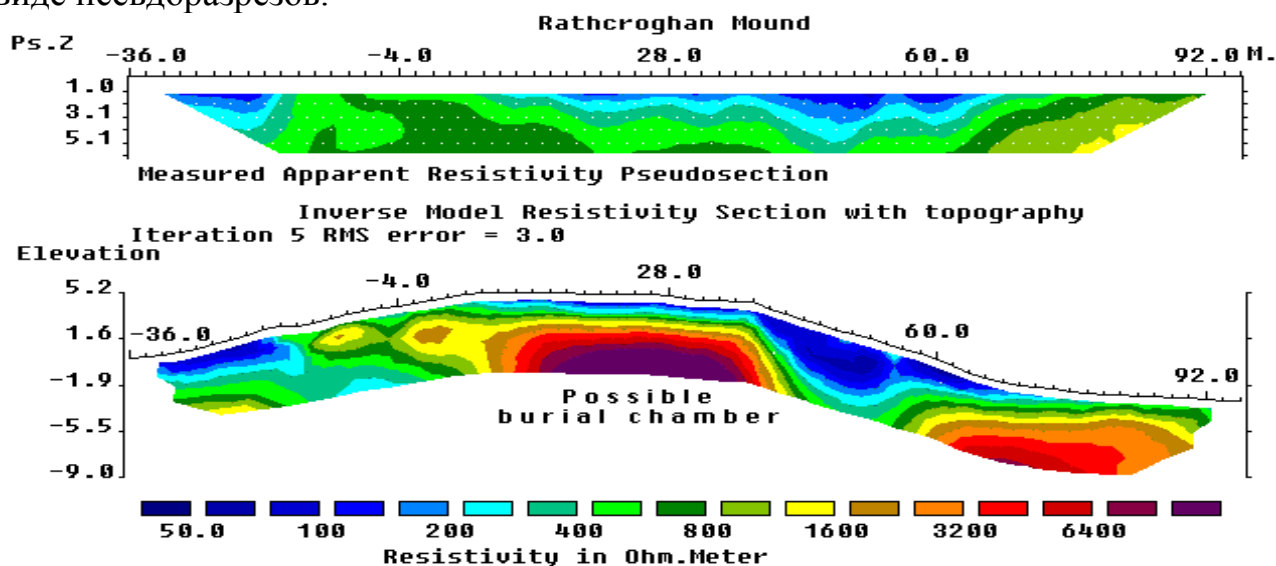


Рисунок 11 – Результаты инверсионных вычислений

RES2DINV это компьютерная программа, которая автоматически находит двумерную (2-D) модель сопротивления среды для данных, полученных с помощью томографических методик (Griffiths and Barker 1993).

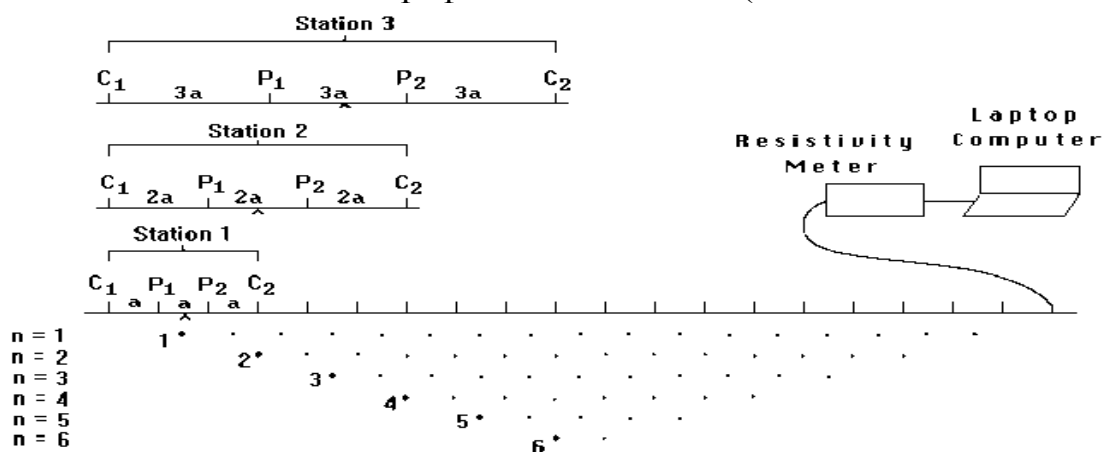


Рисунок 22 – Последовательность измерений для построения псевдоразреза с использованием многоэлектродной аппаратуры под контролем компьютера

На рисунке 22 показан пример размещения электродов и последовательности измерений, который можно использовать для 2-D

томографической съемки. Эта программа разработана для инверсии больших массивов данных (от 200 до 6500 точек) собранных системой наблюдений с большим числом электродов (от 25 до 1800 электродов).

Двумерная 2-D модель, используемая программой инверсии, состоит из ряда прямоугольных блоков, как показано на рисунке 2. Расположение блоков слабо связано с распределением точек на псевдоразрезе. Распределение и размер блоков автоматически генерируются программой, так что число блоков обычно не превышает числа точек измерения. Однако программа имеет опцию, которая позволяет пользователю задать модель, в которой число блоков будет превышать число точек измерения. Глубина подошвы блоков принимается примерно равной эквивалентной глубине исследования (Edwards, 1977) для точек с максимальным разносом. Съемка обычно выполняется с такой системой наблюдений, в которой электроды расположены вдоль линии с постоянным шагом между электродами. Однако программа может также работать с данными для неравных расстояний между электродами.

Подпрограмма прямой задачи используется для расчета значений кажущегося сопротивления, а метод нелинейной оптимизации на основе наименьших квадратов используется для осуществления инверсии (deGroot-Hedlin and Constable 1990, Loke and Barker 1996a).

Программа может работать как с методом конечных разностей, так и конечных элементов для расчета прямой задачи. Эта программа может использоваться для наблюдений с установками Веннера, двухэлектродной, дипольной осевой, трехэлектродной, Веннера – Шлюмберже и дипольной экваториальной. В дополнение к обычным, программа поддерживает и нестандартные установки, с почти неограниченным числом возможных расположений электродов. Можно обрабатывать псевдоразрезы, в которых до 1800 электродов и до 6500 измерений для одного времени. Максимальный разнос может до 36 раз превосходить наименьший разнос. Пределы размеров данных будут распространены на еще большие системы наблюдений.

Кроме обычных наземных съемок с электродами на поверхности, программа также поддерживает подводные и межскважинные наблюдения. Процедура инверсии используемая программой основана на smoothness-constrained (с ограничениями гладкости) методе наименьших квадратов (deGroot-Hedlin and Constable 1990, Sasaki 1992). Может быть также использована новая реализация метода наименьших квадратов, основанная на квази-Ньютоновском методе оптимизации (Loke and Barker 1996a). Этот метод более чем в 10 раз быстрее, чем обычный метод наименьших квадратов для больших объемов данных и требует меньше памяти. Метод наименьших квадратов smoothness-constrained основан на следующем уравнении

$$(J^T J + uF)d = J^T g \quad (1)$$

где $F = f_x f_x^T + f_z f_z^T$

fx = горизонтальный сглаживающий фильтр

fz = вертикальный сглаживающий фильтр

J = матрица частных производных

u = показатель затухания

d = вектор приращений параметров модели

g = вектор невязок

Одним из достоинств этого метода является возможность настройки показателя затухания и сглаживающих фильтров, чтобы удовлетворить различным типам данных.

Вы также можете использовать в этой программе обычный метод Гаусса-Ньютона. Он намного медленнее, чем квази-Ньютоновский метод, но в местах с контрастами сопротивлений больше чем 10:1, он дает лучшие результаты. Третьей возможностью в этой программе является использование метода Гаусса-Ньютона для первых двух – трех итераций, после чего используется квази-Ньютоновский метод. Во многих случаях это дает наилучший результат.

Двумерная модель, используемая этой программой, делит полупространство на ряд прямоугольных блоков (Рис. 2). Цель работы программы состоит в определении сопротивлений прямоугольных блоков дающих псевдоразрез кажущихся сопротивлений, совпадающий с практическими измерениями. Для установок Веннера и Шлюмберже, мощность первого ряда блоков составляет 0.5 разности электродов. Для установок потенциала, дипольной осевой и трехэлектродной мощность равна 0.9, 0.3 и 0.6 соответствующих разностей электродов. Мощность каждого более глубокого слоя обычно увеличивается на 10% (или 25%). Глубины слоев также могут быть изменены пользователем вручную. Метод оптимизации обычно пытается уменьшить различие значений кажущегося сопротивления рассчитанного и измеренного путем вариации сопротивлений блоков модели. Мерой этого различия является среднеквадратическая ошибка (RMS). Однако модель с наименьшей возможной ошибкой RMS иногда может давать большие и нереальные изменения сопротивлений модели и не всегда может оказаться «наилучшей» моделью в геологическом отношении. В общем, наиболее разумным методом является выбор модели для той итерации, после которой ошибка RMS уже не изменяется значительно. Это обычно происходит между третьей и пятой итерациями.

По результатам камеральных работ получены следующие материалы:

1. Полная цифровая база измеренных и обработанных данных
2. Разрезы по-профильно параметров поляризуемости и сопротивлений (в электронном формате)
3. Разрезы по-профильно инверсионных моделей сопротивлений и поляризуемости
4. Карты глубинных уровней поляризуемости и сопротивлений

5. Координаты и характеристики рекомендуемых скважин по выявленным аномальным зонам по результатам интерпретации
6. Технический отчет

2.3 Обработка магниторазведочных данных

Обработка магниторазведочных данных проводилась в системе GEOSOFТ OASIS MONTAJ и состояла из следующих процедур:

1. Ввод в систему измеренных значений МП
2. Ввод поправки за вариации
3. Ввод поправки за нормальное поле.
4. Увязка профилей.
5. Построение карты аномального магнитного поля.
6. Построение карт различных трансформаций магнитного поля.

По результатам обработки построены графики магнитного поля по профилю и карта аномального МП.

3 Результаты геофизических работ

По результатам электроразведочных работ рассчитаны и построены разрезы поляризуемости и сопротивлений по-профильно. Окончательные расчеты проведены по методике вычисления инверсии (обратная задача.) по обоим параметрам. Результативные разрезы оформлены в виде геолого-геофизических разрезов.

Электроразведочные работы, проведенные в 2019 году, позволили выявить несколько аномальных зон ВП представляющих интерес для проведения дальнейших геолого-геофизических изысканий.

Все результативные разрезы представлены в виде внутритекстовых рисунков в отчете и в виде графических приложений.

К материалам отчета приложен DVD диск со следующими материалами:

1. Базы данных по профильно измеренных данных.
2. Базы данных по-профильно обработанных данных.
3. Разрезы сопротивлений и поляруемости, построенные по результатам обработки.
4. Разрезы и карты уровней сопротивлений и поляруемости, построенные по результатам расчета инверсионных моделей.
5. База данных рассчитанных инверсий.
6. 3D модели поляризуемости, УЭС и параметров Gold Index и Metall factor.
7. Текст отчета
8. Графические приложения к отчету.

3.1 Результаты электроразведочных работ

По результатам расчета инверсии были построены геоэлектрические разрезы и глубинные уровни 140 м, 40 м и -60 м, что эквивалентно глубинам 85 м, 185 м и 285 м соответственно по каждому из параметров - поляризуемости, УЭС и параметров Gold Index и Metall factor.

Все графические приложения представлены в виде разрезов, глубинных уровней и результативной 3D модели по каждому параметру.

Ниже мы опишем результаты построений и расчетов по УЭС и ВП.

Модель удельного сопротивления Восточной части Бозшакольской площади характеризуется относительно умеренными значениями низкие удельного сопротивления в диапазоне от 1 до 3935 Ом-м. Низкие значения УЭС (< 100 Ом-м) локализованы в центре и на юге участка работ. Умеренные значения удельного сопротивления более 500 Ом-м встречаются в основном в северной части участка.

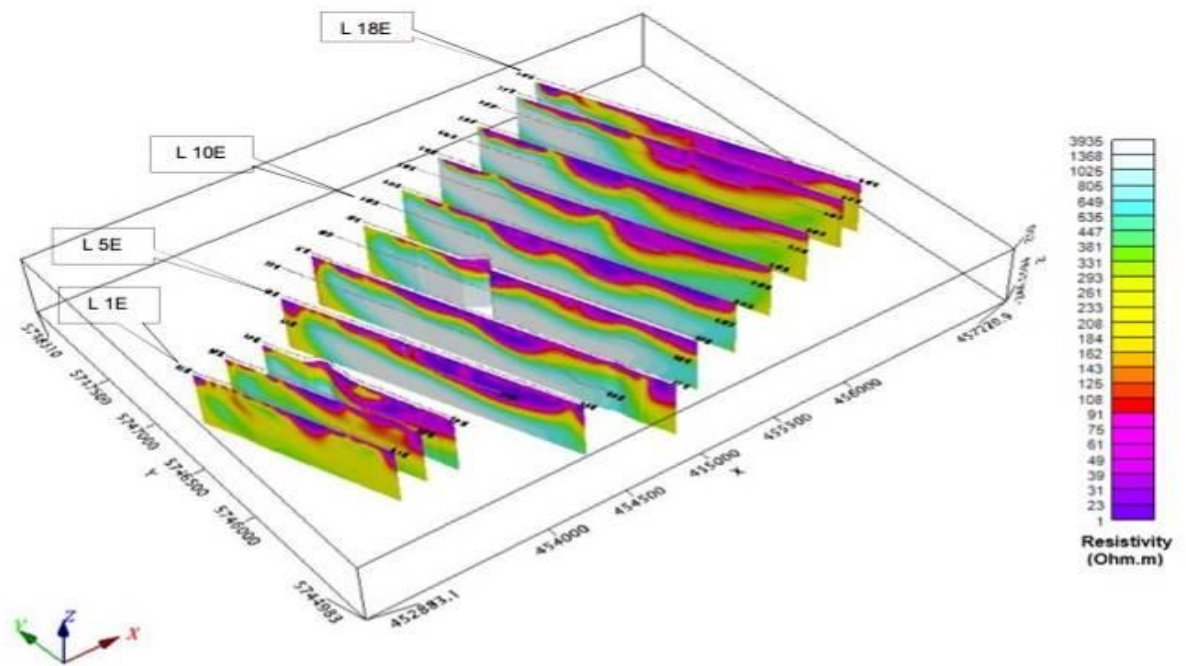


Рисунок 12 – Результаты ЭР работ. Псевдоразрезы Удельного электрического сопротивления

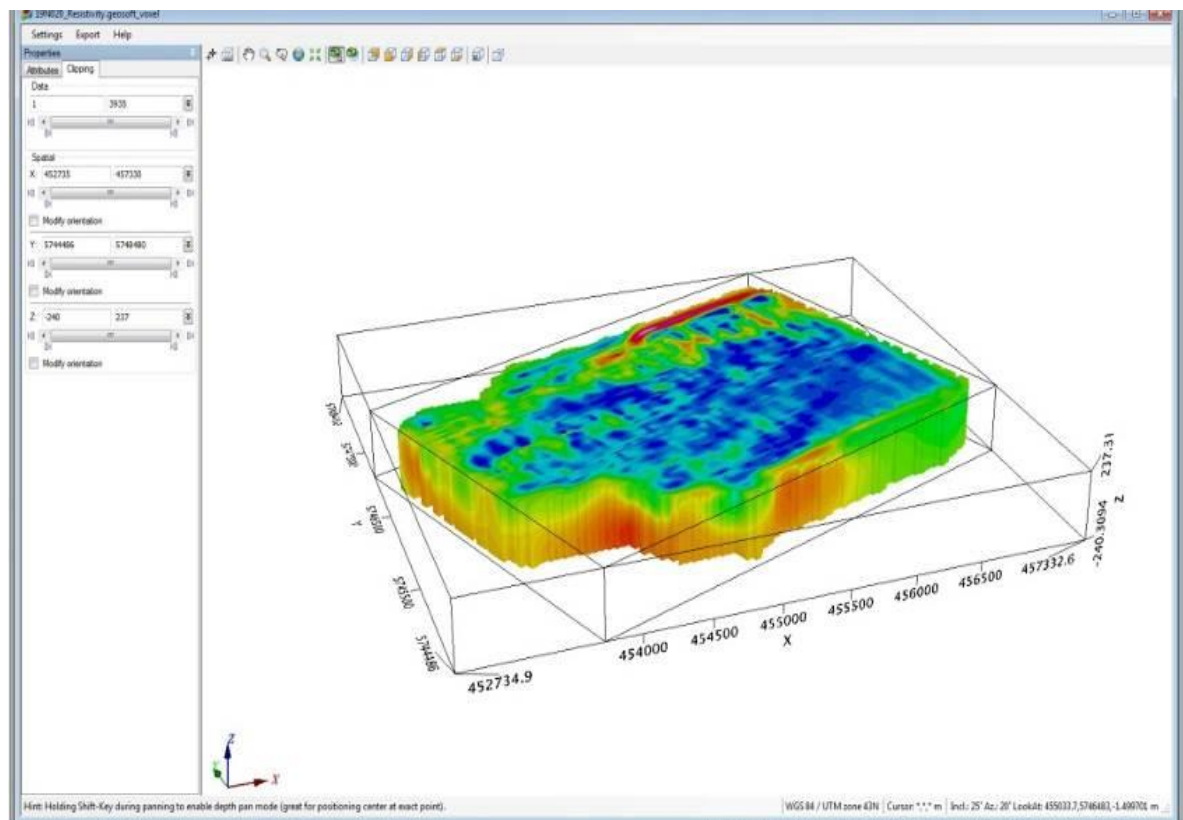


Рисунок – 13 Результаты ЭР работ. УЭС. 3D модель. Абсолютный уровень 237м (уровень 0м)

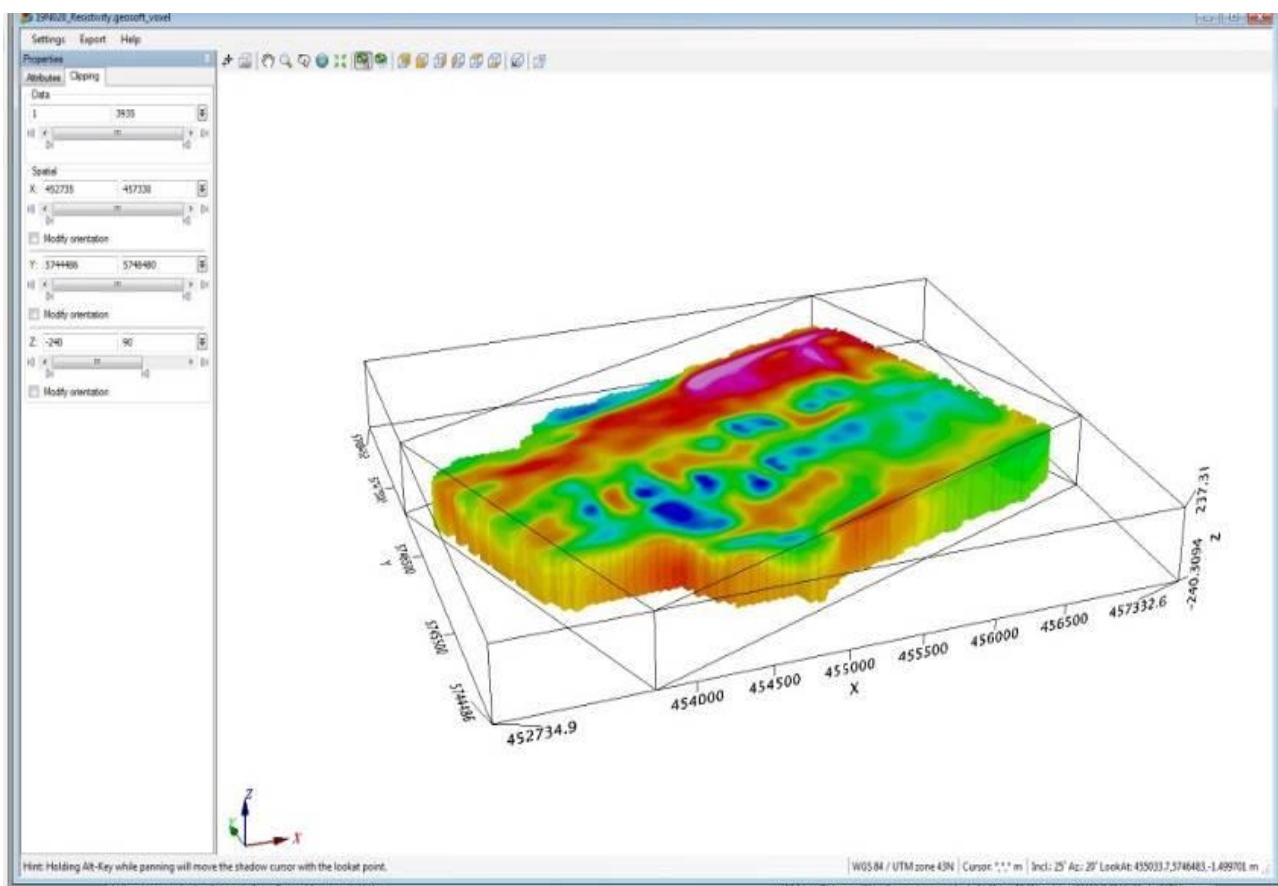


Рисунок 14 – Результаты ЭР работ. УЭС. 3D модель. Абсолютный уровень 90м (уровень -147м)

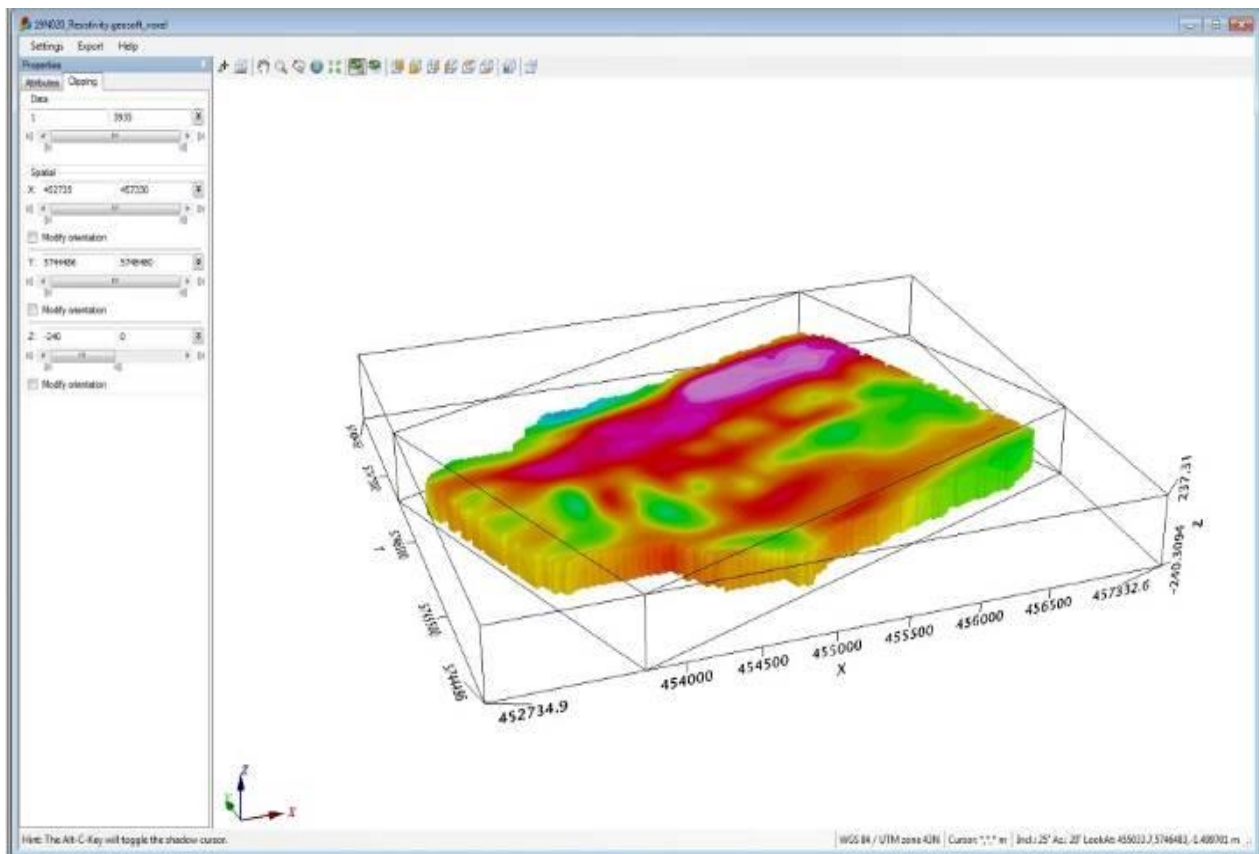


Рисунок 15 – Результаты ЭР работ. УЭС. 3D модель. Абсолютный уровень 0м (уровень -237м)

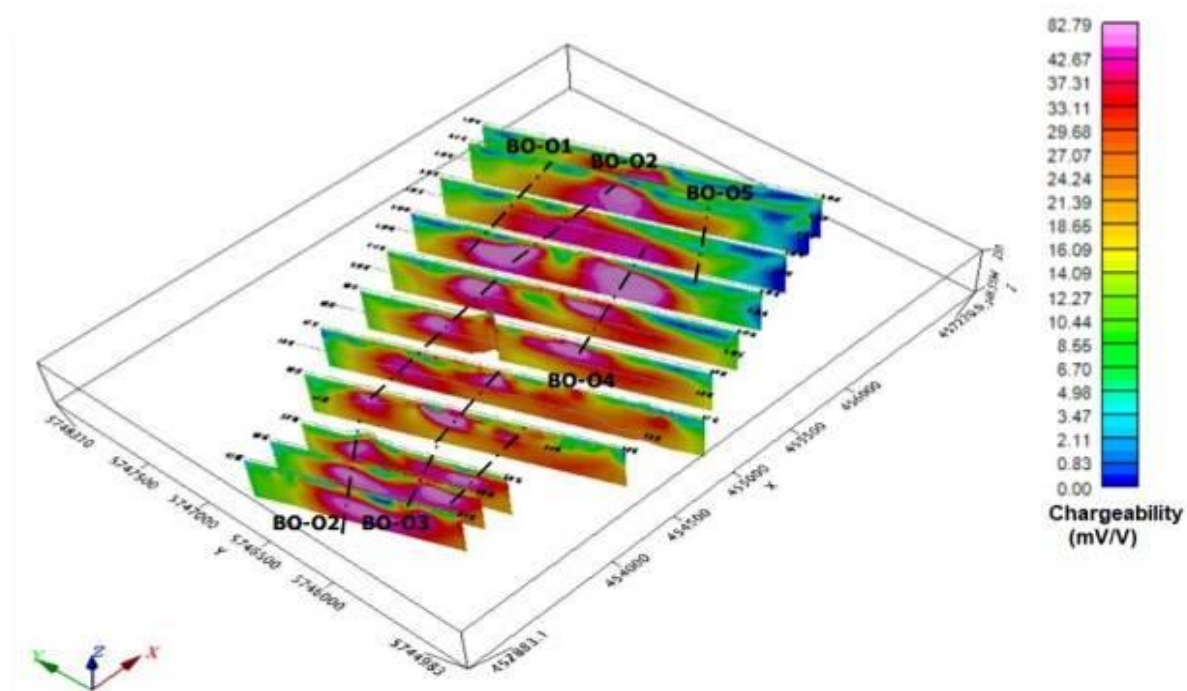


Рисунок 16 – Результаты ЭР работ. Псевдоразрезы поляризуемости

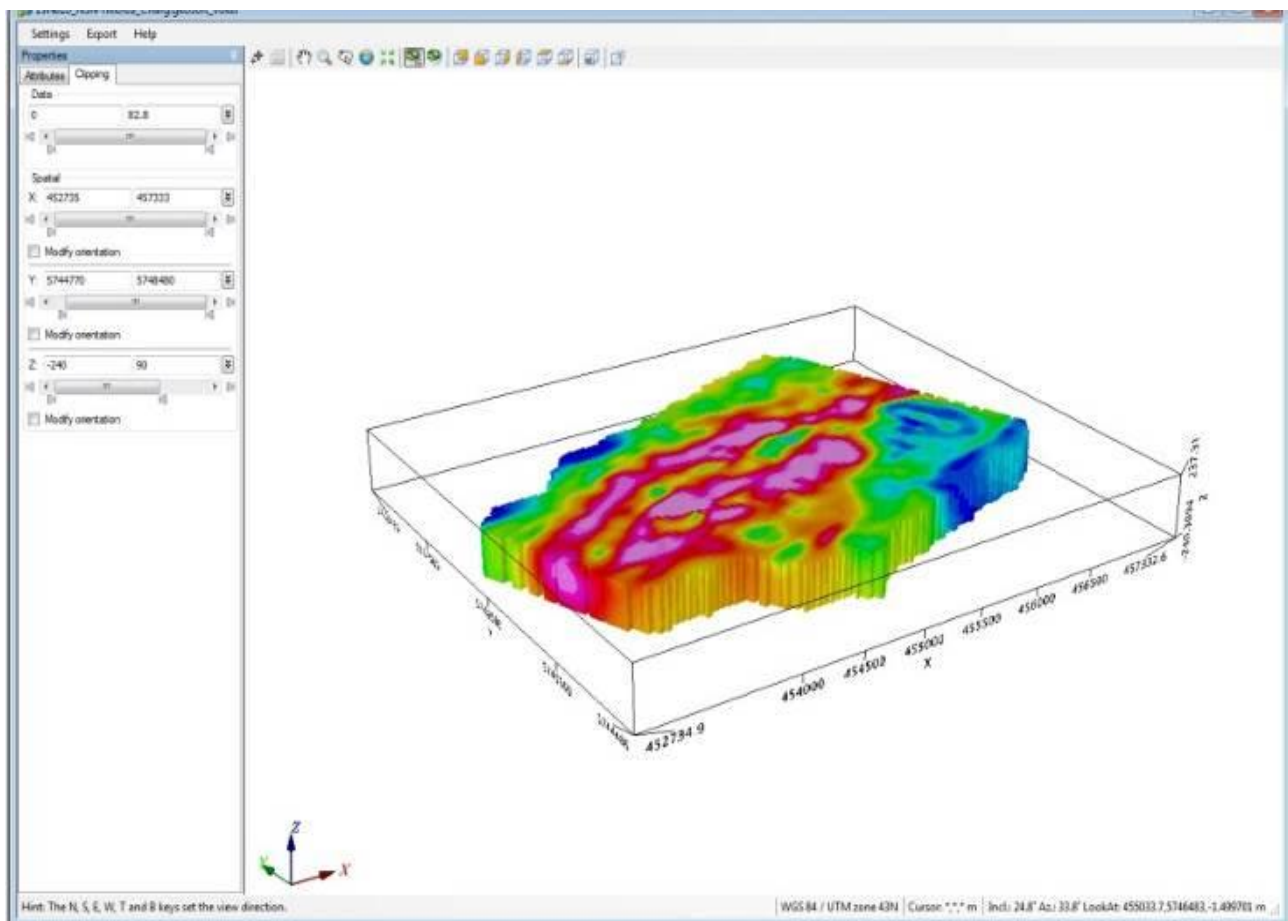


Рисунок 17 – Результаты ЭР работ. Поляризуемость. 3D модель. Абсолютный уровень 0м (уровень -237м)

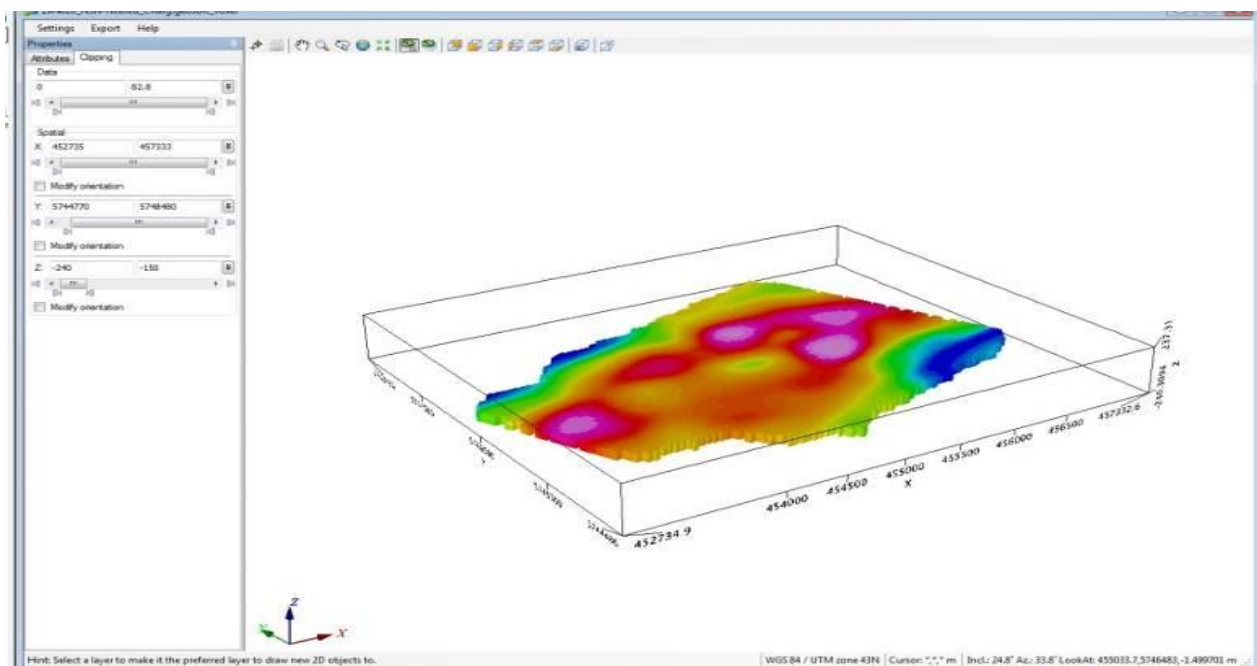


Рисунок 18 – Результаты ЭР работ. Поляризуемость. 3D модель. Абсолютный уровень 150м (уровень -387м)

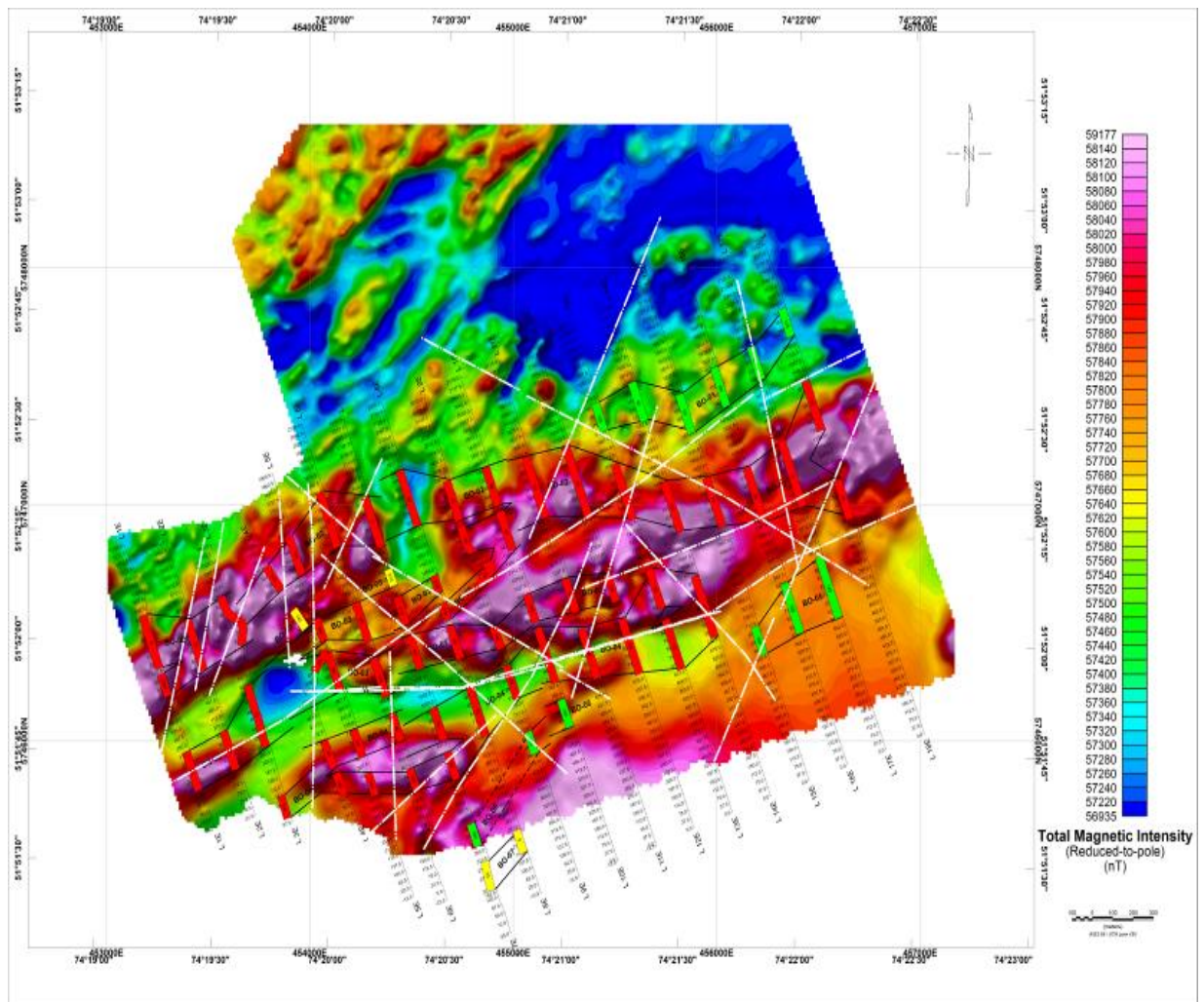


Рисунок 19 – Карта магнитного поля и результаты интерпретации электроразведки OreVision

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полевые работы по объекту выполнены в полном объеме.

По результатам работ были выполнены:

1. Полевые работы в профильном варианте методом поль-дипольного зондирования по технологии «OreVision IP»;
2. Полевая камеральная обработка, анализ качества измеренных величин и экспресс-интерпретация;
3. Построены разрезы удельного электрического сопротивления и поляризуемости по-профильно;
4. Создана база измеренных, обработанных и инверсионных данных по результатам ЭР;

По результатам работ рекомендованы проектные буровые работы с целью уточнения природы выявленных электроразведочных аномалий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бозшаколь. Описание месторождения – 2016г . -
<http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/бозшаколь-8>
- 2 KAZ Minerals Аудированные результаты деятельности за 2014 год,
стр. 16 -2014г.
http://www.kase.kz/files/emitters/GB_KZMS/gb_kzmsf6_2014_rus.pdf
- 3 KAZ Minerals проект Бозшаколь. Приложение к интерпретационному
отчету – 2019г.
- 4 Nomad Geo Servise “NGS”, Полевой отчет по месторождению
Бозшаколь, -2019г.