

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет  
имени К.И.Сатпаева

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

Қонақбаев Нұрбек Нұрғалиұлы

Геолого-геофизические критерии поисков золоторудных месторождений  
гидротермального типа в пределах Северного Прибалхашья

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Специальность 6М074700 – Геофизические методы поисков и разведки МПИ

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Геофизики доктор геолого-  
минералогических наук,  
профессор

Абетов А.Е.   
"28" июня 2020 г

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту: Конакбаеву Нурбеку Нургалиулы

Тема: Геолого-геофизические критерии поисков золоторудных месторождений гидротермального типа в пределах Северного Прибалхашья.

Утверждена приказом Ректора Университета № 1193-м от 29 октября 2018 г.

Срок сдачи законченной диссертации "03" июля 2020 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Геологические, геофизические, текстовые и графические материалы по золоторудным месторождениям Северного Прибалхашья

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) выполнить оценку геолого-геофизической изученности исследуемой площади;

б) выполнить анализ собранных геофизических данных, провести их обработку и интерпретацию;

в) полученные результаты сопоставить с материалами съемок предыдущих лет;

г) выявление геолого-геофизических критериев, выделяющих рудоперспективные объекты;

д) разработать рекомендации по направлению дальнейших поисковых работ.

Рекомендуемая основная литература:

1 Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И и др. Геологическое строение Казахстана. Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000 г.

2 Беспаяев Х.А., Мирошниченко Л.А. Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. Алматы: РГКП «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева». 2004 г.

3 Вольвовский Б.С. и др. Краткий справочник по полевой геофизике. М., «Недра» 1977 г. Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз орудения. СПб., 1998г.

4 Кличников В.А. Эффективность комплексных геолого-геофизических и геологических исследований при поисках рудных месторождений в Казахстане. «Геология и разведка недр Казахстана». Алматы. Издательство Академии минеральных ресурсов, 2001 г.

5 Урдабаев А.Т. О геофизическом обосновании выбора поисковых участков полиметаллического орудения на Рудном Алтае. «Геология и охрана недр». Алматы, КазГЕО, 2012 г. №3 (44) – стр. 31-39

6 Даукеев С.Ж., Геология и полезные ископаемые Казахстана. Алматы. КазИМС, 1996.

7 Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории Республики Казахстан. Кокшетау, 2002.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Геолого-геофизическая изученность участка исследований	07.02.2020	Удт -
Физические свойства горных пород	05.03.2020	Удт -
Применение комплекса геофизических методов при поисках золоторудных месторождений гидротермального типа, интерпретация их результатов	29.05.2020	Удт -

## Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геолого-геофизическая изученность участка исследований	Доктор PhD, заместитель заведующего кафедрой Геофизики Умирова Г.К	10.02.2020	
Физические свойства горных пород	Доктор PhD, заместитель заведующего кафедрой Геофизики Умирова Г.К	06.03.2020	
Применение комплекса геофизических методов при поисках золоторудных месторождений гидротермального типа, интерпретация их результатов	Доктор PhD, заместитель заведующего кафедрой Геофизики Умирова Г.К	02.06.2020	
Нормоконтролер	Алиакбар М.М. тьютор	28.06.2020г.	

Научный руководитель



Умирова Г.К.

Задание принял к исполнению магистрант



Конакбаев Н.Н.

Дата

"03" июля 2020 г.

## АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе представлены результаты опытных геофизических работ на известных перспективных месторождениях и рудопроявлениях золота Северного Прибалхашья. По площади участка работ созданы высокоточные детальные цифровые модели электрического, магнитного и гравитационного полей. Полученные геофизические материалы в комплексе с другими геолого-геофизическими данными, позволяют более обосновано подойти к решению вопросов корректировки и детализации существующих схем структурно-тектонического и геологического строения района исследований, выработать дополнительные критерии прогнозирования рудоперспективных объектов, оптимизировать программу последующих геологоразведочных работ.

## АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста Солтүстік Балқаштың белгілі перспективті кенорындары мен алтын кендері көлемінде жүргізілген геофизикалық жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Жұмыс аумағы көлемінде электрлік, магниттік және гравитациялық өрістердің жоғары дәлдіктегі нақты сандық модельдері құрылды. Алынған геофизикалық ақпарат басқа геологиялық және геофизикалық мәліметтермен қатар, зерттеу аймағының геологиялық құрылысының және құрылымдық-тектоникалық схемаларын толықтыру әрі түзетуге септігін тигізеді. Кен перспективті аумақтарды болжаудың жаңа талаптарын енгізуге, және кезектегі геологиялық барлау жұмыстарын жеңілдетуге мүмкіндік береді.

## **ABSTRACT.**

The dissertation presents the results of experimental geophysical work at known perspective deposits and gold occurrences in the Northern Balkhash region. High-precision detailed digital models of electric, magnetic and gravitational fields are created for the area of the work site. The obtained geophysical materials, in combination with other geological and geophysical data, allow a more reasonable approach to solving the issues of adjusting and detailing the existing patterns of the structural-tectonic and geological structure of the study area, to develop additional criteria for predicting ore prospective objects, to optimize the program of subsequent exploration.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Современный уровень геолого-геофизической изученности района	12
1.1 Геологическая изученность	12
1.2 Геофизическая изученность	14
1.3 Изученность района на золото	15
2 Геологическое строение участка исследований	22
2.1 Интрузивные породы	22
2.2 Особенности тектоники рудного поля	29
3 Физические свойства горных пород изучаемого участка	34
3.1 Плотность	34
3.2 Магнитная восприимчивость	35
3.3 Электрические свойства	36
3.4 Радиоактивность	38
4 Методика и техника выполнения комплекса геофизических работ.	40
4.1 Методика и техника электроразведки ДЭЗ-ВП	40
4.2 Методика и техника электроразведки ВП-СГ	41
4.3 Методика и техника гравиразведочных работ	41
4.4 Методика магниторазведочной съемки	42
5 Геологическая интерпретация геофизических данных	44
5.1 Методика интерпретации и программные средства	45
5.2 Критерии геологической интерпретации геофизических материалов	48
5.3 Результаты интерпретации данных ВП-СГ	51
5.4 Результаты интерпретации данных ДЭЗ-ВП	53
5.5 Результаты интерпретации данных гравиразведки	53
5.6 Результаты интерпретации данных магниторазведки	62
5.7 Элементы комплексной интерпретации	70
Заключение	84
Список использованной литературы	86

## ВВЕДЕНИЕ

Казахстан находится на 10 месте в мировом рейтинге по золотым запасам. По добыче ценного металла – на 25. Среди стран СНГ это 3 и 4 места соответственно. Значимость и непрекращающийся спрос на золото в мировой экономике определяют его в качестве приоритетного вида полезного ископаемого.

Эффективность комплексных геофизических работ при поисках золоторудных месторождений подтверждается результатами многочисленных полевых исследований. Метод ВП, в частности, успешно используется для выявления скоплений сульфидных минералов, с которыми в большинстве случаев ассоциируют месторождения золота. Тем не менее, при поисках золоторудных месторождений геофизики сталкиваются с целым рядом сложностей, обусловленных самим характером нахождения золота в природе и тем, что геофизические методы не являются прямыми индикаторами золота.

Условия локализации золота в породах отличаются большим разнообразием, а сами месторождения, как правило, входят в состав более сложных рудных систем, представленных рудопроявлениями различной специализации. При этом золоторудные залежи, связанные с ними структуры и комплексы пород обычно не отличаются большим контрастом в геофизических полях по отношению к рудовмещающим породам и рудным минерализациям других типов. Теоритическая значимость данных исследований определяется необходимостью изучения структурного положения рудоперспективных зон и объектов в рудном поле; картированием рудоконтролирующих структур и зон гидротермально-метасоматических изменений горных пород, определение морфоструктуры выявленных рудоперспективных зон и объектов, оценка их геометрических параметров и т. д.

В Северном Прибалхашье наиболее широко известны золото кварцевые месторождения различных генетических типов. Они выявлены на ранних стадиях изучения региона, ввиду устойчивости золото кварцевых руд в условиях зоны гипергенеза. Руды подобных месторождений содержат свободное золото, относительно легкообогатимы, содержания золота обычно высокие. Этот тип месторождений уже длительное время осваивается золотодобывающей промышленностью, вследствие чего ресурсный потенциал его близок к истощению. Поэтому выявление новых золоторудных месторождений, расширение перспектив ранее известных рудных полей всегда были и остаются наиболее важными задачами геологоразведочных исследований и, следовательно, являются актуальными.

Целью данной работы является обобщение опыта геофизических работ, применительно к поискам золоторудной минерализации гидротермального типа, оценка поисковой эффективности геофизических методов, выбор наиболее рационального комплекса и методики геофизических работ,

доизучение геологического строения участка исследований и выявление общих закономерностей, которые могут быть использованы при поисках золоторудных месторождений в схожих условиях.

Для достижения цели перед магистрантом поставлены следующие задачи:

- 1) Сбор, обобщение, анализ и систематизация геолого-геофизических материалов по участку Карьерный
- 2) Проведение высокоточных гравиразведки, магниторазведки и электроразведки на участке Карьерный, с целью получения 3Д моделей
- 3) Проведение комплексных интерпретации данных потенциальных полей с выделением перспективных зон на поиски золоторудной минерализации
- 4) Обоснование геофизических поисковых критериев для обнаружения золоторудных объектов гидротермального типа

В результате выполненных исследовательских работ на участке Карьерный уточнены поисковые критерии и признаки месторождений рудных залежей, дана оценка поисковой эффективности геофизических методов, дано обоснование комплекса геофизических методов, оптимального для поисков рудных участков.

Полученные материалы свидетельствуют о полном достижении поставленной цели. Проинтерпретированные геолого-геофизические данные могут быть приняты за основу при планировании дальнейших геологоразведочных работ, выделении перспективных площадей, обосновании объемов и методов поисковых геофизических работ, способствовать приросту запасов и объемов добычи на рудных объектах.

## **1 Современный уровень геолого-геофизической изученности района**

Труднодоступность центральной части Северного Прибалхашья тормозила изучение его геологического строения. Систематическое геологическое исследование района началось, в основном, после установления промышленного значения медного месторождения Коунрад.

### **1.1 Геологическая изученность**

В 1930 г. Н.И.Наковник открыл магнезитовое месторождение Шоинтас и установил присутствие никеля и платины в урочище Копа. В 1936 г. геолог ЦНИГРИ В.Ф.Дыбков провел предварительную разведку месторождения магнезита Шоинтас.

В 1937-1938 г. группой геологов Казахского филиала АН СССР была составлена геологическая карта масштаба 1:500 000 для всего Северо-Восточного Прибалхашья. Сергиевским В.Н., Дмитриевским В.С., Вахромеевым В.А., Лигневской С.И., Логиновой Л.И., Новохатским Н.Н. был собран большой материал, позволяющий установить в Северо-Восточном Прибалхашье наличие морского девона со всеми его отделами. Не смотря на то, что многие их взгляды в дальнейшем претерпели значительные изменения, их исследования послужили основой для геологических работ последующих лет. Особенно большое значение имеют работы Вахромеева В.А., который обстоятельно описал и расчленил яшмодиабазовый комплекс на 2 свиты: нижнюю – порфиоровую и верхнюю – яшмокварцитовую, дав им условно нижнесилурийский (ордовикский) возраст. Вышележащую песчаную толщу он отнес к готландию.

В 1939 г. Бубличенко Н.Л. приступил к изучению силурийских и девонских отложений, сосредоточив свои наблюдения, в основном, в урочище Копа и по обоим бортам долины Кентерлау. Позже, уже в 1945 г. он обобщил материал предыдущих исследований и составил геологическую карту листа Д-2-Б, в которую внес существенные коррективы. Стратиграфическая схема палеозоя Северо-Восточного Прибалхашья, составленная Бубличенко Н.Л., остается правильной и до настоящего времени. Толщу основных эффузивов и яшм он условно отнес к кембрию. Отложения, лежащие между кембрием и терригенными осадками теллура, он объединил в диаманшурукскую свите ордовиковского возраста.

Терригенные зеленоцветные образования расчленены им с выделением лландоверийского, венлок-лудловского и дауконского ярусов силура и жудинского, сарджальского, казахского и айдарлинского ярусов силура к девону.

В 1948 г. Трусова И.Ф. опубликовала работу, посвященную изучению ультраосновных интрузий Казахстана (массивы Итмуруды, Тюретай,

Тесиктас). В ее основу были положены ее исследования 1937-1940 г. г. Возраст всех ультраосновных пород в Казахстане она определяет как каледонский.

В 1949-1951 г. Андасайской экспедицией были проведены работы с целью выявления и оценки перспектив алмазности рыхлых отложений Северного побережья озера Балхаш. Одновременно, Михайлов Н.П и Москалева В.Н. изучили основные и ультраосновные интрузии этого региона. В итоге этих работ Костенко Н.Н и Мاستрюковой А.А. был составлен геолого-геоморфологический отчет и геологическая карта масштаба 1:200 000. Яшмодиабазовый комплекс Костенко Н.Н. отнес к верхнему протерозою.

В 1953 г. на площади листа Д-2-104 Северо-Прибалхашская ПСП ЮКГУ проводила геологическую съемку масштаба 1:200 000 с участием Кошкина В.Я., Никелева Ю.В. и Аниязова П.А.

Палеонтологические исследования для этого проекта были проведены палеонтологами ЮКГУ Каплун Л.И. и Руковишниковой Т.Б. По результатам исследований силурийские отложения расчленены не были и датировались, как готландий нерасчлененный.

В 1956 Кошкин В.Я. приступил к редактированию листа Д-2-104. Отложения яшмодиабазового комплекса были подразделены на три свиты: итмурундинскую, казыкскую и тюретайскую. Причем две первые свиты условно отнесены к синию, третья – к кембрию. Вышележащие отложения расчленены с выделением джаманшурукской свиты лландойло-лудловского яруса. Среди отложений девона выдержано поярусное расчленение. При этом установлен постепенный переход от верхнего силура к девону. Отложения Карбона были охарактеризованы только нижним отделом и подразделены на две части: турнейский ярус и саякскую свиту. Позже, в 1958 г. Кошкин В.Я в составе бывшей саякской свиты выделил каркалинскую, керегетасскую и архарлинскую свиты.

В 1960-1965 г. г. на территории Северного Прибалхашья коллективами МНИ АН КазССР и ЦКЮГУ (Щерба Г.Н., Альперович Е.В., Колесников В.В.) выполнен ряд региональных прогнозно-металлогенических работ, в результате которых обобщены данные по геологии и металлогении и выполнен ряд перспективных полезных ископаемых, в том числе и золото.

В 1961-1962 г. г. Кошкиным В.Я. и в 1962-1966 г. г. Антониюком Р.М. были проведены геологосъемочные работы масштаба 1:50 000 листов Д-45 и Д-413.

С апреля 1981 г. к редакционным геологосъемочным работам Казыкской и Итмурундинской ветвей Северо-Балхашского антиклинория в масштабе 1:500 000 приступила Кентерлауская ПСП Балхашской ГРЭ (Безуглых И.В., Акшалов Т.).

В результате проведения кондиционных съемок как малого, так и крупного масштабов была получена геология района, выделены основные структурные элементы, дана характеристика вулканической деятельности

участка, уточнен возраст основных разновидностей горных пород, обнаружен целый ряд точек минерализации, рудопроявлений и месторождений и определена их генетическая связь с позднегерцинским магматизмом.

Работы по составлению кондиционных геологических карт масштаба 1:50 000 на площади листа L-43 продолжаются и в настоящее время.

## 1.2 Геофизическая изученность

Систематические геофизические исследования начались с 1949 г. В 1951 г. сотрудниками Всесоюзного аэрогеологического треста Ефремовой Н.Н. и Преображенским Н.А. была проведена аэромагнитная съемка Северного Прибалхашья. Из-за малой чувствительности приборов, результаты съемки были некачественными и в настоящее время практически не используются.

В 1952-1954 г. г. площадь листа Д-2-104, тяготеющая к области развития древних толщ, Катбарской партией АГФЭ (Серебрякова И.С.) была покрыта геофизическими поисками масштаба 1:50 000 с применением металлометрии и магнитометрии. Металлометрией были зафиксированы ореолы рассеяния меди, хрома, никеля, титана, марганца, молибдена. Существенный недостаток этих работ – низкая чувствительность спектрального анализа и ограниченное число (семь) определяемых элементов.

В 1955 г. на площади листа Д-2-104 была проведена аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000 (Волковская экспедиция).

В 1957 г. Катбарская ГФП АГФЭ (Миллер С.Д., Жуков М.И.) провела металлометрию на площади листов Д-410, -413, -412, -415 в масштабе 1:50 000. В результате этих работ был выявлен ряд локальных ореолов рассеяния Ni, Co, С2, которые чаще всего связаны с интрузиями гипербазитов.

Комплексная интерпретация данных гравиметрических и металлометрических исследований позволила уточнить структурно-тектонические особенности Северо-Западного Прибалхашья и выявить перспективные на сульфидное и редкометалльное оруденение зоны и узлы.

Таким образом, мы видим, что территория исследований покрыта аэроспектрометрическими (АГС) и гравиметрическими съемками 1:100 000 и 1:25 000 масштабов. Картограммы изученности представлены на Рисунках 1.1, 1.2. В Таблицах 1.1, 1.2 представлены исторические данные о выполнении гравиметрических и АГС съемок.

### 1.3 Изученность района на золото

Выявление В.Я.Кошкиным ряда золотоносных участков послужило толчком для проведения поисковых работ на золото (1960 г.).

В течение 1964-1965 г. г. на обнаруженных объектах проводятся поисково-оценочные работы (Алтыбаев А.А. и др., Каражальская ПСП ЮКПК 1964-1965 г. г.). В результате были подтверждены золотоносность названных участков и они были отнесены в разряд перспективных.

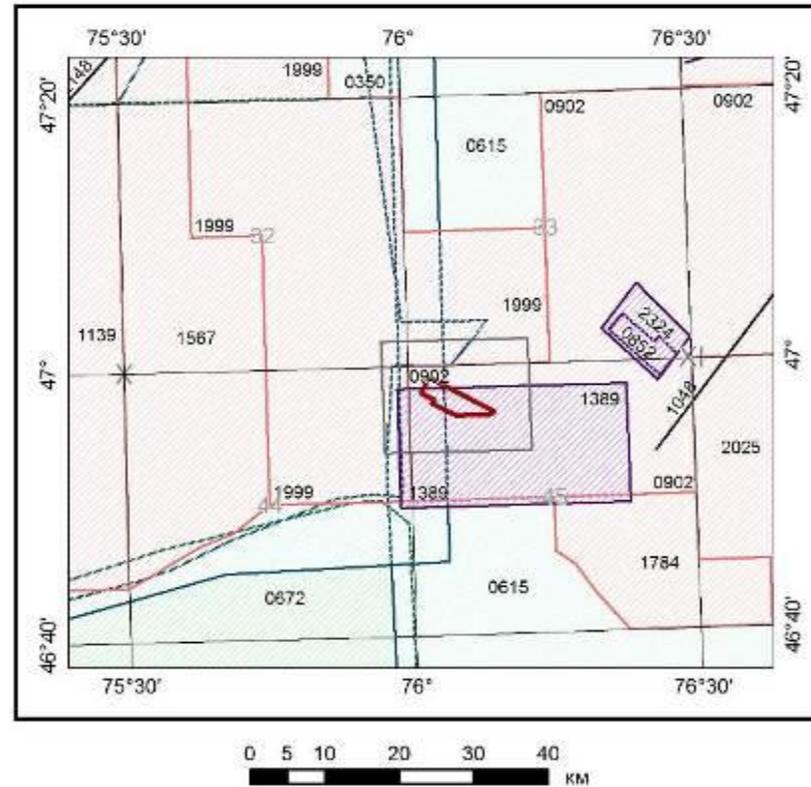
В то же время в районе Иткудукской группы проявлений проводится тематические исследования по золотоносности Северного Прибалхашья Гражданцев Н.Г.



Рисунок 1.1 – Схема аэрогеофизической изученности. Участок Карьерный.

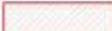
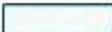
Таблица 1.1 – Таблица к картограмме аэрогеофизической изученности

Организация, , авторы отчета	Год работ	Масштаб съемки	Аппаратура	Точность съемки	Высота съемки (м)
КАГГЭ ПГО "Южказгеология" Жунусов Р.К., Комаров А.М. и др.	1980	25 000	АГС-71С	ОК $\pm 0.23$ мкр/час U $\pm 0.38E-04\%$ Th $\pm 0.7E-04\%$ K $\pm 0.19\%$	30-75
КАГГЭ Жунусов Р.К., Комаров А.М. и др.	1975	25 000	АСГ-48	ОК $\pm 0.35$ U $\pm 0.35E-04\%$ Th $\pm 0.95E-04\%$ K $\pm 0.25\%$	30
АГГЭ ПГО "Казгеофизика" Козленко О.М., Кузнецова Н.П	1985	25 000	АГС-71С	ОК $\pm 0.18$ U $\pm 0.56E-04\%$ Th $\pm 0.94E-04\%$ K $\pm 0.21\%$	25-75



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

Контурь гравиметрических съемок  
с масштабом отчетных карт:

-  1:10 000 и сечением 0.5 мГал
-  1:50 000 и сечением 0.5 мГал
-  1:200 000 и сечением 2 мГал
-  1:500 000 и сечением 2 мГал

1389 Номер контура

-  Контур геологического отвода
-  Контур цифровой модели

Рисунок 1.2 – Схема гравиметрической изученности. Участок Карьерный.

Таблица 1.2 – Таблица к картограмме гравиметрической изученности

№ отчета	Организация, проводившая съемку, авторы отчета, год работ	Масштаб съемки	Тип гравиметров	Сеть наблюдений (км)	Среднеквадратическая погрешность аномалий (мГал)	Масштаб и сечение отчетных карт (мГал)
350	АгГФЭ КГТ МГиОН Каз.ССР Беневоленский И.П., Миллер С.Д. 1958	200 000	СН-3	4x2; 4x1	$\pm 0.54(\sigma=2.30)$ $\pm 0.53(\sigma=2.67)$	200 000 2.00
615	ЮКГФЭ КГТ ГПГК Каз.ССР Шнейдер И.Ю., Гладких Ю.П. 1963-1964	200 000	ГАК-4В, ГАК-4М	3x2	$\pm 0.40(\sigma=2.67)$ $\pm 0.41(\sigma=2.30)$	200 000 2.00
672	ЮКГФЭ КГТ МГ Каз.ССР Шнейдер И.Ю., Лютый А.Г. 1964-1965	200 000	ГАК-4В, ГАК-4М	3x2	$\pm 0.28(\sigma=2.30)$ $\pm 0.28(\sigma=2.67)$	500 000 2.00
852	БалГГФП ЦКГУ МГ Каз.ССР Коган Е.М., Мурашкин В.В. 1967	10 000	ГАК-ВТ, ГАК-ПТ	0.1x0.05	$\pm 0.04(\sigma=2.67)$	10 000 0.20
902	БалГФЭ ЦКГУ МГ Каз.ССР Калинин В.П., Москалев Ю.П. 1968-1969	50 000	ГАК-ВТ, ГАК-ПТ	0.5x0.5	$\pm 0.17(\sigma=2.30)\pm$ $0.16(\sigma=2.67)$	50 000 0.50
1389	БалКГГФЭ ЦКТГУ МГ Каз.ССР Москалев Ю.П. 1976	Профильная	ГР/К2, Дельта-2	шаг 0.05	$\pm 0.05(\sigma=2.67)$	10 000 0.20
1567	БалГРЭ ПГО "Центрказгеология" МГ Каз.ССР Калинин В.П. 1978-1981	50 000	ГНУ-К1, ГНУ-К2	0.5x0.5	$\pm 0.15(\sigma=2.30)$ $\pm 0.15(\sigma=2.67)$	50 000 0.50

В 1967 г. поисковыми работами на золото занимается Балхашская экспедиция ЦКГУ. В 1967-1968 г. г. Улькенская партия Балхашской ГРЭ (Букуров Г.Ю., Волошин В.В.) проводила поисково-оценочные работы на площади участка Бактай и Иткудукской группы проявлений.

На участке Бактай среди линейно-вытянутой зоны прожилкового окварцевания песчаников выделено 3 рудных участка с содержанием золота от 1 г/т до 12 г/т. В Иткудукской группе выделены три перспективных участка: Западный – содержанием золота до 26,6 г/т; Карьерный (выделено две зоны с содержанием 2,3 и 2, 4 г/т при мощности пласта соответственно 4 и 1 м); Северный (выделена подзона с содержанием 2,4 г/т при мощности 2 м и ряд подзон с содержанием 1-1,2 г/т).

В 1970-1973 г. г. Улькенская партия (Фликоп Р.М.) продолжила работы на этих участках. На рудопроявлении Бактай в результате горно-опробовательских работ выделены два рудоносных блока. Проходкой глубоких шурфов с рассечками установлен неравномерный гнездообразный характер распределения металла с концентрацией в отдельных пробах до 80 г/т. Окончательной оценки участка не получено.

В 1972-1973 г. г. во время специализированных поисковых работ (Волошин В.В.) выявлен ряд золотоносных точек на площади Иткудук-Бактайской зоны, промышленно-интересные объекты при этом не выявлены. В 1970-1972 г. г. Акпокинская партия Балхашской КГГЭ (Фликоп Р.М., Скрипченко А.Ф.) провела поисковые работы на золото на участках Батыкызыл и Жалпаккаин. На участках Батыкызыл в результате проведения электроразведки выделено 4 аномальные зоны ВП, совпадающие, в основном, с зонами пиритизации фаменских песчаников. Проверка их горнобуровыми работами с опробованием дала отрицательные результаты на золото и другие элементы.

С 1973 г. и по настоящее время в районе работают специализированные на золото Северо-Балхашская ПРП и Восточная ГФП, выполняющие объем геолого-геофизических исследований в районе Бактай-Иткудукской зоны.

Впервые золоторудная минерализация на площади месторождения Пустынное была установлена в 1960 г. Кошкиным В.Я. при проведении геолого-съемочных работ масштаба 1:50 000. В те годы повышенные содержания золота отмечались на нескольких локальных участках – Западный, Карьерный, Копшоки. Хантауской и Северо-Прибалхашской ПСП ЮКГУ в 1960-63 г. г. на перечисленных участках были пройдены в небольшом объеме канавы, которыми установлена приуроченность повышенных содержаний золота к ряду зон интенсивно-пиритизированных и окварцованных пород.

На основании полученных данных в 1963-1970 г. г. Алтыбаевым А.А., Пермяковым Г.Н., Фликопом Р.М. на участках Западный, Карьерный и Копшоки проведен комплекс детальных поисковых геолого-геофизических работ, включающих проходку поверхностных и подземных горных

выработок, бурение одиночных скважин, магниторазведку и электроразведку ВП масштаба 1:10 000.

В результате выполненных исследований на участках Западный и Карьерный околонушена серия линзовидных, не выдержанных по простиранию рудных тел с содержанием золота 3 и более грамм на тонну, мощностью 1,5-10,0 м и протяженностью до первых десятков метров.

Выявленные рудные тела с поверхности были прослежены канавами по простиранию через 40-160 м. На глубину отдельные рудные зоны оценивались единичными глубокими шурфами (1, 2, 3) глубиной до 10 м с небольшим объемом горизонтальных подземных выработок и скважинами до 120 м по падению.

Полученные результаты работ 1963-1970 г. г. явились обоснованием для продолжения поисковых работ на золото, которые вышли за пределы перечисленных участков и распространились на площадь всего рудного поля. В период с 1972 по 1979 г. г. на площади рудного поля и в пределах Бактай-Иткудукской зоны были продолжены геолого-геофизические работы Батыкызыльской ПРП. Эти работы заключались в проведении площадных геолого-геофизических работ масштаба 1:50 000 на всей площади Бактай-Иткудукской зоны и детальных поисков масштаба 1:10 000 в пределах участков Западный, Копшоки и Карьерный на площади 30 кв. км.

В результате проведения площадных и детальных геолого-геофизических работ было установлено наличие золотосодержащих зон и за пределами ранее известных участков с бедными рудами типа Западного, Карьерного и Копшоки, объединяющиеся в единую минерализованную зону протяженностью до 8 км при ширине до 0,6 км. Принимая во внимание выше перечисленные факты, рассматриваемая площадь была оценена, как одно рудное поле единого месторождения, присвоив ему название Пустынное.

На участке Западный сеть канав была сгущена до 10-20 м, расчищены и переопробованы старые канавы.

В результате, в пределах участка околонушено семь рудных тел с содержаниями золота выше 2,0 г/т. Протяженность их колеблется от 40 до 180 м при мощности от 1,5 до 75,5 м. На глубину рудные зоны оценивались двумя скважинами (С-12, 13) до глубин 200-300 м. Запасы металла – до 10 т.

На участке Карьерном и Копшоки были проведены аналогичные работы по расчистке и переопробованию старых канав и сгущению сети новых канав до 40-80 м. Канавами выявлены аналогичные зоны пиритизации и окварцевания, но с более низкими содержаниями золота, чем на участке Западный. Прогнозные геологические запасы месторождения, в целом, оценивались в несколько десятков тонн.

В 1979-1983 г. г. на месторождении Пустынное Иткудукской ПРП проведен комплекс детальных поисковых и поисково-оценочных работ с целью изучения его перспективной оценки. За этот период были проведены межколонковое бурение, проходка канав механическим способом, проходка канав вручную, проходка шурфов сечением 4 м<sup>2</sup>, проходка горизонтальных

выработок сечением 5,1 м<sup>2</sup>, проходка горизонтальных выработок 2,7 м<sup>2</sup>, отбор керновых проб, отбор бороздовых проб, магниторазведка, электроразведка, топоработы, спектральный анализ, пробирный анализ на золото, изготовление шлифов, геофизические исследования в скважинах.

Анализ материалов по геолого-геофизической изученности участка Карьерный дал возможность сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Территория участка Карьерный планомерно изучается геологосъемочными работами с конца 30-х годов прошлого столетия. В результате проведения кондиционных съемок, как малого, так и крупного масштабов получена геология района, выделены основные структурные элементы, дана характеристика вулканической деятельности участка, уточнен возраст основных разновидностей горных пород, обнаружен целый ряд точек минерализации, рудопроявлений и месторождений и определена их генетическая связь с позднегерцинским магматизмом.

Работы по составлению кондиционных геологических карт масштаба 1:50 000 на площади листа L-43 продолжаются и в настоящее время. Для создания геофизической основы участка Карьерный использованы геологические карты разных масштабов.

2. Вся территория листа L-43 покрыта сетью площадной аэроспектрометрической, магнитометрической, электроразведочной и гравиметрической съемок масштаба 1:200 000 и крупнее. Общим для всех изысканий является то, что съемки проведены в 50-х-80-х годах прошлого столетия аппаратурой низкой чувствительности, качества и точности;

3. Электроразведочные работы проводились с целью уточнения геологического строения и глубинных поисков меди и золота. В комплексе электроразведочных работ участвовали методы ВЭЗ, ВП-СГ, МПП, ЗСБ, ИНФАЗ-ВП. Существенного прироста информации о строении исследованных площадей эти работы не обеспечили. Аномалии ВП носили петрогенный характер. Таким образом, электроразведочная изученность участка Карьерный крайне низкая. При этом результаты электроразведочных работ, проведенных на территории исследований, и достаточная дифференцируемость электрических свойств горных пород показывают эффективность применения метода ВП как для целей картирования, так и для поисков зон гидротермальной проработки и связанных с ними проявлений полезных ископаемых;

4. Территория участка Карьерный изучалась аэрогеофизическими съемками (АГС) масштабов 1:25 000 в интервале с 1975 до 1985 годов. Из-за малой чувствительности приборов, результаты съемок характеризуются как некачественные и в настоящее время практически не используются.

В целом, материалы магниторазведки хорошего качества, на их основе составлены кондиционные карты аномального магнитного поля

5. Гравиметрические исследования на территории работ проводятся с конца 50-х годов прошлого столетия. На территории листа L-43 проводились работы масштаба 1:200 000 и крупнее.

Можно считать, что района исследований характеризуется удовлетворительной гравиметрической изученностью, но результаты этих съемок морально устарели. Поэтому на основе использования гравиметрических результатов более крупных съемок, выполненных современной, высокотехнологичной аппаратурой последнего поколения стоит задача детализации структурно-тектонических особенностей района исследований.

По результатам поисково-оценочных работ на поиски золота масштаба 1:50 000 выявлен ряд ореольно-аномальных зон, совпадающих как с известными проявлениями золота (Бактай Южный, Карьерный, Западный, Ортосай и др.), так и ранее неизвестные. Так, на площади аномалии 4 участка Итбас был зафиксирован площадной ореол рассеяния золота, в пределах которого выявлено кварцево-жильное месторождение Долинное, которое оценено перспективным, со значительными запасами золота.

В 20 км к западу от месторождения Долинное работами последних лет выявлено месторождение золота Пустынное кварц-золото-пиритового типа, которое по прогнозным запасам оценивается как крупное. Поисково-оценочные, геолого-геофизические работы на месторождении начаты в 1980 году.

Полученные материалы свидетельствуют о достаточной эффективности выполненных геолого-геофизических работ и высоких перспективах Иткудук-Бактайской зоны в отношении поисков крупных промышленных месторождений золота. В целом, имеющиеся аэрогеофизические, грави- и магнитометрические материалы вполне достаточны для решения задачи создания современной геофизической основы, но нуждаются в увязке и переинтерпретации. На отдельных участках детализации необходима постановка современных высокоточных методов исследований.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

- имеющиеся изданные карты масштаба 1:200 000 составлены на основе материалов 50-х-начала 80-х годов и в настоящее время морально устарели;
- в процессе подготовки к написанию данной работы собран массив геологической и геофизической информации, требующий обобщения, увязки, анализа и интерпретации в свете современных стратиграфических, геодинамических, металлогенических и др. представлений, что является одной из приоритетных задач региональных исследований, учитывая высокую поисковую перспективность района, в частности, на золото.

## **2 Геологическое строение участка исследований**

Участок Карьерный расположен в юго-западной части Северо-Балхашского мегантиклинория, в зоне параллельных и пересекающихся разломов глубинного заложения, тяготеющих к Бактай-Иткудукской и Казыкской тектоническим зонам.

В геологическом строении участвуют отложения протерозойской, кембрийской, ордовикской, девонской, каменноугольной, пермской, неогеновой и четвертичной систем. Интрузивная деятельность проявилась во внедрении небольших тел, ограниченных тектоническими контактами позднепротерозойских габбро-перидотитов и пермских малых интрузий гранодиорит-диоритовой формации саякского и катбарского комплексов.

При описании геологического строения автор использовал геологические карты западной части Северо-Балхашского антиклинория 1:200 000 и 1:50 000 масштабов (К отчету за 1979-1983 г Балхашской геологоразведочной экспедиции, Иткудукская ПРП, Стасив И.В. и др.). Для приведения данных многочисленных геологических съемок к единой основе, автор отчета 1978-1983 г. принял за основу легенду геологической карты Казахстана 1:500 000 масштаба (серия Центрально-Казахстанская), составленную коллективом авторов ЦКТГУ в 1978 г. по редакцией Думлера Л.Ф.

В соответствие с этой картой на основе использования результатов пятидесятитысячных съемок составлены геологические карты района работ масштаба 1:200 000 и 1:50 000 (Рисунок 2.1), а также приведено описание стратиграфии, магматизма и тектоники.

### **2.1 Интрузивные породы**

Интрузивные породы в рассматриваемом районе пользуются достаточно широким распространением и по времени внедрения охватывают огромный диапазон времени от верхнего протерозоя до нижней перми. По данным Кошкина В.Я., они представлены тремя комплексами: позднепротерозойским, раннепермским (саякским) и позднепермским (катбарским). Возраст их, в основном, определен по взаимоотношениям с вмещающими породами.

#### **2.1.1 Интрузивные комплексы**

Позднепротерозойский габбро-перидотитовый комплекс ( $\sigma PR_3 \nu PR_3$ ).

К позднепротерозойскому габбро-перидотитовому комплексу относится группа ультраосновных и основных пород, слагающих небольшие тела и массивы в центральной части территории изучения. Характерной



Таблица 2.1 – Стратиграфическая колонка к геологической карте

Система	Отдел	Ярус	Свита	Литологический состав
Q	Верхний плейстоцен-голоцен			Иловые и песчаные глины, щебнистые суглинки.
	Средний-верхний плейстоцен			Пески, гравий, галечник
N	Миоцен-Плиоцен		Павлодарская	Загипсованные глины, прослой песчано-щебнистого материала, пески
P	Нижний		Чубарайгырская	Трахибазальты, трахиандезиты, трахидациты, андезиты, игнимбриты, туфы
C	Верхний			Красноцветные конгломераты, средне-крупнозернистые песчаники, гравелиты
	Средний-верхний		Тастыкудукская	Разнозернистые песчаники, известняки, туффиты
	Нижний	Турне		Известковистые алевролиты, пепловые туфы и туфопесчаники
D	Верхний	Фаменский		Розовато-серые разнозернистые песчаники, алевролиты, горизонты гравелитов.
S	Верхний	Ллудловский		Серые алевролиты, мелкозернистые песчаники, единичные прослой пепловых туфов
	Нижний	Лландоверийский-венлокский		Песчаники, алевролиты с прослоями мелкогалечных конгломератов, грубозернистые осадочные породы, гравелиты
Э	1-2		Казыкская	Базальные конгломераты-брекчии с обломками габброидов, плагиогранитов и серпентинитов.
Эit			Итмурундинская	Яшма, кремнистый алевролит, диабаз, базальт, базальтовый порфирит, полимиктовый песчаник.

Помимо перечисленных пород, массивы сопровождаются серией мелких будинообразных тел и клиновидных отторженцев, состоящих из амфиболитов, окварцованных яшм, песчаников, диабазов. Размеры тел колеблются от первых метров до 200-300 м в длину. Форма их удлиненная, овальная, ориентировка близка общей вытянутости массивов. Серпентиниты вокруг блоков рассланцованы, степень рассланцевания при удалении от блоков уменьшается.

Породы массивов, как правило, сильно раздроблены, дислоцированы. Контакты с вмещающими осадочными породами носят ярко выраженный тектонический характер, сопровождаются мощными зонами рассланцевания, смятиями, лимонитизации, лиственизации как вмещающих пород, так и самих гипербазитов. Лиственины представляют собой гранобластовый агрегат кварца, карбоната с незначительной примесью мусковита, хлорита, серпентина и редкой рассеянной вкрапленностью зерен пирита размером до 1-3 мм. С поверхности лиственины лимонизированы, местами окрашены в ярко зеленый цвет гидроокислами хрома.

Определение возраста позднепротерозойского габбро-перидотитового комплекса весьма затруднительно. В большинстве случаев ультраосновные породы прорывают отложения итмурундинской свиты и, как уже отмечалось, пространственно неразрывно связаны с ними. Контакты с более молодыми отложениями в большинстве случаев тектонические.

По данным Антонюка Р.М., в районе месторождения Тесиктас обломки ультраосновных пород встречены в базальных конгломератах казыкской свиты нижнего кембрия, что дает основание датировать их возраст верхнепротерозойским.

Раннепермский саякский интрузивный комплекс ( $\delta_1\gamma\delta P_1s$ ).

Породы саякского комплекса образуют ряд обособленных массивов в пределах исследуемой территории. Они приурочены, в основном, к вулканотектоническим депрессиям и зонам долгоживущих разломов глубинного заложения. Это предопределяет их тесную пространственную связь с полями развития тастыкудукской и кунгисаякской свит.

Саякский интрузивный комплекс объединяет породы первых фаз внедрения. К первой фазе относится габбро, габбро-диориты и диориты, слагающие в районе серию небольших массивов изометричной формы. Наиболее типичные представители этой фазы – диориты и габбро, встречаются довольно редко. Наряду с переходами от меланократовых разностей диоритов и габбро встречаются габбро самостоятельного начального этапа внедрения в виде пироксен-роговообманковой разновидности. Диориты – мелко и среднезернистой породы нормального типа.

Породы второй фазы пользуются наибольшим распространением и представлены гранодиоритами, кварцевыми диоритами, плагиогранитами. Среди них преобладают средне-крупнозернистые гранодиориты серовато-розового цвета с роговой обманкой, биотитом, пироксеном. К краевым

частям гранодиоритовых массивов часто тяготеют кварцевые диориты. Диориты с гранодиоритами связаны постоянными переходами.

После второй фазы происходит внедрение многочисленных даек. Состав дайковой серии (в порядке внедрения) следующий: диорит-порфириды, кварцевые диорит-порфириды, плагигранит-порфиры, диабазовые порфириды. Протяженность даек составляет несколько км. Мощность 5-12 м. На рассматриваемой территории дайковая серия второй фазы внедрения саякского комплекса получила широкое развитие. Для них характерен повышенный фон золота, меди и других элементов. Повсеместно отмечается вкрапленность пирита и халькопирита.

Гранитоиды третьей фазы внедрения имеют ограниченное распространение. Это массивные мелкозернистые граниты с примерно равным содержанием калишпата и плагиоклаза, с переменным количеством темноцветных, вплоть до лейкократовых разностей.

Дайковый комплекс (следующий за гранитами 3-ей фазы) по составу аналогичен дайкам предыдущей фазы.

За пределами района гранитоиды саякского комплекса прорывают континентальные вулканические толщи пермского времени. Таким образом, возраст интрузий, скорее всего, раннепермский и внедрение их совпадает со временем становления топарских интрузий.

По данным нейтронно-активационного анализа в неизмененных интрузивных породах саякского комплекса концентрация золота достигает 9,3 мг/т, серебра – 500 мг/т.

Позднепермский катбарский интрузивный комплекс (P<sub>2</sub>kb)

Интрузивные образования катбарского комплекса на территории исследований пользуются ограниченным развитием. К ним отнесены мелкие и относительно крупные тела гранитов и гранит-порфиров в северо-восточной части описываемой площади. В катбарском интрузивном комплексе выделяются граниты двух фаз внедрения. Первая фаза (главная) образована порфировидными крупнозернистыми биотитовыми гранитами. По составу они занимают промежуточное положение между щелочными и щелочноземельными гранитами.

Вторая фаза (дополнительная) представлена мелкозернистыми гранитами, которые приурочены к краевым частям интрузивных массивов. По минералогическому и петрохимическому составу граниты дополнительной фазы почти не отличаются от ранее внедрившихся пород, являясь, в общем, более лейкократовыми. Жильные разности представлены дайками гранит-порфиров и аплитов.

Схематическая геологическая карта участка Карьерный представлена на Рисунке 2.2.

В рамках создания современной цифровой модели по материалам участка Карьерный был оцифрован геологический разрез по профилю 3-3, представленный на Рисунке 2.3.

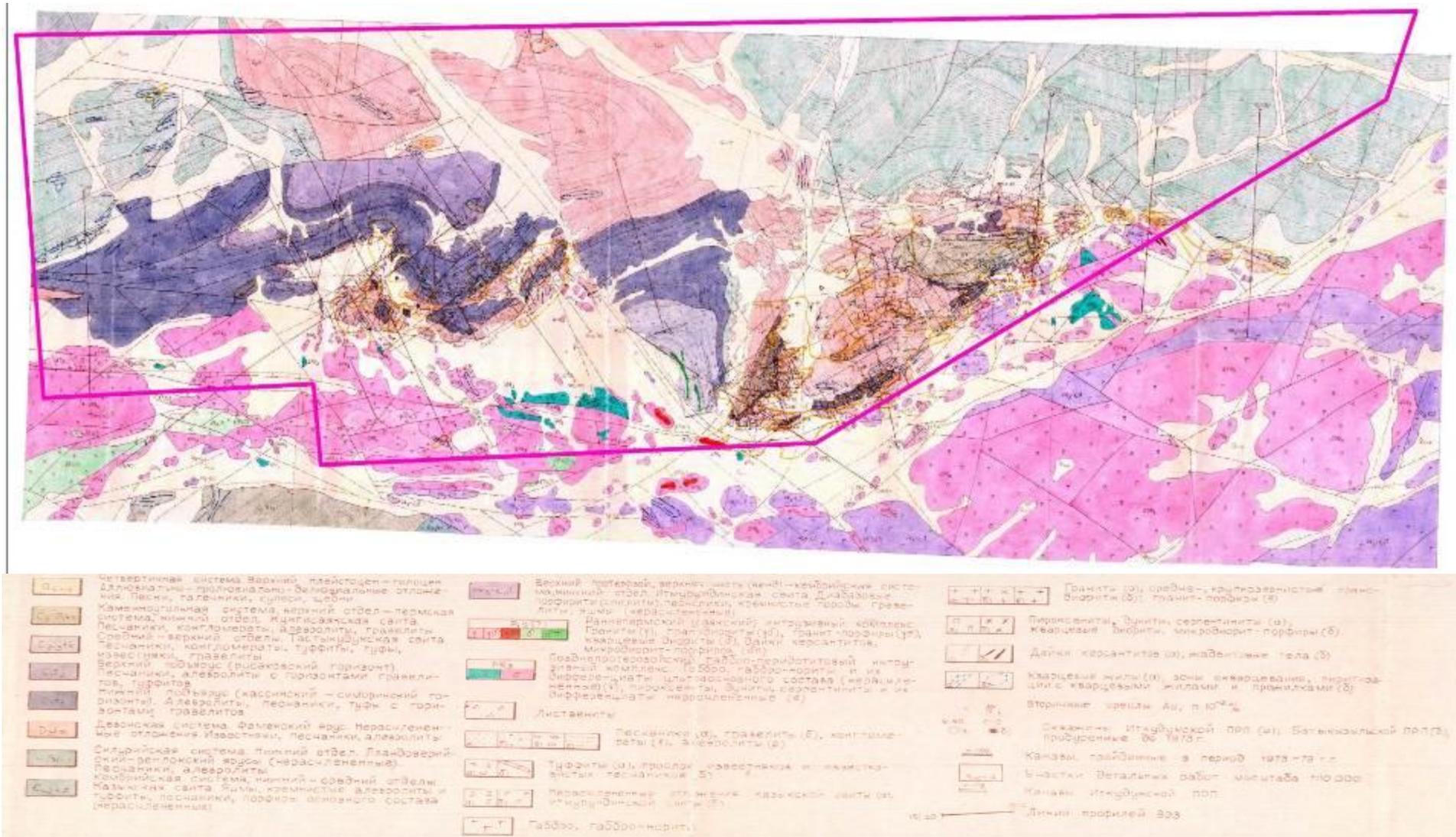


Рисунок 2.2 – Схематическая геологическая карта участка Карьерный масштаб 1:20 000 (Выполнена к отчету за 1979-1983 г. г., авторы: Стасив И.В. и др.).

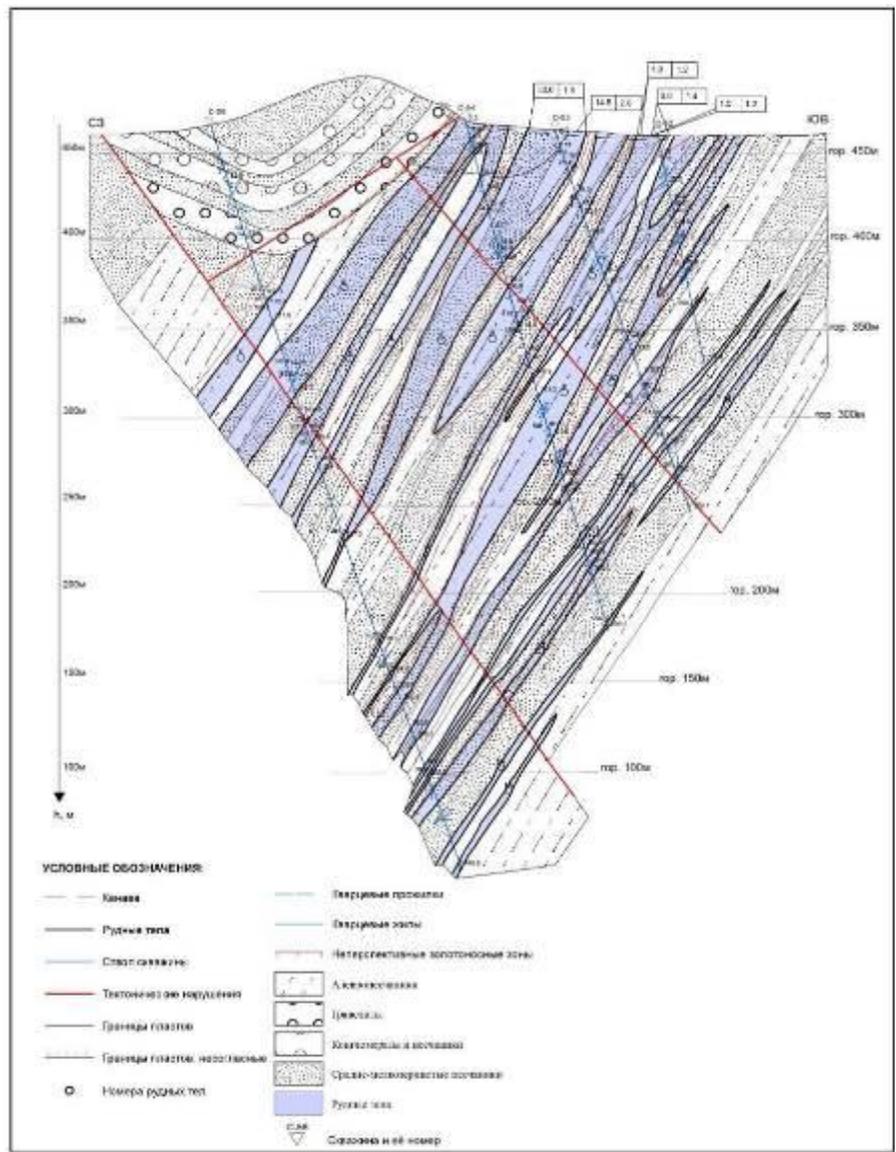


Рисунок 2.3 – Геологический разрез по профилю 3-3 участка Карьерный.

## 2.2 Особенности тектоники рудного поля

Определяющим элементом тектоники рудного поля являются региональная надвиговая структура, выделенная еще при геологической съемке масштаба 1:50 000 (Кошкин В.Я., 1980-1986г.г.). Все более или менее значимые объекты, представляющие практический интерес, размещены в принадвиговых складчатых (сложных) структурах, тяготеющих к фронтальной части надвига. Основанием надвиговой структуры служит отчетливо выраженная меланжевая зона, строение которой описано В.Я.Кошкиным. По его данным по составу она представлена полимиктовым меланжем с серпентинитовым матриксом. Обломки – будины, глыбы, блоки в серпентинитовом меланже – имеют размеры от первых метров до сотен метров. Насыщенность в них изменяется от слабой до почти сплошной. Плойчато-сланцеватый серпентинит составляет 50-70%. Отдельные относительно крупные блоки в меланжевой зоне представлены различными породами итмурундинской свиты (кремнистые алевропелиты, яшмы, базальты) среднего ордовика и габброидно-альбитит-жадеитовой ассоциацией. В таких блоках матриксом служат рассланцованные и смятые базальтоиды. Тектоника надвиговой структуры (детальная, обеспечивающая требования детальных поисков и разведки), к сожалению, никем не изучена. Важную роль в размещении более позднего магматизма и оруденения играют принадвиговые (весьма сложные) структуры, система трещин (вернее, мелких разломов) торошения, различного возраста и природы, сколы в аллахтонных блоках и т.п. Все эти вопросы нужно решать в процессе полевых наблюдений. Каждый элемент тектоники (кливажные трещины по типам, закономерности формирования принадвиговых складчатых структур и т.п.) должен быть откартирован. На рудном поле отчетливо проявлен молодой (посттриасовый, по В.Я.Кошкину) сдвиг, проходящий между участком Копшоки и Карьерный. Сдвиг правосторонний и имеет амплитуду 1500-1700 м (Рисунок 2.4).

Предварительный тектонофациальный анализ и дешифрирование космоснимков и контактной печати исследуемого рудного поля позволяет выделить следующие возрастные группы дислокационных структур различных термодинамических обстановок их формирования:

- 1) раннекаледонские мезозональные и локальнокатазональные шовные средних и высших тектонофаций  $\{C^1 (M-K^J)\}$ ш, деформирующие отложения  $E_{1-2}$ ;
- 2) среднекаледонские ниже- и верхнемезозональные шовные средних и высших тектонофаций  $(C^2 M^{H-B})$ ш, развитые по флишоидам  $S_1$ ;
- 3) раннегерцинские ниже- и верхнемезозональные шовные средних и высших тектонофаций  $(H^1 M^{H-B})$ ш, преобразующие отложения  $D_{3fm}$ ;
- 4) раннегерцинские верхнемезозональные-эпизональные шовные средних (V-VII) и высших (V-X) тектонофаций  $\{H^1 (M^B-Э)\}$ ш, дислоцирующие породы  $C_{1t}$ ;

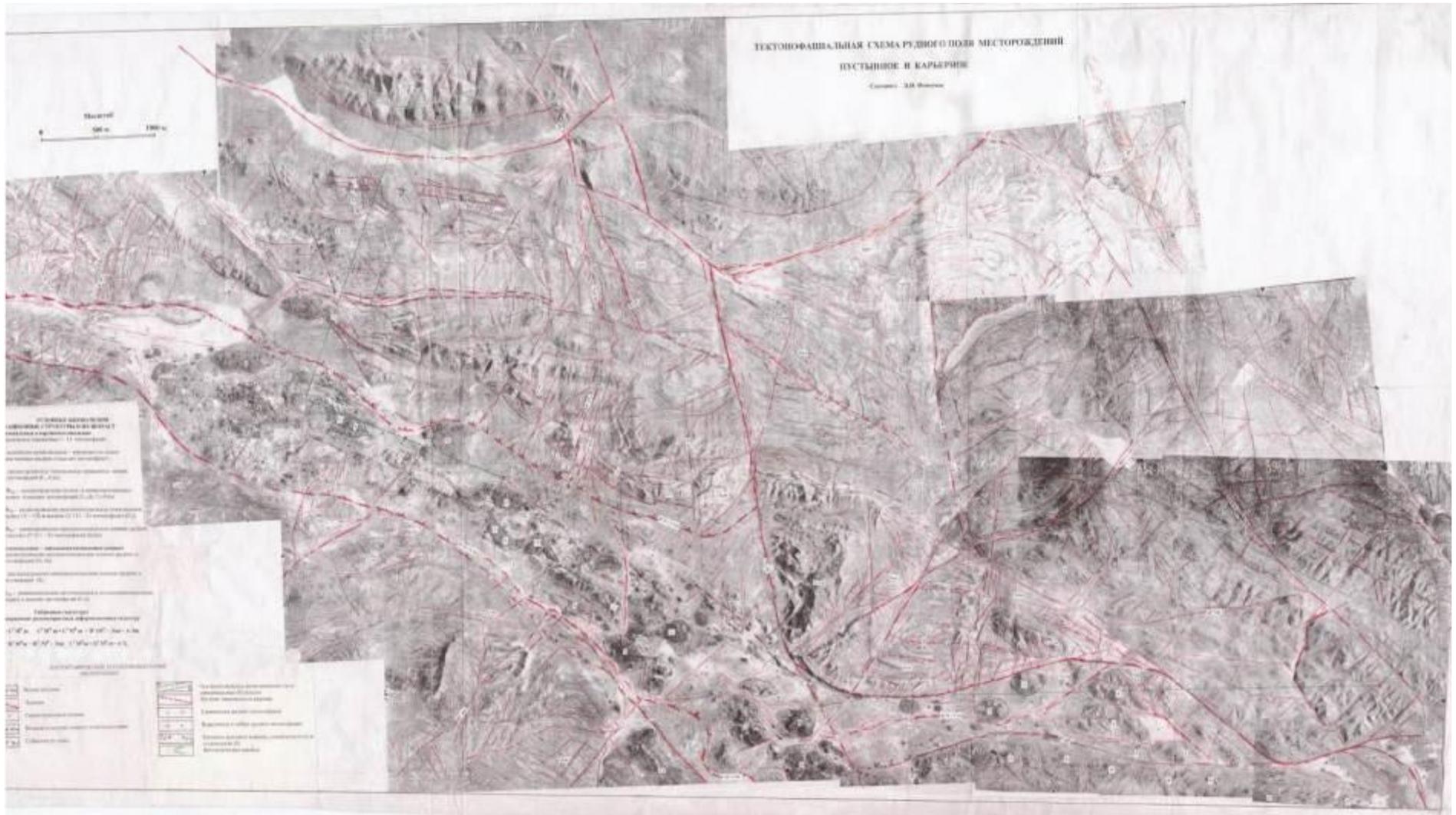


Рисунок 2.4 – Тектонофациальная схема рудного поля месторождений Пустынное и Карьерное.

5) среднегерцинские эпизональные локальношовные ( $H^2 Эш$ ) и отраженные ( $H^2 Эо$ ) средних и высших тектонофаций, деформирующие отложения  $C_{2-3tk}$ ;

6) среднегерцинские эпизональные отраженные ( $H^2 Эо$ ) низких и средних тектонофаций, деформирующие отложения  $C_3-P_1ks$ ;

7) позднегерцинские отраженные низких и средних тектонофаций ( $H^3 Эо$ );

8) Альпийские мезозональные-верхнемезозональные-эпизональные шовные средних (V-VII) и высших (V-X) тектонофаций (А Эш);

9) Альпийские отраженные I-II тектонофаций (А Эо).

Из них наивысшей дислоцированностью пород (вплоть до IX-X тектонофаций) и наибольшей протяженностью обладают принадвиговые зоны, их ответвления и чешуи в верхнедевон-нижнекарбонных толщах и зоны серпентинитового меланжа ( $C^1 Mш+H^1 M^{H-B}ш$ ), север-северо-западные и субширотные зоны нижнемезозональной линейаризации нижнесилурийских отложений ( $C^2 M^{H-B}ш$ ), север-северо-западные и субширотные зоны мезозональных шовных складчато-кливажных деформаций верхнедевонских толщ ( $H^1 M^{H-B}ш$ ) и север-северо-западные зоны субвязких и хрупких сдвиговых разрывов ( $H^2 Эо + А Эш$ ).

Из шовных зон, линейаризующих нижнесилурийские толщи, наибольшей дислоцированностью обладают субширотные, а наибольшей протяженностью и масштабностью проявления – север-северо-западные разновидности. Первые из них характеризуются линейным интенсивно сжатым типом складок с круто опрокинутым (под углом  $75-85^\circ$ ) падением слоистости и осевого кливажа на юг. Одна из них на северо-западе рудного поля в приконтактной части с верхнедевонскими отложениями контролирует золотое рудопроявление Северо-Западное. Аналогичного типа север-северо-западная зона линейаризации, находящаяся на восточном фланге рудного поля (выходя за его пределы к северу), характеризующаяся линейным типом складок (с интенсивно проявленным кливажем) с крутым ( $75-85^\circ$ ) падением крыльев, а на севере – с опрокинутым залеганием, трассируется на всем протяжении (более 6 км) ореолами золота.

Значительно более сложную тектонофаціальную позицию, благоприятную для развития штокверковой минерализации, занимает участок Западный, расположенный западнее условной границы рудного поля месторождения Пустынное. На нем широко проявлены раннегерцинские мезозональные шовные зоны субширотной и запад-северо-западной ориентации. Они представлены сжатыми складками, сопровождаемыми интенсивным осевым кливажированием пород. В ряде мест крылья таких складок, особенно в призамковых частях, однотипно изогнуты под воздействием субмеридиональных и северо-восточных зон верхнемезозонального кливажирования и субвязких разломов. К местам сопряжения этих разноориентированных зон повышенных дислокаций и тяготеет рудопроявление Западное.

Одним из наиболее крупных линеаментов в районе является север-северо-западная зона субвязких и хрупких сдвиговых разломов, проходящая в центре рудного поля. Вдоль неё зафиксировано сдвиговое смещение яшмовых толщ казыкской свиты ( $\text{Є}_{1-2}\text{KZ}$ ) и верхнекарбово-нижнепермских отложений на 1,5 км. Она в участках пересечения с другими зонами повышенной деформированности пород играет существенное рудолокализирующее значение.

При структурном анализе предпочтительное внимание уделялось выяснению тектонофациальной позиции основных месторождений рудного поля и особенностям их строения.

Весьма сложную тектонофациальную позицию занимает месторождение Пустынное. Оно приурочено к узлу сопряжения мезозональной шовной зоны раннегерцинских дислокаций субмеридионального простираения с более молодой субширотной верхнемезозональной зоной раннегерцинских деформаций, представленной двумя сближенными антиклинальными складками шовного типа, сопровождаемыми интенсивным кливажированием и субвязкими разломами.

Важное значение в становлении этого месторождения принадлежит первой из них – субмеридиональной мезозональной зоне вязких разломов и повышенного кливажирования в парагенезисе с сильно сжатыми складками, составляющих единую мезозональную структурную триаду раннегерцинского тектогенеза. Ряд таких малых сжатых конгруэнтных складок, сопровождаемых зонами интенсивно проявленного осевого кливажа, фиксируются в южном борту карьера месторождения. Они трассируются в субмеридиональном направлении и круто падают на восток. Их возникновение связано с вязко-сдвиговыми тектоническими подвижками северного крыла основного глубинного разлома региона, проходящего южнее месторождения и возникшего ещё в раннекаледонский период дислокаций и многократно подновляемого в ранней и средней фазах герцинского тектогенеза. Ранне- и среднегерцинское подновление зоны сдвигового течения пород вызвало формирование в его борту сигмоидального (флексурообразного) искривления в простираении пород.

Непосредственно под тектоническое воздействие этой шовной зоны на месторождении попали две рядом расположенные антиклинальные складки и сопровождающие их зоны кливажирования раннегерцинских дислокаций, испытавшие, помимо аналогичного сигмоидального разворота, интенсивную дислокационную переработку и формирование комбинированных структур. Сохранившиеся фрагменты этих складок обнажены за пределами этой зоны дислокаций к западу от северного борта карьера и восточнее юго-восточного его края. К тому же в терригенных углеродистых отложениях месторождения широко проявлен слоевой кливаж. Его формирование, как и преобразование и существенное осложнение структуры месторождения внесли масштабные надвиговые подвижки, охватившие верхнедевон-нижнекарбовые

углеродисто-терригенные отложения. Возможно, с ними связано и формирование самих субширотных сжатых складок.

Повышенная деформированность пород обусловило и развитие в них протрузий ультрабазитов и внедрение мелких субвулканических тел.

На Южном и Северо-Восточном участках месторождения Карьерное, сложенных верхнедевонскими терригенными отложениями, штокверковая золоторудная минерализация приурочена к местам сопряжения мезозональных шовных интенсивно сжатых складок субширотного простирания ( $H^1 M^{H-B}$  ш), сопровождающихся зонами повышенного осевого кливажирования и вязкими разломами, с субмеридионально ориентированной эпизональной зоной хрупких разрывов. Её становление привело к образованию сводообразного изгибания шарниров пересекаемых мезозональных складок с пологим их падением от зоны разрывов на запад и восток и проявление интенсивного окварцевания вмещающих пород.

Несколько другую структурную позицию имеет Западный участок месторождения Карьерное (собственно Карьерное месторождение), находящийся в изолированном тектоническом клине, ограниченном с северо-запада северо-восточным, а с юго-востока – север-северо-восточным разрывами. Образованная в нем складка с пологими крыльями простирается в северо-восточном направлении. В ней широко проявлен межслоевой кливаж, способствовавший проявлению надвиговых подвижек вдоль чешуй, параллельных основанию надвига. На них наложен секущий кливаж, особенно широко проявленный на соседнем Южном участке параллельно кромке основного надвига.

Термодинамическая обстановка формирования мезозональных шовных зон повышенной дислоцированности пород обусловила значительное развитие в породах кварцевых прожилков и жил альпийского типа с убогой золоторудной минерализацией, строго контролируемых плоскостями осевого и слоевого кливажа разновозрастных фаз дислокаций.

Такое наложение на основных объектах рудного поля интенсивно проявленной широкой гаммы разноориентированных разновозрастных структурных парагенезисов с дислоцированностью пород до высших тектонофаций создало благоприятную среду для формирования штокверковой минерализации.

Определенный вклад в общую структурную обстановку рудного поля вносят внедрившиеся в ультрабазиты гранитоиды саякского комплекса ( $P_1$ ), становление которых произошло в статических условиях и поэтому выполняющих роль локального цементатора ранее интенсивно дислоцированных пород, создающего локально контрастную физико-механическую обстановку деформированной среды.

### 3 Физические свойства горных пород изучаемого участка

Анализ физических свойств района исследований выполнен на основе использования следующих материалов:

- Отчет Гравиметровой партии за 1968-1969 г. г. Шетский и Актогайский районы Карагандинской области. Листы L-43-28-А, Б, В, Г, 40-А, 33-Б, Г; 34-А, В., 45-А, Б) «Гравиметровая съемка в Северном Прибалхашье» (Авторы Москалев Ю.П., Калинин В.П.)

- Отчет по проведению детальных поисков золота на площади месторождения Пустынное и поисково-оценочных работ на участке Западный за 1979-1983 г. г. (Авторы: Стасив И.В, Волошин В.В. и др.);

- Отчет о результатах комплексной аэрогеофизической съемки масштаба 1:25 000 в Северном Прибалхашье за 1977-1980 г. г. (авторы Жунусов Р.К, Комаров А.М. и др.);

- Отчет по результатам региональных геофизических работ масштаба 1:50 000 на площади планшетов L-43-20-В(г); L-43-20-Г(в); L-43-32-А(б, г); L-43-32-Б и поисковых работ в пределах Иткудук-Бактайской рудной зоны масштаба 1:10 000 1972-1979 г. г. (Авторы Сушков В.А., Стасив И.В., Сафиюлин Б.Н и другие).

#### 3.1 Плотность

Плотность горных пород, слагающих данную территорию, варьирует в очень широких пределах, что обусловлено большим разнообразием пород.

Наиболее плотными из интрузивных образований являются пироксениты, модалное значение плотности у которых  $2,98 \text{ г/см}^3$ .

Габбро характеризуется плотностью  $2,86 \text{ г/см}^3$ . У серпентинитов плотность меняется в пределах  $2,46-2,72 \text{ г/см}^3$  при модалном значении  $2,60$ .

Плотность интрузивных пород пермского возраста зависит от их основности и состава. Так, модалное значение плотности гранитов  $2,55 \text{ г/см}^3$ , у гранодиоритов  $2,61 \text{ г/см}^3$  и повышается до  $2,68 \text{ г/см}^3$  для диоритов.

Эффузивно-осадочные образования на описываемой территории представлены породами различного возраста. Наиболее древними из них являются породы итмурундинской свиты, а молодыми – каменноугольного возраста. По возрастам плотностной дифференциации не наблюдается. В то же время можно выделить три группы литологических разностей пород.

Пониженную плотность до  $2,63 \text{ г/см}^3$  имеют яшмокарциты итмурундинской и казыкской свит, песчаники фаменского яруса, алевролиты турнейского яруса, окварцованные песчаники кунгисаякской свиты.

В петроплотностную группу  $2,64-2,67 \text{ г/см}^3$  попадают алевролиты нижнего силура, кремнистые алевролиты и песчаники кунгисаякской свиты.

Плотностью от 2,68 г/см<sup>3</sup> и более обладают спилиты, диабазовые порфириты итмурундинской свиты, песчаники нижнего силура, алевролиты кунгисаякской свиты.

Гидротермально-измененные разности пород, характеризуются плотностью 2,5-2,69 г/см<sup>3</sup>. Плотностные характеристики горных пород района исследования представлены в Таблице 3.1.

### 3.2 Магнитная восприимчивость

Магнитные свойства пород, слагающих район, изменяются в очень широких пределах.

В целом, намечается повышение намагниченности горных пород от кислого и кисло-щелочного ряда до основных как среди эффузивных образований, так и среди интрузивных пород, вне зависимости от возраста.

Осадочные отложения характеризуются низкими значениями магнитной восприимчивости, колеблющиеся в пределах от 0-150x10<sup>-6</sup> СГС и создают спокойные отрицательные поля ( $\Delta T$ )а.

Липаритовые порфиры и их туфы обладают магнитными свойствами в диапазоне 24-310x10<sup>-6</sup> СГС и создают одинаковые по интенсивности с осадочными породами магнитные поля, но более сложного строения. Более повышенной средней намагниченностью (116-726)x10<sup>-6</sup> СГС характеризуются липарито-дацитовые порфиры и туфолавы дацитовых порфиров. Площадям развития этих образований отвечают переменные со значительными горизонтальными градиентами магнитные поля мозаичного характера.

Высокие значения магнитной восприимчивости характерны для андезитовых и андезито-дацитовых порфиритов и их туфов. Их средняя магнитная восприимчивость колеблется в пределах 570-1150x10<sup>-6</sup> СГС. Магнитные поля над ними положительные (200-600 и более гамм), нередко изрезанные. Это объясняется, по-видимому, переслаиванием андезитовых порфиритов со средне- и слабо-магнитными эффузивами. Своеобразную группу пород по характеру создаваемых ими магнитных полей составляют образования жерловой фации. При значениях магнитной восприимчивости 300-500x10<sup>-6</sup> СГС они создают интенсивные резкоградиентные отрицательные аномалии различных форм. Отсутствие сведений о направлении и величине вектора остаточного намагничения не дает объяснения наблюдаемым полям. Практически немагнитными из интрузивных пород являются граниты и гранит-порфиры пермской системы.

Габбро, перидотиты, позднепротерозойского комплекса характеризуются большой изменчивостью магнитных свойств, т.к. для одной группы пород модальное значение магнитной восприимчивости составляет 130 нТл, для других эти величины превышают 3000 (Таблица 3.1).

### **3.3 Электрические свойства**

Сведения об электрических свойствах горных пород и руд приводятся по данным полевых и каротажных работ Бактайской, Батыкызыльской, Восточной, Итмурундинской, Кашкарской и Гравиметровой партий. Изучались параметры кажущегося сопротивления и поляризуемости.

#### **3.3.1 Кажущееся сопротивление**

Полевыми и каротажными исследованиями установлено, что сопротивление песчаников колеблется от 100 до 1800 Ом·м. У алевролитов максимальная величина кажущегося сопротивления достигает 2400 Ом·м.

Для яшмокварцитов характерно сопротивление до 1000 Ом·м, варьирует оно в зависимости от количества магнетита.

Сопротивление серпентинизированных ультрабазитов составляет 5-100 Ом·м. Сопротивление габбро 1500 Ом·м, у диабазовых порфиритов синийского возраста до 6000 Ом·м.

Гидротермальные изменения в виде окварцевания повышают сопротивление пород до 500 Ом·м, а процессы сульфидной минерализации снижают сопротивление до 50-100 Ом·м.

Углефицированные алевролиты имеют сопротивление 50-75 Ом·м.

#### **3.3.2 Поляризуемость**

В результате исследований поляризуемости горных пород установлено, что этот параметр зависит не только от количества электропроводящих минералов, но и от их характера распределения и размера зерен.

Общим признаком для неизменных разностей пород является их слабая поляризуемость, величина которой не превышает 3%.

У пиритизированных песчаников поляризуемость достигает 9,4%, для интенсивно пиритизированных с халькопиритом песчаников она составляет 17,8%.

Наличие в серпентинизированных ультрабазитах тонкораспыленного магнетита повышает их поляризуемость до 28,1%.

Поляризуемость интрузивных пород кислого состава зависит от количества в них сульфидов. У пиритизированных с халькопиритом гранитов поляризуемость достигает 4,8%, у пиритизированных гранодиоритов 19%.

Таблица 3.1 – Плотностные и магнитные свойства района исследований

Наименование пород	Возраст	Плотность, г/см <sup>3</sup>				Магнитная восприимчивость, нТл			
		Кол-во образ.	мин.	макс.	ср. арифм	Кол-во образ.	мин.	макс.	ср. арифм
Алевролиты	<i>Snit</i>	108	2,31	2,93	2,61	108	0	740	140
Спилиты	<i>Snit</i>	170	2,37	2,86	2,67	185	0	3440	330
Серпентиниты	<i>Snit</i>	150	2,95	3,70	3,2	102	50	5600	1200
Яшмокварциты	<i>Snkz</i>	88	2,36	2,87	2,56	100	0	1380	28
Песчаники	<i>Єtr</i>	32	2,53	2,65	2,58	32	0	1800	150
Диабазы	<i>Dtr</i>	26	2,62	3,49	2,87	26	0	2640	980
Алевролиты	<i>O<sub>2</sub>l</i>	75	2,47	2,81	2,59	141	0	1740	15
Известняки	<i>O<sub>2</sub>l</i>	121	2,26	2,81	2,61	115	0	1785	17
Песчаники	<i>S<sub>2</sub>ld</i>	16	2,61	2,75	2,68	16	1,7	316	38
Алевролиты	<i>S<sub>2</sub>ld</i>	24	2,63	2,77	2,69	24	3,1	562	87
Эффузивы кислого состава и их туфы	<i>D<sub>1-2</sub>nt</i>	346	2,50	2,62	2,62	346	0	3450	100
Порфириты андезитовые	<i>D<sub>1-2</sub>gk</i>	119	3,41	3,92	3,48	119	0	13500	870
Песчаники	<i>D<sub>3</sub>fr</i>	487	2,30	3,00	2,59	487	0	3800	35
Эффузивы кислого состава и их туфы	<i>D<sub>3</sub>fr</i>	346	2,50	2,82	2,62	374	0	3450	100
Известняки	<i>D<sub>3</sub>fm</i>	181	2,20	3,04	2,60	203	0	1700	33
Кремнисто-глинистые сланцы	<i>D<sub>3</sub>fm</i>	174	2,46	3,16	2,60	147	0	4100	44
Эффузивы и туфы кислого состава	<i>C<sub>1</sub>t</i>	933	2,27	2,76	2,56	963	0	4500	530
Эффузивы и туфы среднего состава	<i>C<sub>1</sub>V<sub>2+3</sub>sk</i>	78	2,65	2,73	2,69	78	0	6750	555
Дациты, туфы среднего состава	<i>C<sub>1</sub>V<sub>3</sub>.n-kr</i>	178	2,36	2,73	2,66	141			16
Липаритовые порфиры и их туфы	<i>C<sub>1</sub>V<sub>3</sub>.n-kr</i>	137	2,52	2,74	2,60	137	0	790	262
Андезитовые порфиры	<i>C<sub>2</sub>Vkl</i>	83	2,63	2,83	2,74	83	10	2300	570

### 3.4 Радиоактивность

Необходимо отметить, что значение радиоактивности, характеризующие те или иные геологические разновидности по району сугубо условные в виду недостаточно хорошей обнаженности участка исследования. Этим же обстоятельством объясняются большие вариации величин радиоактивности для однотипных геологических образований.

Низкими значениями радиоактивности и концентраций РАЭ обладают осадочные отложения всех возрастов (5-6 мкр/час). Также слабой радиоактивностью характеризуются андезитодацитовые порфириды (5-6 мкр/час). Вторичные кварциты характеризуются гамма-активностью 4-5 мкр/час.

Туфолавы липаритодацитового состава, липаритодацитовые порфиры, кварцевые и кварцполевошпатовые порфиры, туфы кислого состава каркалинской ( $C_{1V3-nkr}$ ), керегетасской ( $C_{2-3kg}$ ) свит характеризуются гамма-активностью 8-12 мкр/час и повышенным содержанием РАЭ.

Интрузивные образования дифференцируются в гамма-поле только по их литолого-петрографическим особенностям, независимо от принадлежности к той или иной комплексу. Гамма-интенсивность гранодиоритов, диоритов колеблется в пределах 5-7 мкр/час. Граниты всех комплексов имеют радиоактивность 5-6 мкр/час. Крупнозернистые граниты характеризуются повышенными значениями гамма-активности – 8-9 мкр/час.

Анализ физических свойств горных пород района позволил сделать следующие ВЫВОДЫ:

1. По возрасту горные породы района исследований не дифференцируются;

2. Осадочные образования, представленные песчаниками, известняками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами имеют плотность от  $2,59 \text{ г/см}^3$  до  $2,90 \text{ г/см}^3$  независимо от их стратиграфической принадлежности, среди которых отложения девона и карбона характеризуются более низкой плотностью со средним осадочным значением  $2,66-2,69 \text{ г/см}^3$ . Более древние палеозойские осадочные породы имеют средние плотности  $\sigma_{cp}=2,70-2,75 \text{ г/см}^3$ ;

3. Осадочно-метаморфические отложения казыкской и тюретайской свит: яшмы, яшмокварциты, кварциты, глинисто-кремнистые породы характеризуются значениями плотности от  $2,54 \text{ г/см}^3$  до  $2,94 \text{ г/см}^3$  при  $\sigma_{cp}=2,67-2,72 \text{ г/см}^3$ ;

4. Эффузивные и эффузивно-осадочные образования – порфириды, туфы смешанного состава, эффузивы кислого состава – широко развиты на описываемой площади, средняя плотность которых колеблется в пределах  $2,66 \text{ г/см}^3-2,73 \text{ г/см}^3$ . Наибольшими значениями  $\sigma_{cp}$  обладают порфириды ( $\sigma_{cp}=2,72 \text{ г/см}^3$ ), наименьшими – кислые эффузивы ( $\sigma_{cp}=2,66-2,67 \text{ г/см}^3$ );

5. Изверженные горные породы хорошо дифференцируются по плотности, причем соблюдается известная закономерность: увеличение  $\sigma$  от

кислых разностей к основным. Так у биотитовых, биотит-роговообманковых гранодиоритов и кварцевых диоритов  $\sigma_{\text{ср}}=2,64$  г/см<sup>3</sup>, у ультраосновных пород, представленных на описываемой площади дунитами и перидотитами – 2,98 г/см<sup>3</sup>;

6. Средняя плотность верхней части палеозойского фундамента, сложенная осадочными, осадочно-эффузивными образованиями девона и карбона, приближается к величине 2,67 г/см<sup>3</sup>, которая принята за плотность промежуточного слоя. Таким образом, относительно ее на описываемой площади можно выделить следующие плотностные границы:

для итмурундинской свиты с разностью плотностей  $\sigma_{\text{эф}}=2,75-2,67$  г/см<sup>3</sup>=+0,08 г/см<sup>3</sup>;

для ультраосновных пород синийского комплекса с разностью плотностей 2,98-2,67=+0,31 г/см<sup>3</sup> (Таблица 4.1);

7. У эффузивно-осадочных пород магнитными являются яшма-кварциты, отдельные разности спилитов и диабазовых порфиритов итмурундинской свиты. Значение магнитной восприимчивости у них более 500 нТл.

8. Осадочные породы независимо от возраста практически немагнитные;

9. Гранодиориты и эффузивы основного состава, образованные в результате гидротермальных процессов, обладают слабыми магнитными свойствами. Поэтому зоны гидротермальной проработки отмечаются относительными понижениями магнитного поля;

10. В районе исследований повышенными магнитными свойствами обладают области распространения эффузивов основного состава, интрузий гранодиоритов и ультраосновных пород. Поэтому четко фиксируются магниторазведкой;

11. Зоны серпентинизации и гидротермально-измененных пород также картируются магниторазведкой положительными аномалиями;

12. Дифференцируемость электрических свойств горных пород достаточна как для решения задач картирования, так и для поисков зон гидротермальной проработки и связанных с ними проявлений полезных ископаемых;

## **4 Методика и техника выполнения комплекса геофизических работ**

На участке Карьерный проводились площадные гравимагниторазведочные измерения с целью геологического картирования, выделения зон метасоматических изменений, жильных и дайковых тел, областей расланцевания и дробления горных пород. Также на территории исследований проведено дипольное электрическое зондирование с измерением поля вызванной поляризации (ДЭЗ-ВП). Данные исследования выполнялись для прослеживания зон рудной минерализации по параметру поляризуемости с целью детального изучения распределения зон сульфидной минерализации и картирования зон низких значений удельного сопротивления, связанных с рудосодержащими породами.

Процессы вызванной поляризации наиболее интенсивны на контакте внутрипорового электролита с минералами, обладающими высокой электронной или дырочной проводимостью. К таким минералам относятся большинство сульфидов, некоторые окислы, графит. Для прослеживания зон сульфидной минерализации на территории участка Карьерный выполнены электроразведочные работы методом вызванной поляризации в модификации срединного градиента (ВП-СГ).

Особенностью геофизических работ является использование современной высокоточной аппаратуры, позволяющей существенно повысить качество геофизических данных.

### **4.1 Методика и техника электроразведки ДЭЗ-ВП**

В процессе выполнения электроразведочных работ ДЭЗ-ВП был использован электроразведочный комплекс производства канадской компании Instrumentation GDD. Электроразведочные работы ДЭЗ-ВП проводились в модификации профильных глубинных зондирований с использованием системы поль-диполь. Общий объем работ по технологии ДЭЗ-ВП составил 19 профилей, суммарная длина которых – 24,55 пог.км. Измерения выполнялись одновременно расстановкой из 16 приемных диполей. Длина диполя 50 м, шаг перемещения по профилю 50 м, расстояние от питающего электрода до первого приемного 50 м. Расстояние между профилями 200 м. Глубина исследований составила 400 м.

При измерении на каждой точке (пикете) профиля трансмиттер вырабатывал первичные прямоугольные импульсы тока частотой 1/8 Герца. Приёмник после достижения синхронизации с трансмиттером производил измерение параметров электрического поля, регистрировал спад потенциалов ВП.

Разность потенциалов для вычисления сопротивлений измерялась в рабочем интервале токового импульса с получением значения силы тока

протекающего через питающие электроды, а спад потенциалов ВП по кривой разряда измерялся в промежутке между импульсами трансмиттера.

Ресивер осуществлял регистрацию кривой спада потенциала ВП по 20 временным окнам, распределенным в течение рабочего интервала длительностью 2 000 мсек. Регистрация начиналась через 40 мс после выключения питающего тока трансмиттера. По измеренным значениям разностей потенциалов пропускания и ВП, силы тока автоматически вычислялись значения кажущегося удельного сопротивления и кажущейся поляризуемости в каждой точке профиля.

## **4.2 Методика и техника электроразведки ВП-СГ**

Измерения разности потенциалов между приемными электродами проводились двумя высокоточными измерителями ВПФ-210М и одним прибором типа EIN-209М. В качестве источника тока при выполнении работ применялся генератор ГЭР-5М.

Электроразведочные работы ВП-СГ обрабатывались со следующими параметрами: токовая линия АВ = 2000 м, межпрофильное расстояние 100 м (10 профиль на 1 кв. км), размер приемной линии MN = 50 м. Общий объем профильной электроразведки ВП-СГ при шаге 50 м составил 121.7 пог. км.

Технология работ ВП-СГ состояла в следующем: работы проводились 3-мя измерителями на 7-х параллельных профилях от одной токовой линии АВ, расположенной между третьим и пятым профилями. Протяженность зоны измерений ВП-СГ составила 1600 м.

## **4.3 Методика и техника гравиразведочных работ**

Для выполнения гравиметрических наблюдений применялись автоматизированные гравиметры CG-5 AutoGrav Scintrex (Канада), общепризнанные и широко использующиеся в мировой практике при выполнении высокоточных наземных гравиметрических съемок.

Воспроизводимость полевых измерений является главным показателем хорошей работы гравиметра SCINTREX CG-5 AutoGrav. ЗадOCUMENTированные полевые измерения CG-5 Autograv показывают, что разница между отдельными замерами и средним по пикету не превышает 0.005 мГал.

Гравиметр постоянно получает данные от встроенного датчика наклона. CG-5 Autograv может автоматически компенсировать ошибку за наклон прибора. Основываясь на введенных оператором данных о географическом положении и временном поясе, Autograv автоматически высчитывает поправку за приливы к каждому измерению в реальном времени.

Чувствительный элемент гравиметра помещен в стабилизированном по температуре в двух уровнях вакуумном отсеке, что защищает его от изменений температуры. Сигнал от датчика температуры, установленного вплотную с упругой системой, позволяет вводить программную поправку за маленькие оставшиеся изменения температуры. Температурный коэффициент обычно меньше чем 0.2 мкГал /Цельсия. Устойчивая рабочая среда упругой кварцевой системы позволяет точно измерять и вводить программные поправки в реальном времени за долговременный дрейф, уменьшая его неучтенную часть до 0.01 мГал/день.

Гравиметрическая съемка выполнена по регулярной сети 100x50 м. Общий объем гравиметрических точек составил 1 376 физ. точек.

Наблюдения на рядовом пункте выполнялись в следующей последовательности. После выхода бригады в район проектной точки профиля с заданными координатами антенна DGPS, установленная на вешке 1,8-2,0 м, выставлялась в радиусе не более 0,2 м от координат данной точки, фиксировались фактические координаты и высота этого пункта. В эту точку устанавливался гравиметр CG-5 Autograv и выполнялись гравиметрические измерения.

Каждое наблюдение на рядовом пункте состояло не менее чем из 2-х циклов продолжительностью по 20 секунд. При расхождениях более 0.01 мГал проводились дополнительные измерения до получения группы не менее чем из 3 отсчетов с расхождениями между ними не более 0.03 мГал. Продолжительность рейсов определялась линейностью сползания нуля-пункта гравиметров и, как правило, не превышала 10 часов.

#### **4.4 Методика магниторазведочной съемки**

Магнитная съемка выполнена квантовыми магнитометрами G-859 (Geometrics, США). Входящий в состав прибора приёмник GPS позволил выполнять измерения на профиле в непрерывном режиме с интервалом 4 с, что в условиях этого участка соответствовало шагу измерений вдоль профиля 3-5 м. Ошибки плановых координат не превышали 5-6 м. Маршрут передвижения легко контролировался с помощью ручного навигатора Garmin GPSMAP 62s. Для учета суточных изменений геомагнитного поля магниторазведочная съемка сопровождалась регистрацией геомагнитных вариаций наземной базовой станцией. В качестве магнитовариационной станции использовался протонный магнитометр типа MB-07.

Магниторазведочные работы выполнялись с шагом регистрации 4-5 м, межпрофильное расстояние 100 м.

Для учета суточных изменений геомагнитного поля до начала магниторазведочных работ была установлена магнитовариационная станция (МВС). Работоспособность и уровень заряда аккумулятора МВС также проверялись каждый день утром до выхода в маршрут и вечером в конце

рабочего дня. Магнитовариационная станция была установлена на удалении 2 км от промышленной базы, на участке малоградиентного спокойного магнитного поля (не более 1нТл/м).

Как показали дальнейшие работы, технические помехи на записи МВС не превышали первых десятых долей нТл. Станция вела круглосуточную регистрацию вариаций в период от 4:20 UTC 18.07.2018 до 03:54 UTC 25.07.2018, что охватывает весь период полевых магниторазведочных наблюдений.

Магнитометры G-859 и МВ-07 регистрируют магнитное поле с дискретностью  $\pm 0,01$  нТл, паспортная точность измерений (среднеквадратическая ошибка единичного измерения) как полевых магнитометров, так и МВС  $\pm(0,02-0,03)$  нТл.

## 5 Геологическая интерпретация геофизических данных

Целевым назначением выполняемых работ является оценка поисковой эффективности геофизических методов, выбор наиболее рационального комплекса и методики геофизических работ для поисков и разведки золоторудных объектов, доизучения площади геологического отвода участка Карьерное.

Для решения этой задачи геологическая интерпретация геолого-геофизических материалов проводилась по общепринятой стандартной методике, которая традиционно основывается на выполнении трех последовательных стадий:

1. *Оценка региональной позиции участка.* На данном этапе интерпретационных работ проанализированы фондовые геологические и геофизические материалы по участку Карьерный. Дана оценка степени изученности территории, выделены особенности геологического строения. Выполнено сравнение результатов работ прошлых лет. Выбрана геологическая основа для выполнения дальнейшей интерпретации полученных геофизических данных.

2. *Качественная интерпретация.* Является первым этапом интерпретации и начинается с рассмотрения результатов съемок. Качественная интерпретация дала возможность, с одной стороны, районировать аномалии потенциальных полей, выяснить их связи с геологическими структурами; выделить и оконтурить участки с аномальными значениями физических свойств горных пород. С другой стороны, в процессе качественной интерпретации определены объекты для количественной интерпретации и приближенно оценены их параметры. В результате данного этапа:

- на основе новых и исторических данных подготовлены сводные цифровые модели магнитного и гравитационного полей;
- вычислены наборы трансформант потенциальных полей;
- по результатам линеаментного анализа магнитного и гравитационного полей построена схема разрывных нарушений в пределах площади исследований;
- построена результативная схема геологической интерпретации геофизических данных, выделены участки аномальных геофизических полей для оценки их поисковой значимости.

3. *Количественная интерпретация* – определение формы, глубины залегания, магнитных, плотностных, электрических свойств геологических объектов, которые оценены числовыми значениями. Методика количественной интерпретации состояла в сопоставлении наблюдаемых данных с результатами неоднократного решения прямой и обратной задач грави-магниторазведки и электроразведки. Достоинством современной геофизики является использование на этапе полевых работ высокотехнологичной и точной аппаратуры. Высокая детальность

полученных данных дает возможность на основе использования современных программных средств получать объемные модели распределения магнитных, плотностных и электрических свойств геологической среды. На этапе количественной интерпретации методами интерпретационной томографии вычислены объемные модели электрических, плотностных и магнитных свойств геологической среды.

В результате качественной и количественной интерпретации получены сведения о пространственном положении тел с аномальными характеристиками плотности, магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления и поляризуемости. Геологическая интерпретация выделенных геологических объектов может расширить и уточнить имеющиеся представления о геологическом строении территории участка Карьерное.

### **5.1 Методика интерпретации и программные средства**

Интерпретация геофизических материалов на участке Карьерный включала следующие процедуры:

- корреляционный и статистический анализ потенциальных полей;
- разделение гравитационного и магнитного полей на региональную и локальные составляющие;
- вычисление градиентных характеристик (вертикальный и горизонтальные градиенты) гравитационного и магнитного полей;
- автотрассирование аномалий (акцент максимума, минимума, градиентов) гравитационного и магнитного полей;
- вычисление объемных моделей методами интерпретационной томографии с представлением результатов в виде "куба" данных геомагнитных, геоплотностных и геоэлектрических параметров, с возможностью построения горизонтальных послойных срезов и вертикальных сечений (разрезов) вдоль интерпретационных профилей и любых других линий произвольной ориентировки.
- вычисление инверсий геоэлектрических разрезов кажущегося сопротивления и поляризуемости на основе использования данных ДЭЗ-ВП.

Обработка и интерпретация геофизических данных выполнена с использованием современных специализированных комплексов программ GeosoftOasisMontaj<sup>TM</sup>, COSCAD 3Dt, SIGMA-3D, ZondRes2D и других.

Посредством программного комплекса COSCAD 3Dt выполнен спектрально-корреляционный и статистический анализ геофизических данных, вычислены градиентные характеристики изучаемых полей, получена томографическая объемная модель распределения плотностных, электрических и магнитных параметров геологической среды на площади исследований.

Для построения геомагнитной модели применена технология интерпретационной томографии (модуль DVOP пакета программ SIGMA 3D), основанная на аппроксимационных алгоритмах.

В отличие от методов прямого физико-математического моделирования, когда достоверность интерпретации напрямую зависит от объема и качества имеющейся априорной информации, методы интерпретационной томографии не требуют априорных знаний об объекте исследования. Аппроксимационная технология построения модели сводится к последовательному подбору распределения изучаемых физических свойств в каждом из слоев, начиная снизу, размеры элементов аппроксимации в плане для каждого из слоев выбираются равными глубине его верхней кромки. В результате вычислительных процедур получен "куб" данных, в каждой точке которого содержится относительная намагниченность пород (при интерпретации данных магнитометрии), плотность (при анализе гравитационного поля), удельное электрическое сопротивление и поляризуемость (при изучении электрического поля).

### **5.1.1 Трансформации потенциальных полей**

Важнейший этап интерпретации потенциальных полей заключается в выделении из суммарного наблюдаемого поля его различных составляющих. Каждая из компонент наблюдаемого поля вызвана влиянием геологических объектов с определенными характеристиками и предположительно однотипной природой. С этой целью наблюдаемые поля (гравитационное и магнитное) были разделены таким образом, чтобы усилить одни и ослабить другие компоненты поля. Такие преобразования на этапе интерпретации называются трансформациями полей. Вертикальный градиент усиливает высокочастотную компоненту спектра, подчеркивает элементы поля, обусловленные локальными относительно неглубокозалегающими объектами, подавляет влияние глубокопогруженных объектов. Вертикальный градиент более контрастно, чем исходное поле локализует верхние кромки магнитоактивных объектов.

Анализ распределения горизонтального градиента позволяет получить более точную локализацию границ геомагнитных объектов, выявить детали их внутреннего строения. Градиентные характеристики поля свободны от линейного фона – влияния крупных региональных аномалий и «нормального» градиента. В полях горизонтального градиента, экстремумами отмечаются границы аномалий различных амплитуд, что позволяет при визуализации увидеть одновременно контуры аномалий различной интенсивности.

При вычислении трансформаций грави-магнитных полей использовалась программа COSCAD 3Dt.

Вычисленные трансформанты использовались при построении итоговых интерпретационных схем геофизических данных. Отображенные на схемах контуры интрузивных массивов и стратифицируемых комплексов, их вещественный состав, положение разрывных нарушений первого и второго ранга определены на основе анализа потенциальных полей.

### **5.1.2 Методика инверсии**

Задача обнаружения геологических объектов с аномальными значениями сопротивления и поляризуемости по данным ДЭЗ-ВП решается при помощи инверсионных преобразований. Математически эти преобразования представляют собой решение обратной задачи электроразведки в алгоритмах инверсии и осуществляются при помощи итерационного подбора физической модели на основе наблюдаемого распределения потенциалов на приемных диполях с учетом расположения источников тока. Нижнее полупространство разбивается на множество элементарных ячеек, аппроксимирующих физические параметры нижнего полупространства.

Сначала рассчитываются геоэлектрические модели по результатам инверсии разрезов кажущегося сопротивления. Инверсия разрезов кажущейся поляризуемости производится на основе рассчитанной геоэлектрической модели сопротивления.

Для реализации инверсионных преобразований данных ДЭЗ-ВП использовалась программа «ZondRes2D» (автор А. Каминский, Санкт-Петербург, Россия). Программа представляет собой расчет автоматической двумерной инверсии в рамках «гладких» моделей и позволяет проводить формальную интерпретацию без учета априорных данных.

Отметим некоторые недостатки использования инверсий:

- Из-за интегрального характера электроразведочных данных полученные решения, как правило, упрощают и сглаживают реальные детали геологического строения разреза, завышая мощности слоев;

- На разрезе могут появляться ложные аномалии, связанные с неустойчивостью инверсии и с объектами, расположенными рядом с профилем наблюдений;

- По результатам поверхностных геофизических исследований из-за наличия эквивалентных связей между сопротивлением и мощностями пород, глубины залегания геологических объектов определяются оценочно;

- Неоднозначность решений инверсии из-за сложной связи наблюдаемой кажущейся поляризуемости с распределением удельного сопротивления и поляризующихся пород.

Тем не менее, на сегодняшний день расчеты инверсий электроразведочных данных используются повсеместно и довольно успешно. Связано это с высокой плотностью значений при аппроксимации разреза

ячейками инверсии. Это дает возможность при использовании методики ДЭЗ-ВП достаточно уверенно изучать не только горизонтально-слоистые, но и вертикальные, наклонные структуры и локальные неоднородности. Кроме того, существенно повышается надежность локализации объектов с повышенными значениями поляризуемости.

## **5.2 Критерии геологической интерпретации геофизических материалов**

Геологическая интерпретация магнитного, гравитационного и электрического полей площади участка Карьерный базируется на следующих основных положениях.

1) Из анализа физических свойств можно сделать вывод, что породы района исследований достаточно дифференцированы по плотности, магнитной восприимчивости и электрическим свойствам, что является надежной предпосылкой для интерпретации потенциальных полей;

2) В геофизических полях находят свое отражение и главные структурные особенности района. При этом структурный план гравиметрического поля в некоторой степени отличается от магнитного. Так, например, Кентерлауский антиклинорий, в пределах которого В. Я. Кошкин выделял Итмурундинскую и Казыкскую ветви, в гравимагнитных полях выделяется повышенными значениями. Итмурундинская и Казыкская ветви представляют собой типичные антиклинали линейно вытянутой формы, сложенные породами казыкской и итмурундинской свит. С итмурундинской свитой генетически связаны интрузии основного и ультраосновного составов, которые обусловили появление в гравимагнитных полях локальных аномалий положительного знака. Наличие интрузий хорошо коррелируется аэромагнитной и гравиметрической съемками. Наибольшая мощность интрузий по гравимагнитным данным отмечается именно на участке Итмурундинской и Казыкской аномалий;

3) Участок Карьерный расположен в зоне кентерлауской аномалии, приуроченной к северо-западной окраине Кентерлауского антиклинория. В этой части отложения среднего палеозоя образуют синклинали, которая погружается на северо-запад. Наличие синклинали подтверждается данными гравиразведки, которые характеризуются отрицательными значениями;

4) Наложённые мульды, представленные отложениями саякской свиты, расположенные в пределах этой синклинали, выделяются локальными минимумами на картах локальных и остаточных гравитационных аномалий, что обусловлено минеральным составом слагающих их пород (терригенные, карбонатные образования). Синклинали область является наложенной на синийский фундамент антиклинория. Доказательством этому является максимум на карте регионального гравитационного поля. Возможно, что

выделенная синклиналильная область (Токрауский прогиб), является юго-восточным окончанием Токрауского синклинория;

5) Из-за дифференциации с вмещающими породами по физическим свойствам, интрузивные тела различного состава и морфологии четко отображаются в физических полях. В гравитационном поле гранитоиды интрузивных массивов проявляются в виде отрицательных аномалий, часто изометрической формы. В магнитном поле им соответствуют области пониженного (граниты), повышенного (диориты) или мозаичного характера. Для интрузий среднего и основного состава типичны повышенные значения грави-магнитных полей;

6) Исходное магнитное поле не сложное и его можно разделить на три типа.

Первый тип характеризуется линейными и изометрическими аномалиями субмеридионального направления повышенных значений магнитного поля, которые мозаично перемежаются с аномалиями пониженных значений. Второй тип спокойного поля, которым характеризуются породы Кентерлауского антиклинория, Балайтобекского прогиба. Третий тип – линейные аномалии Ащиозекской антиклинали.

7) Ультраосновные породы участка исследований выделяются интенсивными аномальными полями. Например, в магнитных полях ультраосновные породы картируются интенсивными аномалиями до 2 000-3 000 нТл. Зоны серпентинизации в них обуславливают снижение магнитной восприимчивости и, соответственно, интенсивности магнитного поля. В поле кажущихся сопротивлений ультраосновные породы отмечаются спокойными аномалиями интенсивностью не более 400 Ом·м. Зона контакта ультраосновных пород с породами девона и карбона картируется положительными аномалиями магнитного поля и аномалиями кажущегося сопротивления;

9) Вдоль крупных тектонических нарушений, делящих массив ультраосновных пород на отдельные блоки, отмечаются обнажения раннепермских интрузивных пород саякского комплекса, которые в магнитном поле отмечаются локальными понижениями;

10) Значения магнитных аномалий, характеризующих осадочно-эффузивные образования положительные, но наблюдаются как глубокие минимумы на фоне аномалий с высокими значениями;

11) Локальные и линейные аномалии различной избыточной интенсивности интерпретируются как тела кислого и среднего состава в слепом залегании. Такими же аномалиями характеризуются их интрузивные аналоги – дайки, которые подсечены горными выработками и скважинами;

12) Осадочные палеозойские породы изменены вдоль тектонических нарушений. Преобладает окварцевание и пиритизация. Несмотря на окварцевание, кажущееся сопротивление осадочных пород в зоне экзоконтакта составляет 400-800 Ом·м, увеличиваясь с удалением до 1 500-2 000 Ом·м. В магнитном поле осадочные породы картируются спокойными

полями. Осадочные породы с рассеянной сульфидной минерализацией выделяются аномалиями кажущейся поляризуемости до 8-16% на фоне 2-3%.

Зоны интенсивной пиритизации осадочных пород картируются кажущейся поляризуемостью до 8-16% на фоне 6-8%.

Осадочные породы с высоким содержанием золота фиксируются локальными аномалиями ВП до 10% на фоне 3% и кажущегося сопротивления до 700 Ом·м на фоне 200 Ом·м. Зоны окварцованных осадочных пород характеризуются аномалиями кажущегося сопротивления до 800 Ом·м на фоне 300-400 Ом·м.

13) Вулканогенные породы девона средне-основного состава картируются в магнитном поле контрастными, относительно положительными аномалиями интенсивностью (-100) +200 нТл на фоне отрицательного магнитного поля над практически немагнитными терригенно-осадочными породами силура и эффузивами кислого состава. В гравитационном поле – зонами повышенных градиентов или локальными аномалиями силы тяжести;

14) Региональные разломы северо-западного направления четко выражены в геофизических полях субпараллельными зонами высокоинтенсивных градиентов  $\Delta T$  (реже  $\Delta g$ ), чаще всего относятся к взбросам и сбросам, сбросо-сдвигам.

15) Разрывные нарушения довольно четко отражаются и в гравитационном поле в виде сближения изоаномал, градиентными зонами, областями перегибов изоаномал;

16) Региональные разломы глубокого заложения в гравимагнитных полях проявлены в виде зон больших градиентов протяженных границ, смены характера геофизических полей, линейно-расположенных зон отрицательных аномалий и т.д. Разломы высших порядков имеют те же признаки, только в более локальном виде;

17) В ряде случаев вышеприведенным признакам отвечают стратиграфические границы или контакты литологически разных блоков пород;

18) Зоны рассеянной пиритизации в осадочных отложениях силура, девона и карбона, представленных алевролитами и песчаниками с прослоями гравелитов, в электрических полях проявляются аномалиями ВП 4-6, реже 8-12%;

19) В общем случае кварцево-жильные поля с золотой минерализацией располагаются на флангах максимальных значений поля ВП, однако четких закономерностей, позволяющих надежно выделять по методам электроразведки золоторудные зоны, не установлено. Что касается магнитного поля, то золоторудная минерализация участка Западный довольно уверенно оконтуривается так называемой «магнитной ступенью». Величина градиента магнитного поля составляет первые единицы на 1м, но не более 5-10 нТл/м.

### 5.3 Результаты интерпретации данных ВП-СГ

По результатам камеральной обработки данных ВП-СГ, значения кажущейся поляризуемости изменяются в довольно узких пределах от 0 до 13.5%.

По схеме обработки профилей площадь исследований условно была разделена на Восточную часть и Западную часть. Максимальные значения поляризуемости до 13.5% на фоне 4-6% наблюдаются, в основном, в Западной части участка Карьерный. Здесь прослеживается линейная аномалия ВП, вытянутая с запада на северо-восток, приуроченная к отложениям алевролитов, песчаников, туфов с горизонтами гравелитов нижнего карбона. Форма аномалии картирует зоны контакта отложений карбона с вмещающими их породами нижнего силура на севере и выходами ультраосновных пород на юге. Анализ карты дает возможность связать повышенные значения поляризуемости с наличием рассеянной пиритизации в осадочных отложениях карбона.

Выходы силурийских нерасчлененных алевролитов и песчаников характеризуются более низкими значениями поляризуемости (0-3%). Низкие значения кажущейся поляризуемости (1-2%) наблюдаются и в нерасчлененных породах фаменского яруса верхнего девона.

На восточной части карты кажущейся поляризуемости находится непосредственно участок Карьерный. Здесь мы наблюдаем, в основном, фоновые значения кажущейся поляризуемости, причем уровень поля ВП в Восточной части площади работ довольно низкий по сравнению с поляризуемостью Западной части. Возможно, это связано с тем, что здесь распространены выходы девонских отложений, которые, как было рассмотрено выше, характеризуются низкими значениями исследуемого параметра. Повышение поляризуемости наблюдается в местах наложения на девонские породы отложений нижнего карбона.

Интрузивные породы характеризуются низкими значениями поля ВП (1-2%). Однако, смена состава интрузии выражается в небольшом увеличении значений поляризуемости.

Анализ геологической карты показывает, что в зоне сочленения отложений верхнего девона и нижнего карбона локализуются ореолы золота, свинца и меди. Эти зоны соответствуют флангам аномалий с повышенными значениями кажущейся поляризуемости.

По кажущемуся сопротивлению ореолам распространения золота также соответствуют фланги аномальных зон. Аномалиям с повышенными значениями кажущейся поляризуемости соответствуют средние значения кажущегося сопротивления (до 500 Ом·м). Аномалия интенсивностью 0-200 Ом·м наблюдается в южной части площади исследования и простирается с запада на восток. Она приурочена к выходам ультраосновных пород. Таким образом, ультраосновные породы в поле кажущихся сопротивлений выделяются минимальными сопротивлениями (до 200 Ом·м) и являются

проводящей зоной. Зона контакта ультраосновных пород с породами девона и карбона картируется повышением значений кажущегося сопротивления до 500 Ом·м.

В карбоневых отложениях и в породах нижнего силура выделены зоны окварцевания горных пород, на которые поле кажущихся сопротивлений реагирует увеличением до 1400 Ом·м на фоне 600-800 Ом·м. В общем случае, такие изменения сопротивлений соответствуют зонам высокой поляризуемости до 10%.

Отложения силура и девона характеризуются довольно высокими значениями кажущегося сопротивления до 2 200 Ом·м на фоне 500-800 Ом·м. Этим породам соответствуют довольно низкие значения поляризуемости. Увеличение поля ВП на Восточной части площади работ наблюдается только в районах развития отложений нижнего карбона.

На карте кажущихся сопротивлений (Восточная часть) зоной контакта низких сопротивлений, характеризующих выходы ультраосновных пород, с высокими сопротивлениями отложений фаменского яруса, довольно уверенно выделяется Иткудукский глубинный разлом. В Западной части в градиентных зонах и сопротивлений, и поляризуемости также отмечаются тектонические нарушения.

В рамках интерпретации электрического поля ВП была рассчитана 3D геоэлектрическая модель района исследований на основе метода фильтрационной томографии. На Рисунке 5.31 представлена 3D модель поляризуемости в площадном варианте и в виде геоэлектрического разреза с графиков распределения поляризуемости вдоль профиля, выбранного в Западной части площади работ.

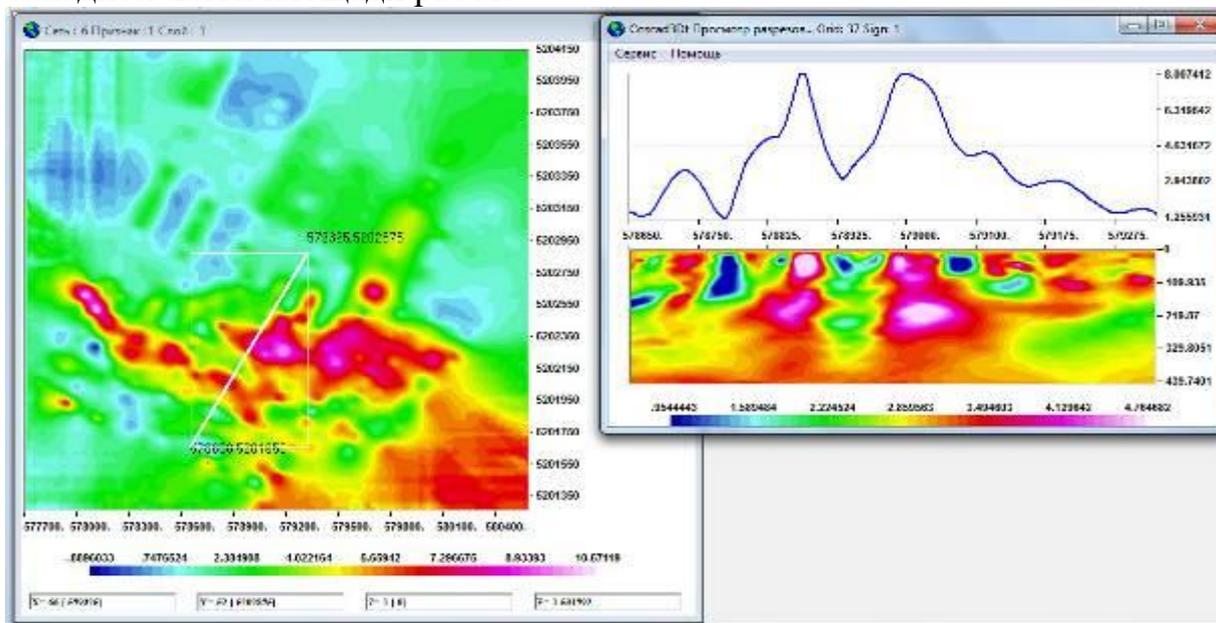


Рисунок 5.31 – 3D модель поляризуемости Западной части участка Карьерный и геоэлектрический разрез по профилю, вырезанного из куба поляризуемости.

## **5.4 Результаты интерпретации данных ДЭЗ-ВП**

В рамках интерпретации данных ДЭЗ-ВП были выполнены расчеты инверсий геоэлектрических разрезов сопротивления и поляризуемости. Результаты расчетов представлены в виде геофизических разрезов по каждому из профилей ДЭЗ-ВП. На них представлены исходные геоэлектрические псевдоразрезы кажущегося сопротивления и поляризуемости, результаты инверсии и графики аномалий магнитного, гравитационного и электрического поля по данным ВП-СГ. Примеры таких разрезов по профилям 43 (а) и 53 (б) представлены на Рисунке 5.41.

Результаты расчетов инверсий геоэлектрических разрезов кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости дали возможность создания числовой базы данных, по которой были построены карты удельного электрического сопротивления (а) и поляризуемости (б) на горизонтальных срезах с высотами 150; 250; 350 и 450 м (Рисунок 5.42). Это дает возможность выполнения оценки влияния каждого из объектов на формирование параметров электрического поля ВП по глубине.

Вариант визуализации 3D модели получен средствами программы Voxler Golden Software, в базу которой были загружены цифровые модели поляризуемости и удельного сопротивления на разных уровнях глубин (высотных отметок) и визуализированы в виде 3D изображения (Рисунок 5.42 а, б).

По результатам 2D-инверсий поляризуемость участка Карьерный изменяется в интервале от 0 до 5%, а удельное электрическое сопротивление – от 0 до 5 000 Ом·м. На Рисунке 5.43 представлены горизонтальные срезы модели поляризуемости на разных уровнях глубин. Аномалии повышенных значений поляризуемости совпадают с ореолами золота, зонами окварцевания и повышенной пиритизации, приуроченных к отложениям карбона и девона. С увеличением глубины увеличивается влияние рассмотренных зон, достигая максимальных значений на срезах с высотой порядка 350 м.

Геоэлектрические срезы моделей удельного сопротивления на разных уровнях высот представлены на Рисунке 5.44.

## **5.5 Результаты интерпретации данных гравиразведки**

Для анализа гравитационного поля представлена сводная карта гравитационных аномалий Буге (Рисунок 5.51). Данная карта получена путем объединения карты гравитационных аномалий, полученной в результате оцифровки исторических данных в рамках интерпретационной модели отчета 2017 г. и результатов гравиметрической съемки 2018 г.

Исходное гравитационное поле отражает суммарное гравитационное влияние, как геологических структур верхних ярусов, так и глубинных структур земной коры и верхней мантии.

Общая структура поля гравитационных аномалий достаточно сложная, выделяется ряд крупных площадных аномалий различной формы, различной интенсивности, локальные отрицательные аномалии. Крупные аномалии положительного знака характеризуются формой, близкой к изометричной.

Значения аномалий силы тяжести в редукции Буге в пределах исследуемого района дифференцированы слабо. Изменяются от 0 мГал до плюс 12,5 мГал. Фоновое значение гравитационных аномалий составляет +10 мГал.

На юго-восточном окончании Итмурундинской антиклинали наблюдается изометричная положительная аномалия  $\Delta g$  интенсивностью до +12 мГл. Она занимает довольно большую площадь. Её диаметр составляет порядка 4-5 км.

Форма и размеры аномалии говорят о том, что она вызвана влиянием массивного довольно глубоко залегающего объекта. В геологическом отношении она приурочена к нерасчлененным песчаникам и алевролитам нижнего силура.

Области распространения структур среднепалеозойского возраста ( $D_3-C_1$ ) создают относительно пониженные поля  $\Delta g$ . Анализ физических свойств показывает низкую избыточную плотность пород верхнего этажа ( $0,12 \text{ г/см}^3$ ). По характеру физических полей с учетом геологических данных на описываемой территории выделяется зона резко пониженных значений. В ядре аномалии значение силы тяжести в редукции Буге на условном уровне составляет 0 мГал.

От Казыкской и Итмурундинской ветвей антиклинория данная локальная аномалия отделена зонами сближения изоаномал  $\Delta g$ , которые отмечают наличие разломов, указывающих на грабенообразный тип структуры. В градиентной зоне контакта отложений данной зоны с вмещающими породами уверенно прослеживается крупный тектонический элемент площади исследования – Иткудукский глубинный разлом.

Западная часть площади работ характеризуется фоновыми значениями силы тяжести  $\Delta g$ .

Модель распределения плотности пород с глубиной вычислена средствами программного комплекса SIGMA-3D на основе алгоритма аппроксимационной томографии. При построении модели в качестве физического параметра, определяющего гравитационные свойства слоёв выступает плотность  $\sigma$  ( $\text{г/см}^3$ ). В качестве исходного гравитационного поля выступает аномальное поле  $\Delta G$ .

Суть аппроксимационной томографии сводится к последовательному подбору распределения плотности горизонтально слоистой модели. Послойный подбор параметров модели начинается с нижнего слоя, размеры элементов аппроксимации в плане для каждого слоя выбираются равными

глубине подошвы слоя. Программа выполняет вычисления погоризонтных планов плотности, которые затем сводит в единую 3-х мерную модель.

При расчете геоплотностной модели глубина подошвы нижнего слоя принята равной 1000 м. Толщина каждого слоя составляет 25 м.

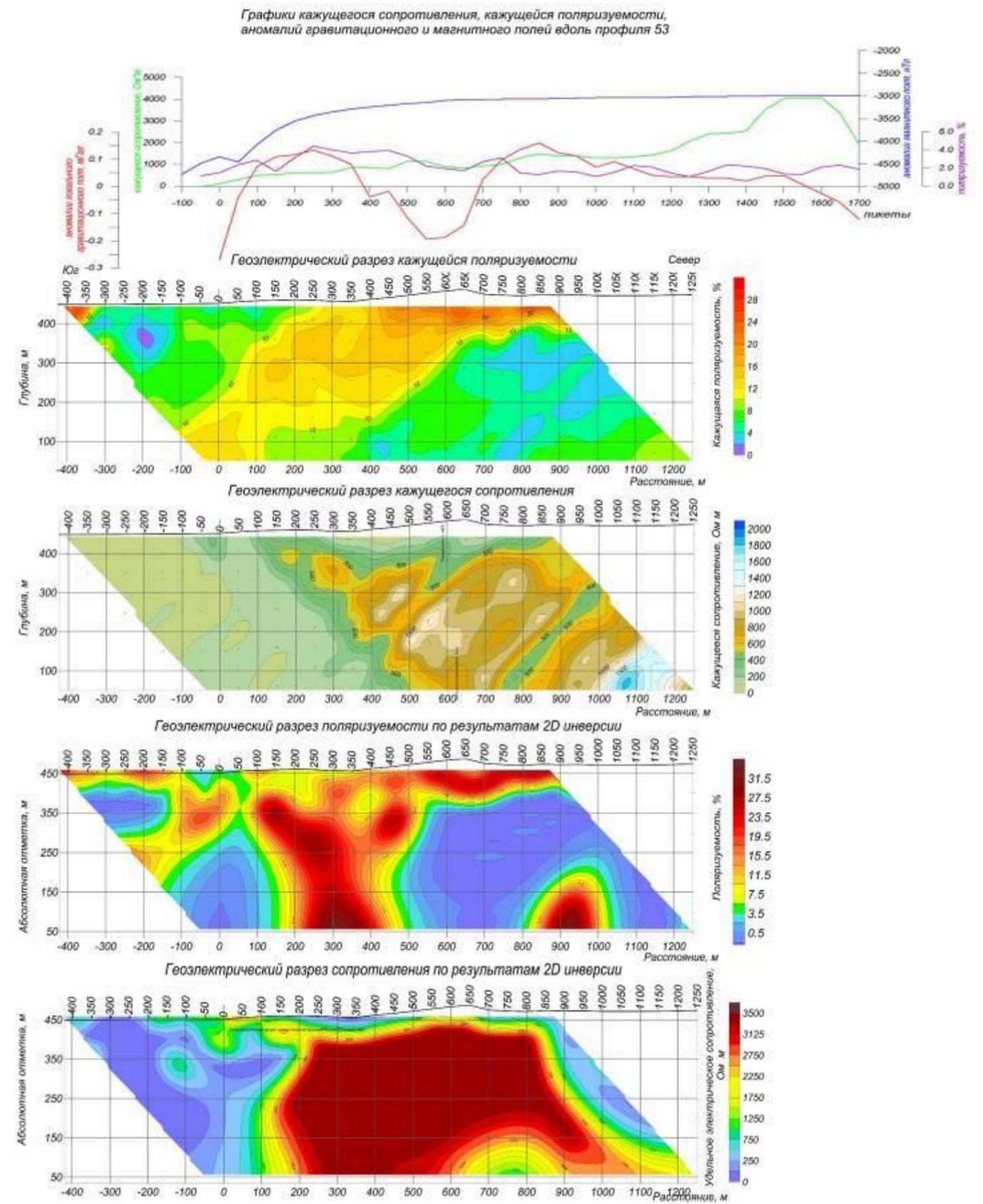
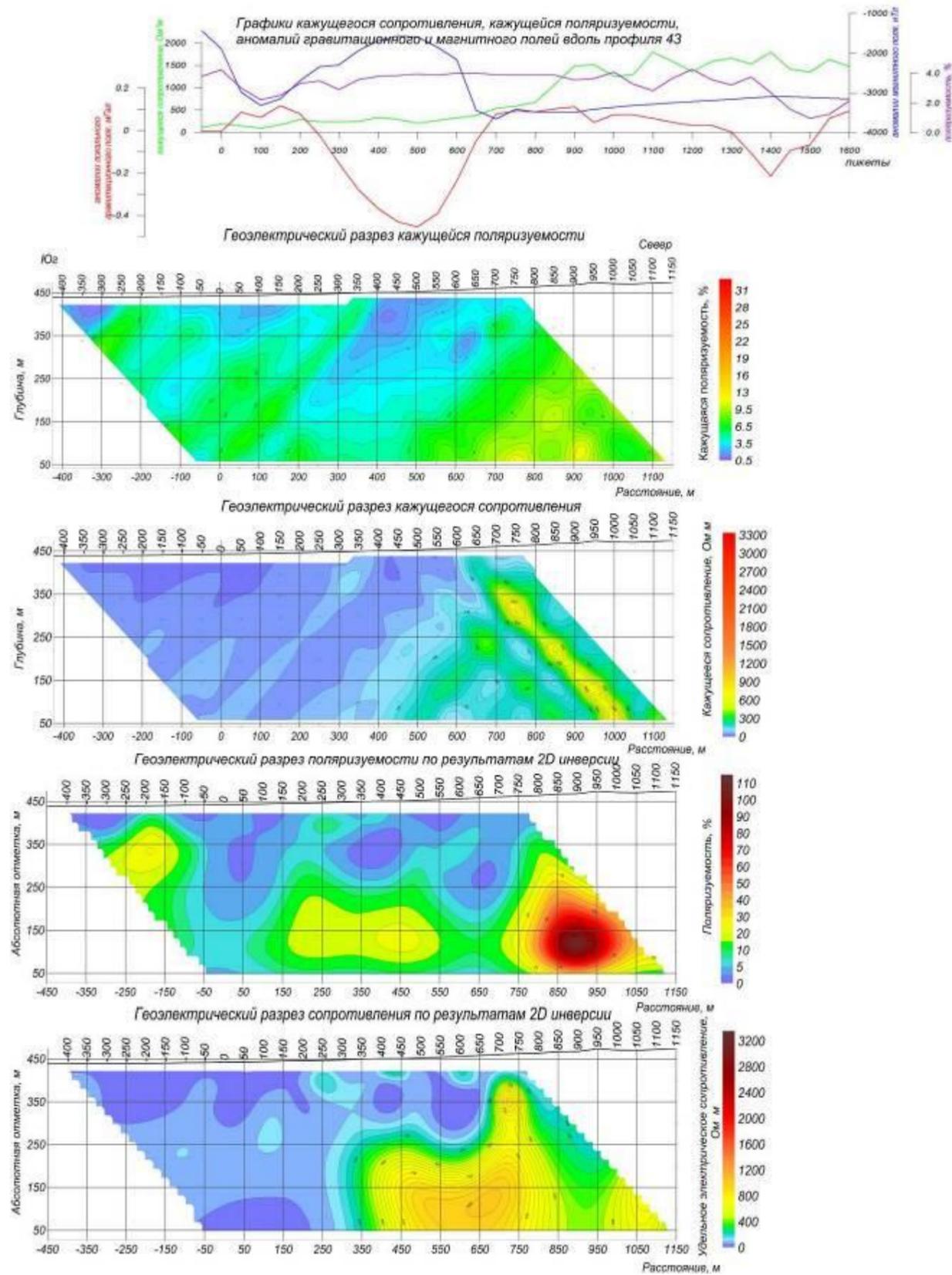
Отметим, что принятие толщины слоя равной расстоянию между уровнями пересчета приводит к тому, что вычисляемые значения эффективных параметров, в данном случае плотности, могут заметно отличаться от реальных избыточных величин. В этом смысле к вычисляемым значениям плотности следует относиться как к некоторым эквивалентным (относительным) параметрам. При таком подходе интерпретация результатов вычислений носит качественный характер.

Самый верхний слой ограничен сверху горизонтальной плоскостью, отождествляемой с дневной поверхностью. Результат вычислений представлен в виде прямоугольного параллелепипеда значений плотности с возможностью извлечения его горизонтальных срезов и вертикальных сечений по любой заданной линии. На Рисунке 5.52 изображены элементы 3D геоплотностной модели.

Сопоставление с геологией района дает возможность увидеть проявление в рассчитанной модели элементов сбросово-взбросовой тектоники, структурное залегание пород, расположение в пространстве аномалиеобразующих объектов с различной эффективной плотностью. Участки распространения установленных разрывных нарушений в геоплотностном разрезе и на карте гравитационных аномалий характеризуются высоким градиентами.

Локальные аномалии находят яркое проявление в трансформантах: вертикальный градиент (вертикальная производная 1 порядка), горизонтальный градиент. В качестве дополнительного инструмента для изучения структуры гравитационного поля применялась процедура автотрассирования осей аномалий.

Алгоритм вычислений базируется на оригинальной модификации одномерной адаптивной фильтрации. В результате работы программы, формируется признак, максимумы которого соответствуют осям положительных аномалий, а минимумы – осям отрицательных аномалий. Применение процедуры позволяет практически вне зависимости от интенсивности аномалий в исходном поле провести автоматическое трассирование аномальных зон, выделить эпицентры локальных аномалий, обозначить их осевые линии, трассировать оси максимальных градиентов, зачастую соответствующих крутым контактам, разрывным нарушениям. Эта процедура позволила выделить тектонические элементы – разрывные нарушения (Рисунок 5.61).



а)

б)

Рисунок 5.41 – Геофизические разрезы профилей 43 (а) и 53 (б) по результатам расчета 2D-инверсии данных ДЭЗ-ВП

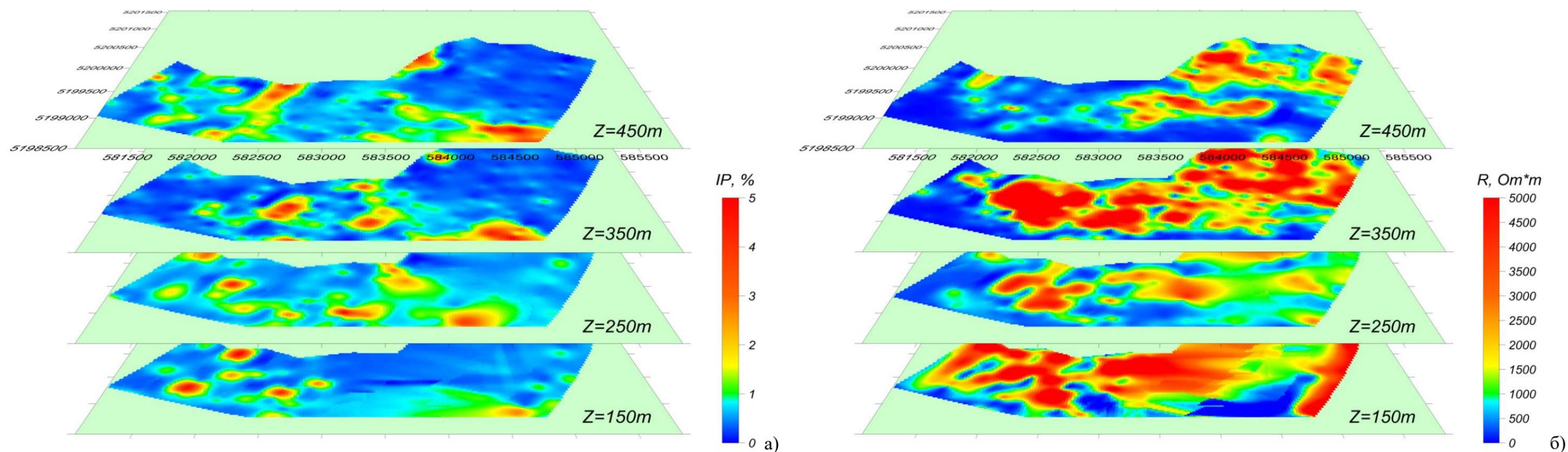


Рисунок 5.42 – Карты удельного электрического сопротивления (а) и поляризуемости (б) по результатам расчета 2D-инверсии на горизонтальных срезах с отметки 150; 250; 350 и 450 м.

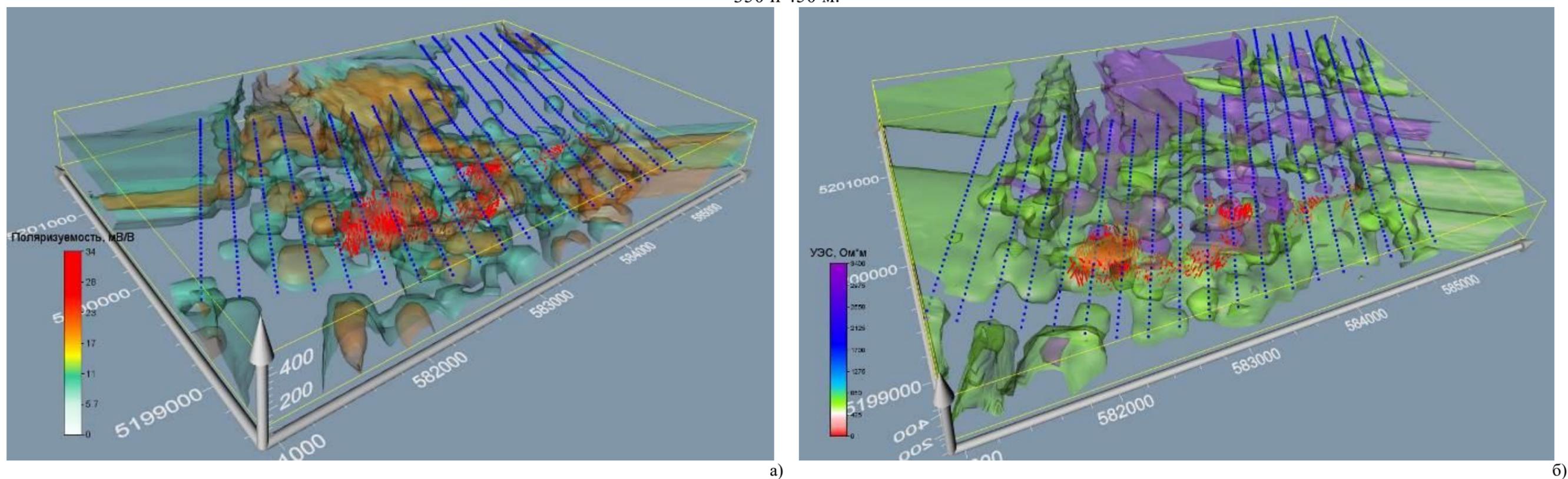


Рисунок 5.421 – 3D модель поляризуемости (а) и удельного электрического сопротивления (б), построенная в программе Voxler Golden Software

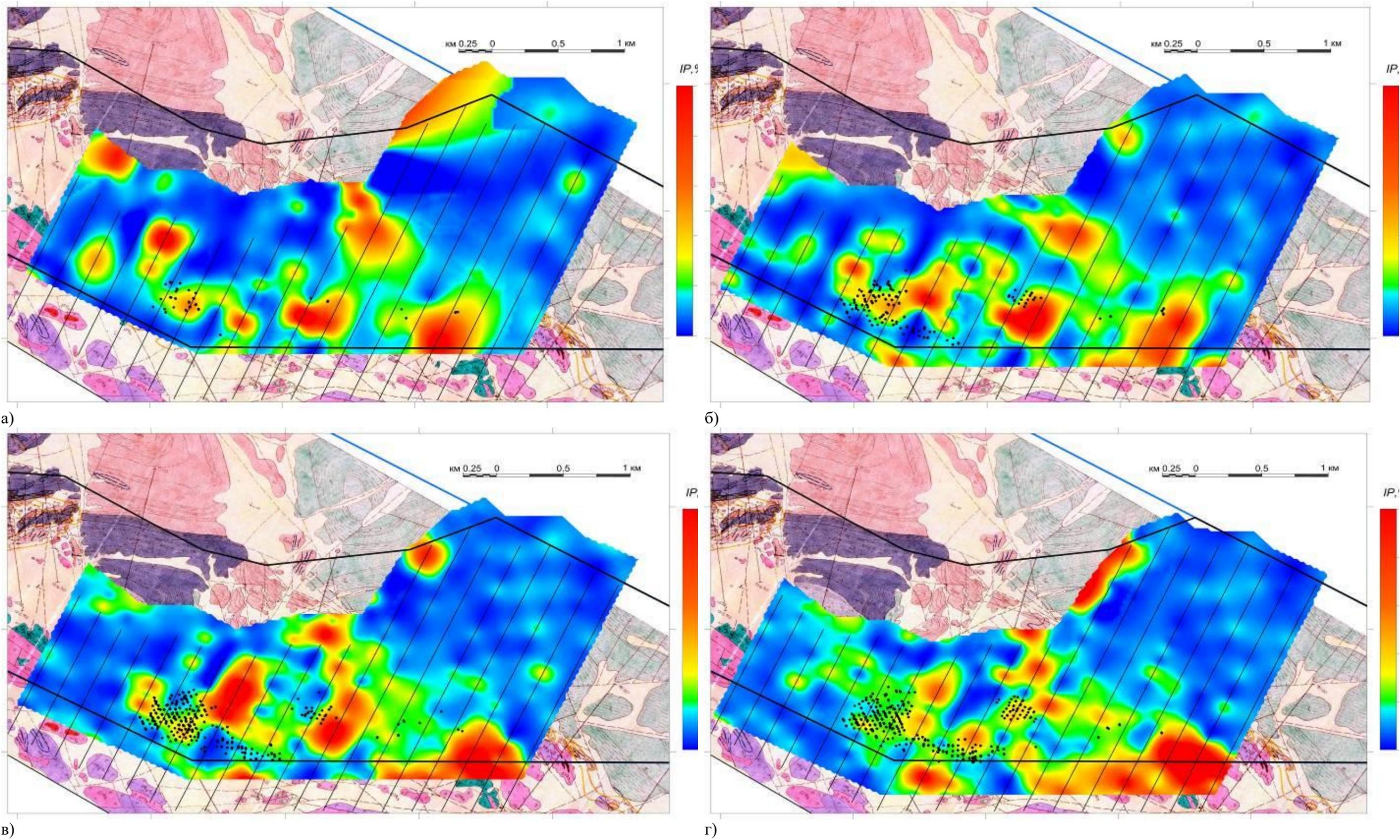


Рисунок 5.43 – Карты поляризуемости на срезах с отметками 250 (а); 300 (б); 350 (в) и 450 м (г) с нанесенными интервалами перемещения электрода А и рудных зон по данным бурения по глубине.

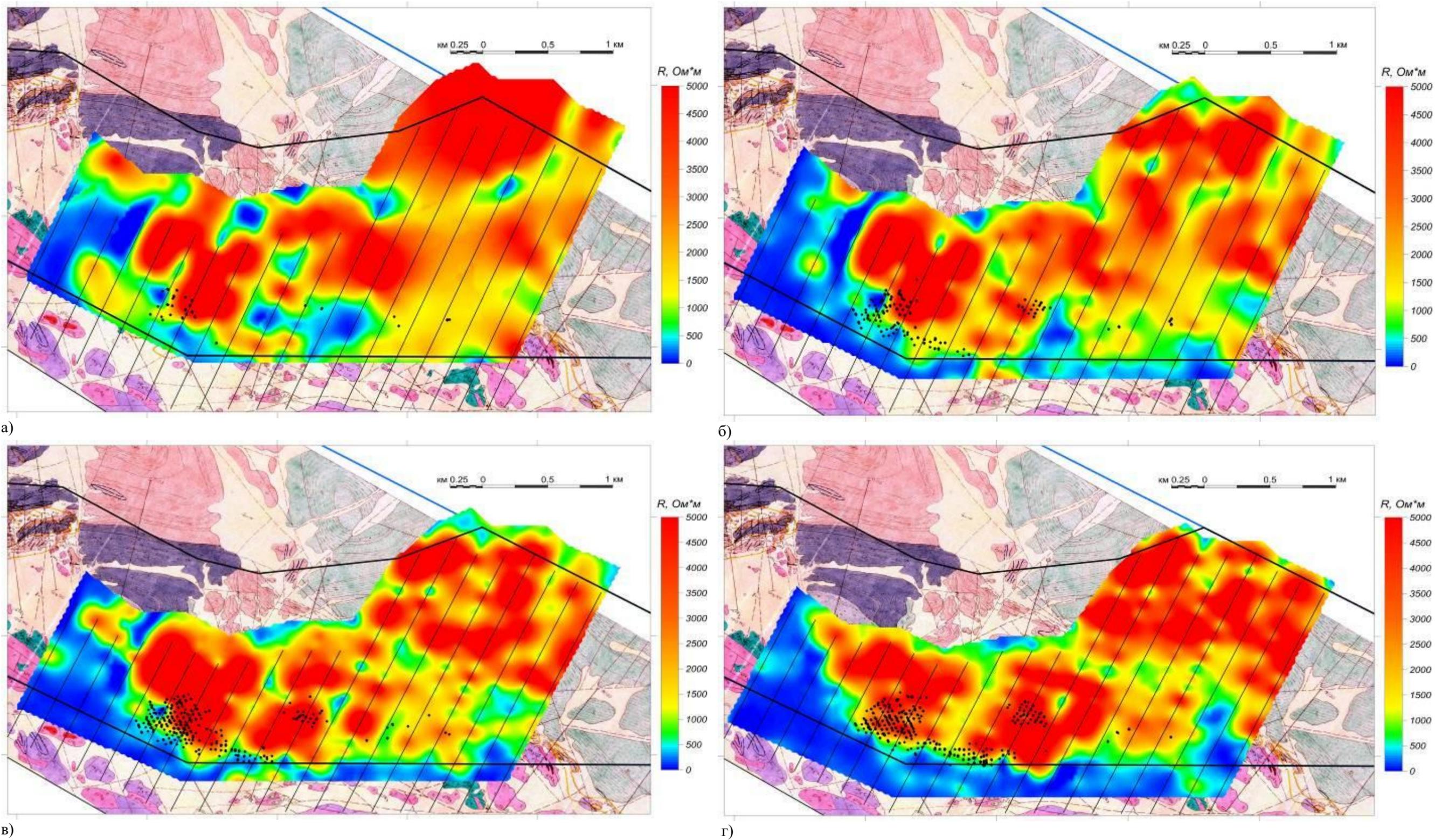


Рисунок 5.44 – Карты удельного электрического сопротивления на горизонтальных срезах с отметками 250 (а); 300 (б); 350 (в) и 450 м (г) с нанесенными интервалами перемещения электрода А и рудных зон по данным бурения по глубине.

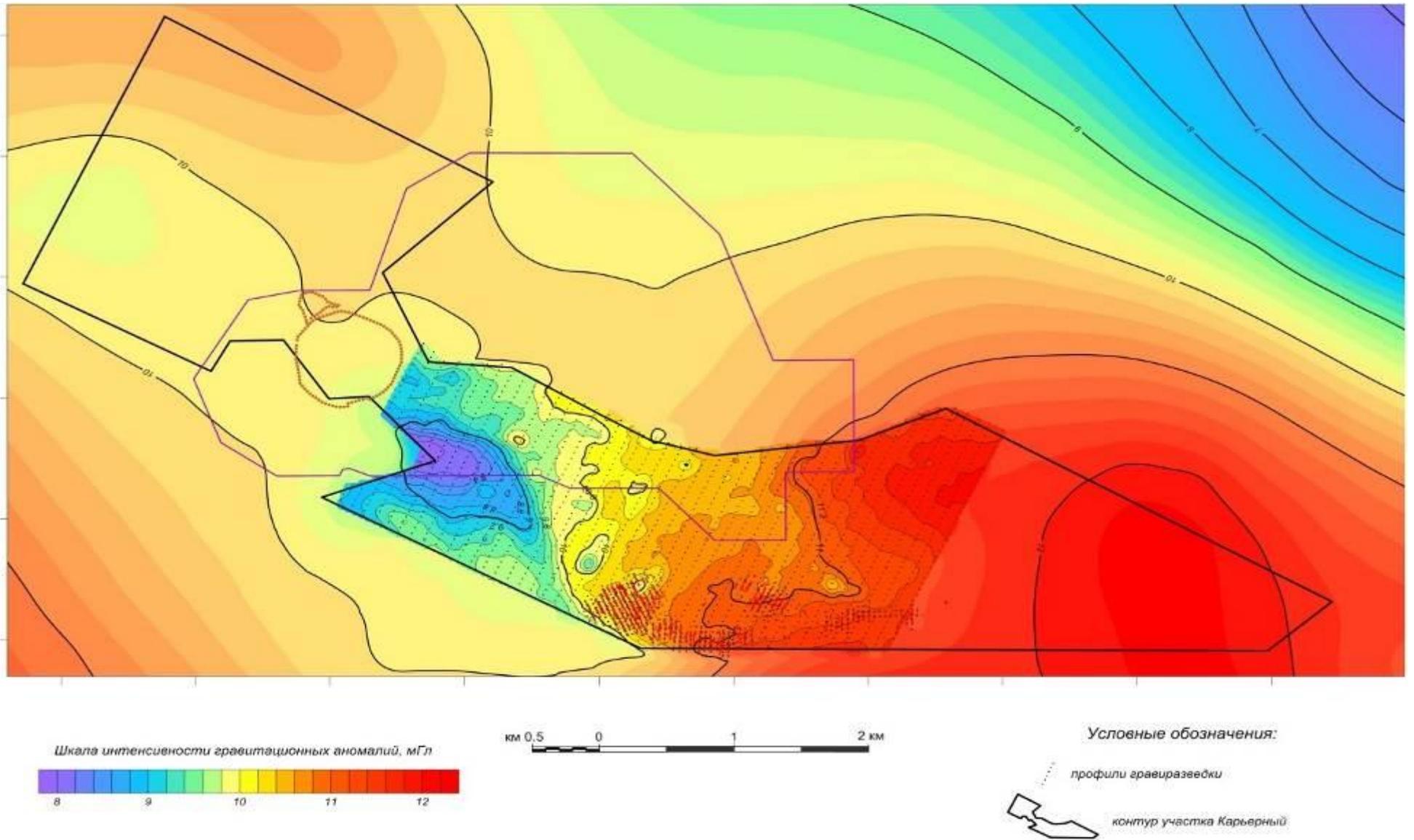
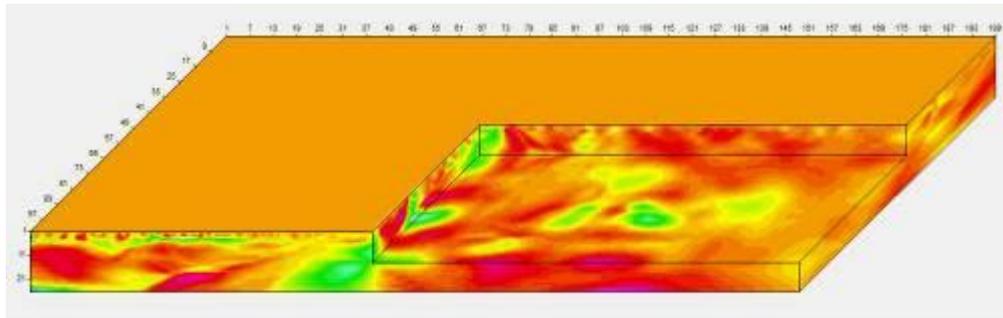
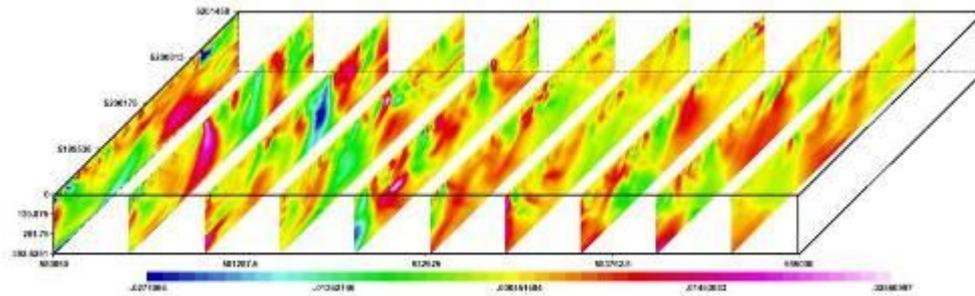


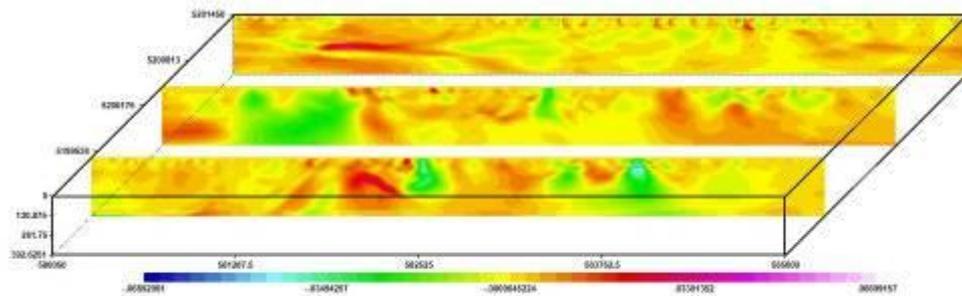
Рисунок 5.51 – Сводная карта гравитационных аномалий Буге



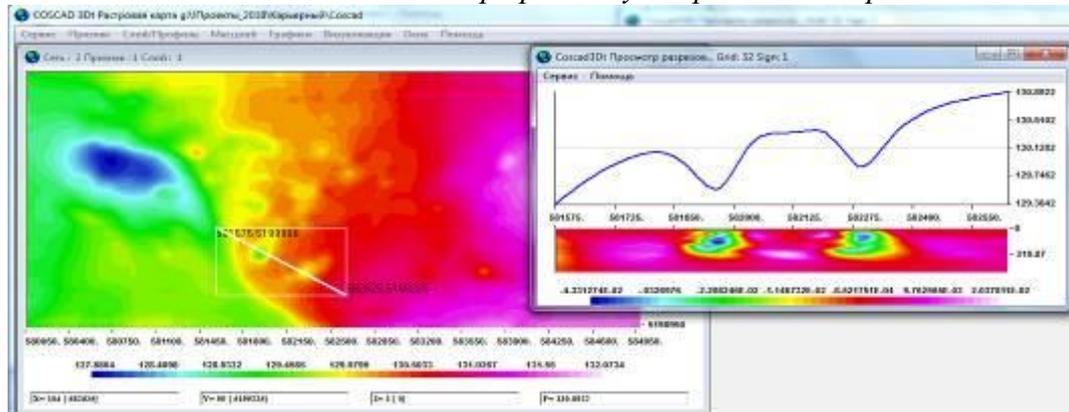
а) 3D геоплотностная модель района исследования



б) Вертикальные сечения 3D модели по профилям меридионального направления



в) Вертикальные сечения 3D модели по профилям субширотного направления



г) Геоплотностной разрез и график избыточной плотности по профилю

Рисунок 5.52 – Элементы объемной геоплотностной модели, вычисленной методом аппроксимационной томографии

Линеamentный анализ различных трансформант гравитационного поля (горизонтальные и вертикальные градиенты, автотрассирование аномалий) позволил выделить градиентные зоны, разделить участки гравитационного поля с разным уровнем интенсивности и разным знаком аномалий. Однако,

более достоверное определение местоположения разрывных нарушений различного возраста и глубины заложения выполнено в комплексе с данными магниторазведки.

На характер гравитационного поля влияет целая группа факторов – структурное положение, состав интрузивных и субвулканических тел, литология и др. Возможно, один из факторов окажет большее влияние на формирование той или иной аномальной зоны и, в результате, отнесение этой аномалии к тому или иному геологическому объекту может быть ошибочно или некорректно. Традиционно, геологическую интерпретацию необходимо выполнять в комплексе с другими методами, в частности, с данными магниторазведки.

## **5.6 Результаты интерпретации данных магниторазведки**

Магнитометрическая съемка на площади исследований выполнялась для решения следующих задач:

1. Детальное геологическое картирование с построением объемной геомагнитной модели.
2. Выделение и прослеживание локальных отрицательных аномалий, возможно, связанных с зонами окварцевания и других типов метасоматоза, потенциально перспективных на золотое оруденение.
3. Трассирование тектонических нарушений, выделение жильных и дайковых тел, областей расланцевания и дробления горных пород.

В результате интеграции магнитных данных съемки 2018 г. с материалами магнитных съемок прошлых лет по участку Карьерный получена сводная числовая модель аномального магнитного поля (Рисунок 5.62).

Значения магнитного поля изменяются в широких пределах: от минус 2 000 нТл до +3 000 нТл. Магнитное поле участка Карьерный разнородно по своему уровню, частоте, и конфигурации и интенсивности аномалий. Структура и интенсивность магнитных аномалий отражает распределение в геологической среде различных объектов, и в первую очередь, обусловлена наличием интрузий ультраосновного состава и практически немагнитными отложениями силура, девона и карбона.

Для разделения магнитного поля на региональную и локальную составляющие был выполнен пересчет магнитного поля на высоту 1000 м.

Карта локальной составляющей напряженности магнитного поля (Рисунок 5.63) построена на основе расчета разности исходного поля и поля, пересчитанного вверх на высоту 1000 м.

Описание будем выполнять по сводной карте аномального магнитного поля (Рисунок 5.62). Анализ рисунка показывает, что по интенсивности и характеру магнитного поля площадь исследований делится на две части: северную и южную. Вся северная часть, которая сложена образованиями

силура, девона и карбона, характеризуется отрицательными значениями аномального магнитного поля. Поле спокойное, неизрезанное.

Магнитное поле Южной части площади исследования характеризуется двумя типами полей: высокоинтенсивное поле до 3 000 нТл и интенсивное поле мозаичного типа, с цепочками аномалий меньшей интенсивности. Высокоградиентная зона контакта южного и северного полей картирует Иткудукский глубинный разлом на востоке и возможное его продолжение на западе.

Наиболее магнитными и, соответственно, максимальной интенсивностью магнитного поля до 3 000 нТл обладают интрузивные массивы итмурундинской свиты, представленные диабазовыми порфиритами, песчаниками и гравелитами. Интенсивными магнитными полями до 2 000-2 800 нТл картируются ультраосновные породы, представленные перidotитами. Зоны серпентинизации в них обуславливают снижение магнитной восприимчивости и соответственно интенсивности магнитного поля. Отсюда и относительно изрезанный характер магнитного поля в этой области (Рисунок 5.62).

Необходимо отметить, что магнитные поля центральной и восточной частей площади исследования отличаются уровнем интенсивности. Так, на восточном окончании участка в районе выходов интрузивных образований наблюдаются очень схожие поля, но интенсивность их значительно меньше полей, рассмотренных выше.

Снижение интенсивности магнитного поля в пределах аномальных зон положительного знака, обычно указывает или на наличие пород более кислого состава, или же на наличие участков постмагматического вторичного изменения горных пород. Такие изменения выражаются в окварцевании, пиритизации, пропилитизации и др. В частности, рудная зона участка Карьерное характеризуется интенсивным окварцеванием и пиритизацией, что привело к уменьшению магнитных свойств пород, слагающих рудную зону. Возможно, что этим и объясняется понижение значений магнитного поля. При этом, структура поля остается мозаичной, резко изменчивой. Более высокими значениями напряженности магнитного поля до 500 нТл характеризуются итмурундинские интрузии, а выходы позднепротерозойских габбро и габброноритов описываются полями более низких значений. Возможно, что картируемые такими аномалиями зоны развития мелких интрузий, фактически представляют собой реликты вулканических пород.

Все выявленные особенности магнитного поля участка Карьерное находят более контрастные подтверждения на сводной карте-имидже вертикального градиента магнитного поля (Рисунок 5.65). Вертикальный градиент магнитного поля локализовал аномалии, позволяя подчеркнуть высокочастотную компоненту и увидеть более ярко особенности структурно-тектонического строения. По смене характера рисунка и интенсивности поля возможно определение не только границ массивов, но и определение литологического состава интрузивного тела.

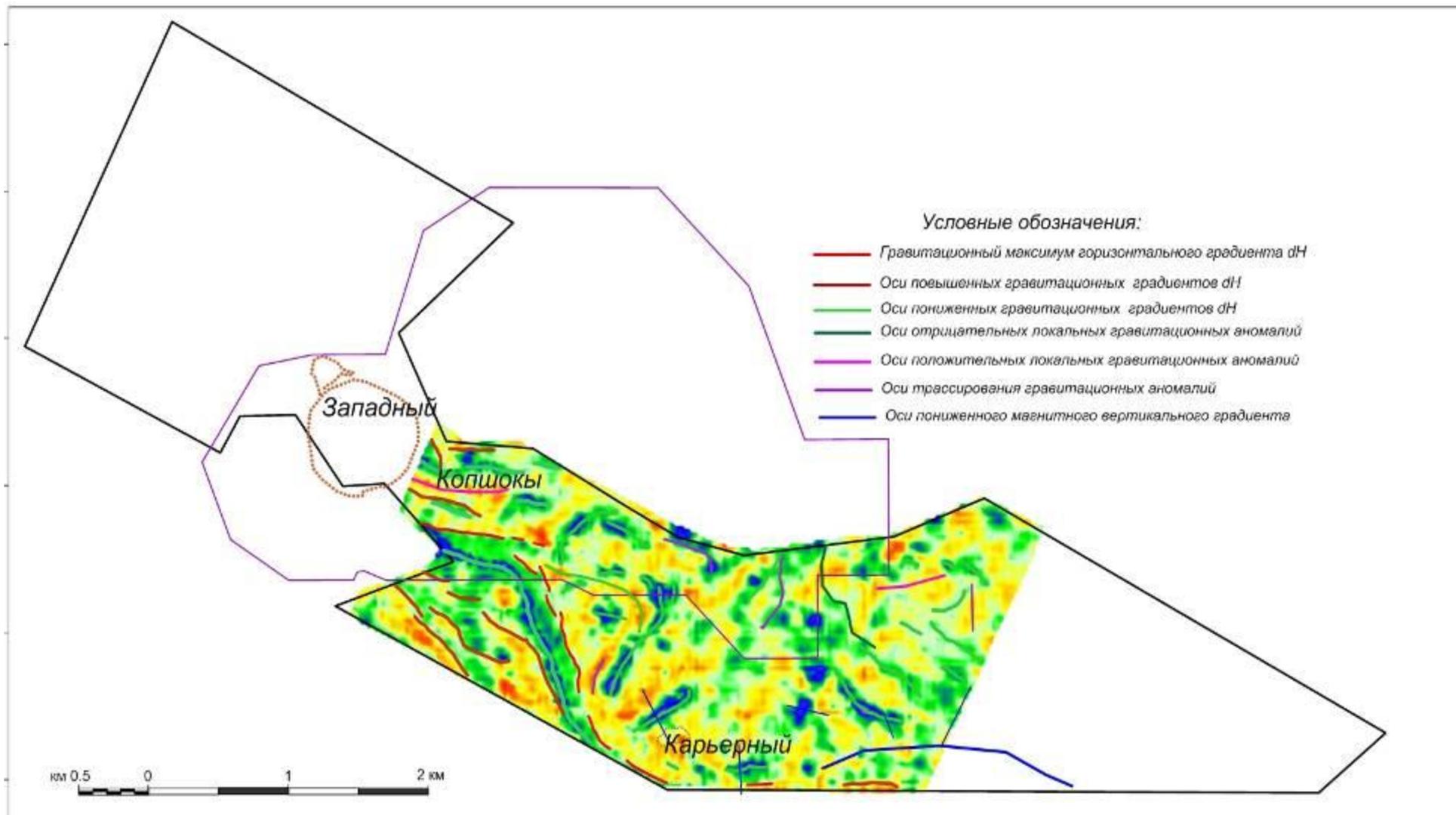


Рисунок 5.61 – Выделение элементов разрывной тектоники на основе использования трансформант гравитационного и магнитного полей. Подложка – карта-имидж автотрассирования аномалий гравитационного поля.

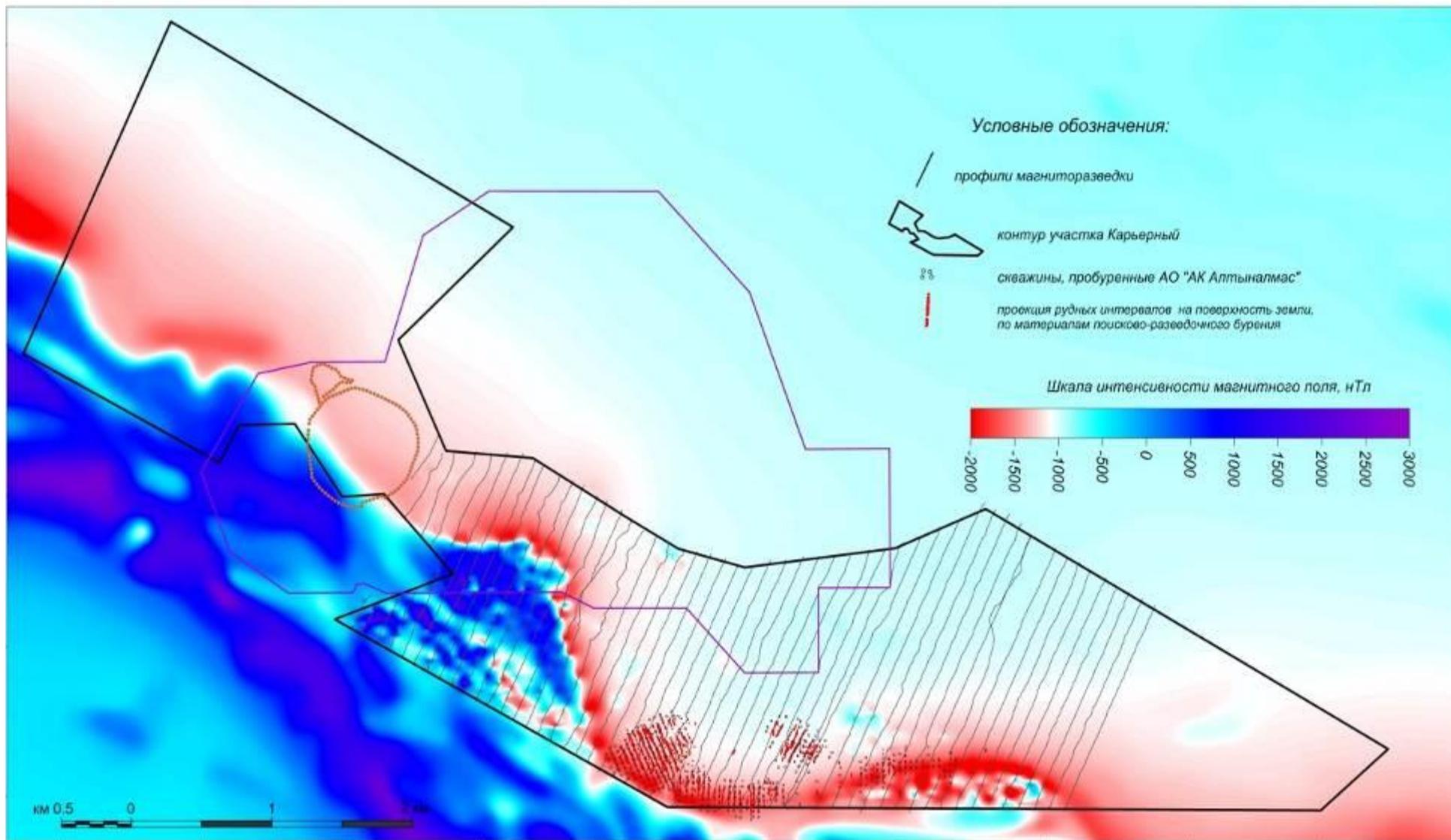


Рисунок 5.62 – Сводная карта магнитного поля

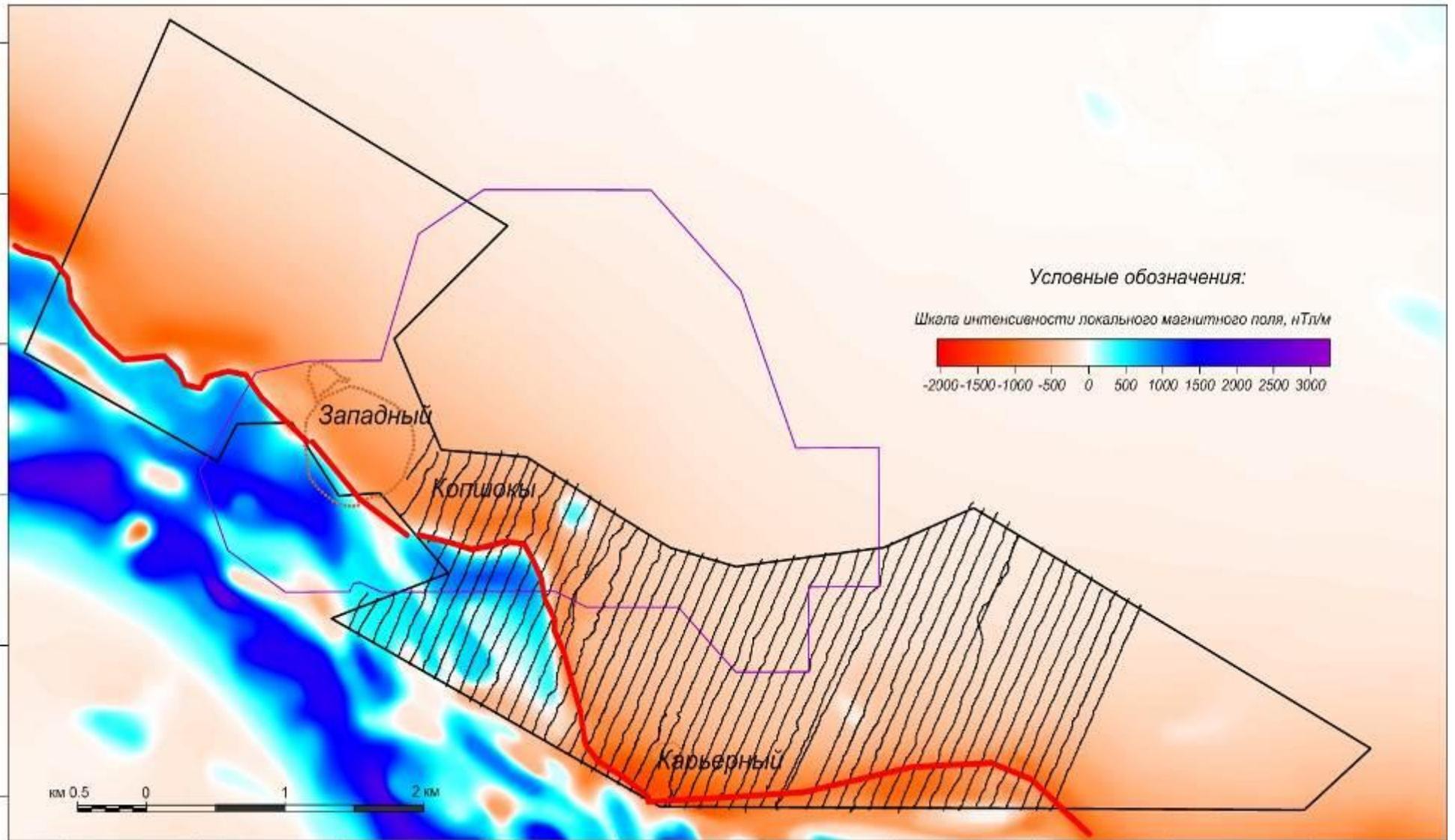


Рисунок 5.63 – Сводная карта-имидж локального магнитного поля

По цепочкам аномалий можно картировать разломы, по которым, возможно, шло внедрение интрузий. На карте вертикального градиента магнитного поля мозаичным переменным полем дополнительно выделились выходы отложений Кунгисаякской свиты, представленных переслаиванием алевролитов, песчаников, гравелитов и конгломератов.

По характерным элементам магнитного поля можно выделять тектонические нарушения, наличие которых определяется по следующим основным признакам:

1) по резкой смене интенсивности магнитного поля вдоль определенной линии, линейные аномалии модуля горизонтального градиента;

2) по характерным смещениям аномальных значений относительно определенной линии;

3) по линейным цепочкам аномалий магнитного поля;

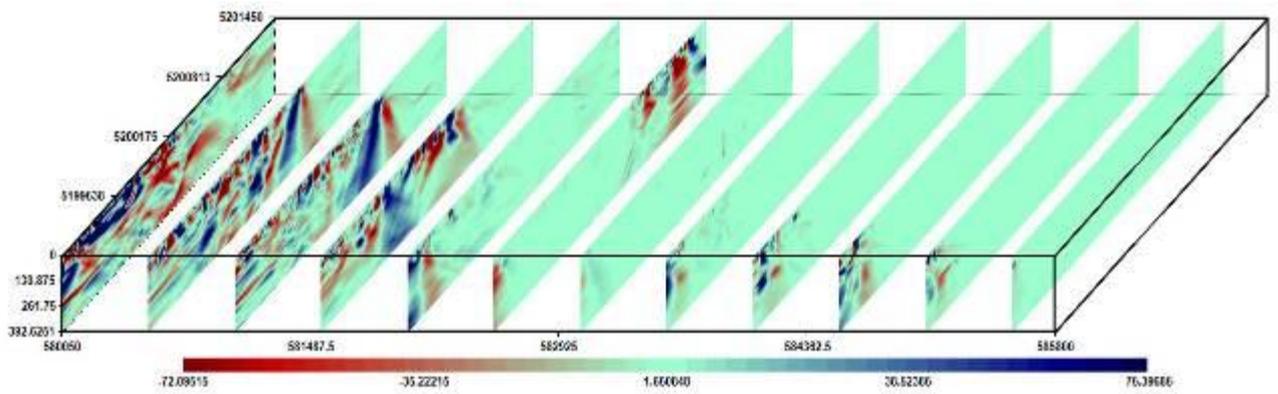
4) по наличию линейных аномалий значений  $dTa/dZ$  и  $\Delta T$ .

С целью получения представлений об объемном распределении магнитных параметров геологической среды выполнено моделирование на основе алгоритма аппроксимационной томографии. Вычисления проведены с использованием программного комплекса SIGMA 3D, модуль DVOP.

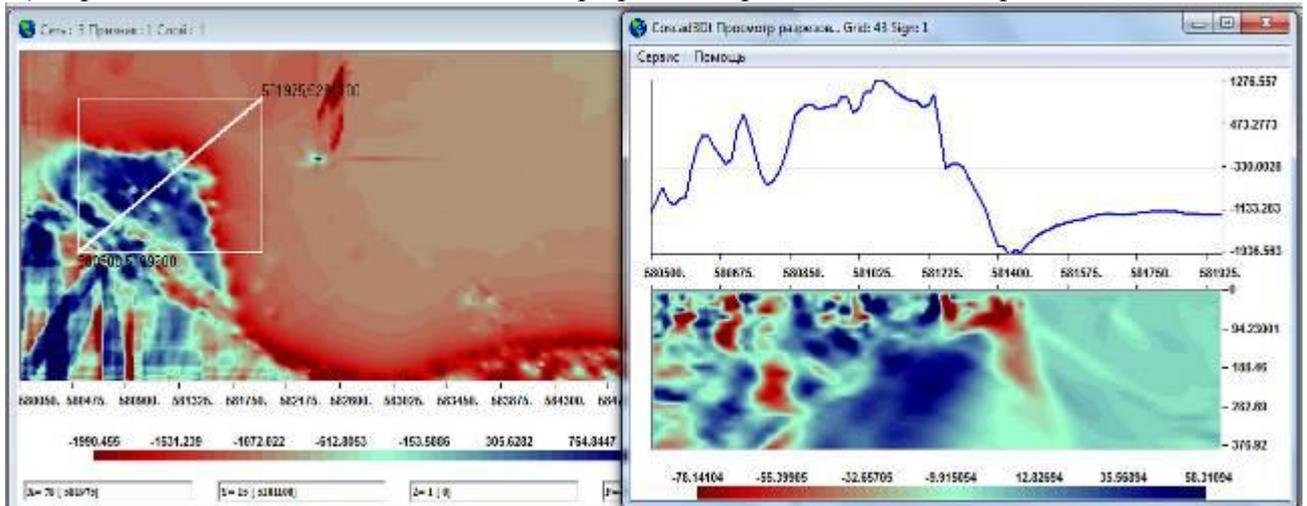
В качестве входного параметра при моделировании использовано исходное магнитное поле.

Сначала с нижнего слоя (5 000 м) проводился подбор распределения намагниченности горизонтально слоистой модели. Толщина каждого слоя 100 м. Размеры элементов аппроксимации в плане для каждого слоя различны и равны глубине подошвы  $i$ -слоя. Программа выполняет вычисления погоризонтных планов намагниченности, которые затем сводятся в единую 3-х мерную модель. В результате была построена 3D-модель значений намагниченности (в условных единицах), из которой были извлечены его вертикальные сечения в меридиональном направлении и по заданной линии (Рисунок 5.64).

В целом, эффективность структурного картирования, надежность выделения и прослеживания границ аномалиеобразующих объектов и выводов об их литологическом составе значительно повышается при проведении комплексной интерпретации магнитных, гравиразведочных и электрических данных.



А) Вертикальные сечения 3D модели по профилям меридионального направления



Б) Геомагнитный разрез и график намагниченности по профилю

Рисунок 5.64 – Элементы объемной геомагнитной модели, вычисленной методом аппроксимационной томографии

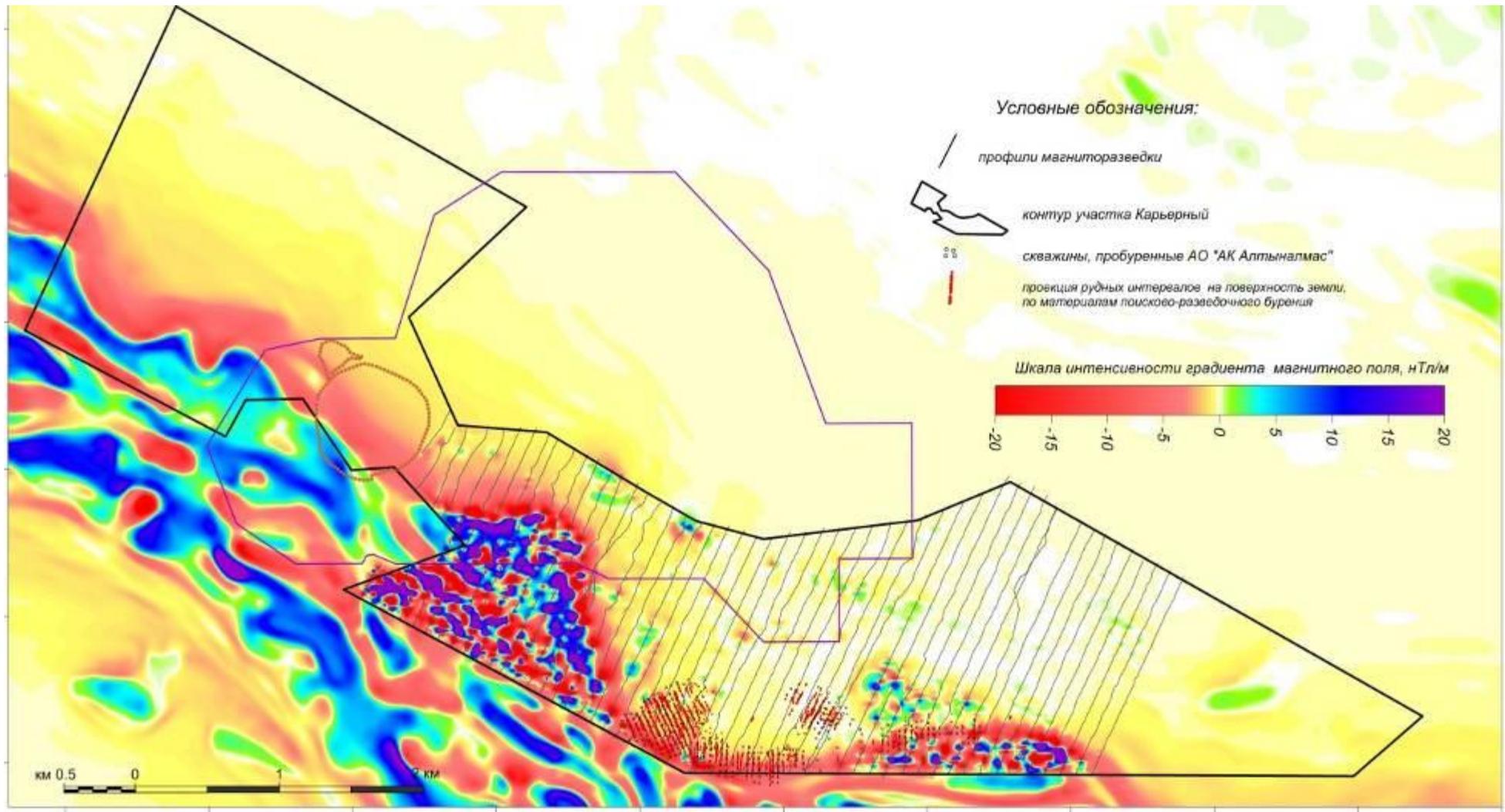


Рисунок 5.65 – Сводная карта-имидж вертикального градиента магнитного поля

## 5.7 Элементы комплексной интерпретации

Эффективность выделения аномалиеобразующих объектов, надежность обоснования их вероятной геологической природы, понимание истории геологического развития района, достоверность выделения поисковых участков существенно возрастают только при комплексном анализе результатов магнитной, гравиметрической и электроразведочных съемок.

Ниже приводится совместное рассмотрение геологической, геоплотностной, геомагнитной и геоэлектрической моделей, полученных по результатам работ 2018 г.

На Рисунке 5.71 представлена схема расположения интерпретационных профилей, по которым были построены геолого-геофизические разрезы и проведена комплексная интерпретация. Поскольку в районе участка Карьерное выделено множество зон окварцевания, золоторудные ореолы, участки с повышенным содержанием золота, то интерпретационные профили были выбраны в южной части района исследований. Направление профилей выбрано таким образом, чтобы они пересекали рудную зону в меридиональном направлении.

В состав геолого-геофизических разрезов входят: набор графиков геофизических полей вдоль профиля, геоплотностной разрез, вычисленный по данным аппроксимационной томографии, плановое положение профиля относительно геофизических аномалий и рудных подсечений, а также проекции рудных интервалов по данным поисково-разведочного бурения.

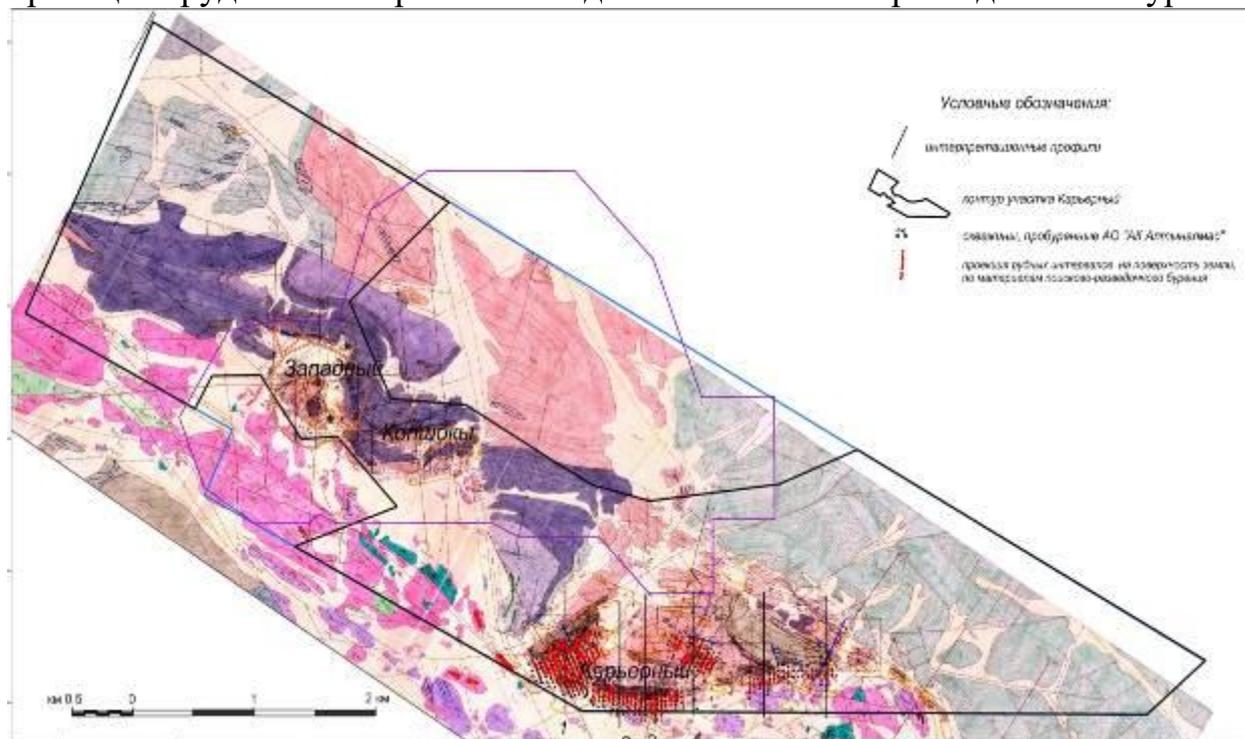


Рисунок 5.71 – Схема расположения интерпретационных профилей

Некоторые профили выбирались по серии линий геологических разрезов, составленных в прошлые годы при проведении детальных работ по поискам золота и поисково-оценочных работ. Геологические разрезы представлены в виде выкопировок из отчета за 1979-1983 г. г. (Стасив И.В, Волошин В.В. и др.) [20].

На Рисунке 5.72 представлен геолого-геофизический разрез профиля I-I. Он расположен на восточном фланге месторождения Карьерное.

Профиль пересекает отложения фаменского яруса верхнего девона, с наложенными на них терригенными породами карбона, в которых выявлены кварцевые жилы с зонами пиритизации, оквартизации. Анализ рисунка позволил сформировать информацию о характеристиках геофизических полей в рудных зонах и нерудных участках по данным новой съемки 2018 г (Таблица 5.71).

Таблица 5.71 – Результаты интерпретации геофизических данных по профилю I-I

Характеристика поля	Значение поля в рудной зоне	Характеристика поля за контуром рудной зоны
зона пониженных значений магнитного поля	-600-+800 нТл	повышение магнитного поля до 1200 нТл
зона пониженных значений гравитационного поля	-0,25-+0,1 мГал	повышение гравитационного поля до 0,3 мГал
зона повышенных значений поляризуемости	2,5% на фоне 1,5%	повышение поляризуемости до 4%
зона низких значений сопротивления	150 Ом·м на фоне 70 Ом·м	повышение сопротивления до 800 Ом·м

Анализ комплексных геофизических данных показывает, что в зоне рудных участков, подсеченных поисково-разведочными скважинами, магнитное поле увеличивается вдоль профиля I-I с глубокого минимума минус 600 нТл до 1 200 нТл на северном окончании профиля. Непосредственно в рудной зоне значения напряженности магнитного поля пониженные. То же можно сказать и о поведении гравитационного поля. В рудной зоне гравитационные аномалии характеризуются пониженными характеристиками.

Значения гравитационных аномалий изменяются в зависимости от смены литологии. Это видно на геоплотностном разрезе профиля I-I, когда на рудном участке мы наблюдаем неоднородность плотности.

Здесь эффективная плотность по латерали незначительно увеличивается на десятые единицы. Такой эффект объясняется влиянием более плотных девонских отложений.

Мы уже говорили о том, что к значениям плотности, вычисленным на основе интерпретационной томографии, необходимо относиться как к неким условным, относительным величинам.

Что касается электрических параметров среды, то участку профиля с развитием кварцевых жил, пиритизации и т. д. соответствует повышение поляризуемости до 4% на фоне уменьшения кажущегося сопротивления. Значения сопротивлений довольно низкие (до 200 Ом·м).

Еще один момент, на который было обращено внимание во время интерпретации – это поведение геофизических параметров вне рудной зоны. На рисунке видно довольно значительные увеличения характеристик всех полей за пределами развития процессов окварцевания и пиритизации.

Рассмотрим, сохраняются ли выявленные тенденции и на других интерпретационных профилях. На Рисунке 5.73 представлен геолого-геофизический разрез профиля II-II.

Направление профиля – меридиональное. Расположен восточнее первого профиля I-I. Пересекает отложения девона-карбона. В Таблице 5.72 представлены численные характеристики полей.

Таблица 5.72 – Результаты интерпретации геофизических данных по профилю II-II

Характеристика поля	Значение поля в рудной зоне	Характеристика поля за контуром рудной зоны
зона пониженных значений магнитного поля	-200-+600 нТл	повышение магнитного поля до 1 200 нТл
зона пониженных значений гравитационного поля	+0,05 мГал	повышение гравитационного поля до 0,3 мГал
зона повышенных значений поляризуемости	3% на фоне 1,5%	повышение поляризуемости до 4%
зона низких значений сопротивления	менее 200 Ом·м на фоне 70 Ом·м	повышение сопротивления до 800 Ом·м

График магнитного поля характеризуется той же формой и теми же особенностями, которые были выявлены для первого профиля: зона развития золоторудных ореолов выявляется в магнитном поле пониженными значениями. В гравитационном поле рудные участки характеризуются аномалией пониженных значений силы тяжести до +0,05 мГал. В рудной зоне наблюдается аномалия поляризуемости интенсивностью до 3% с аномалией кажущего сопротивления интенсивностью менее 200 Ом·м.

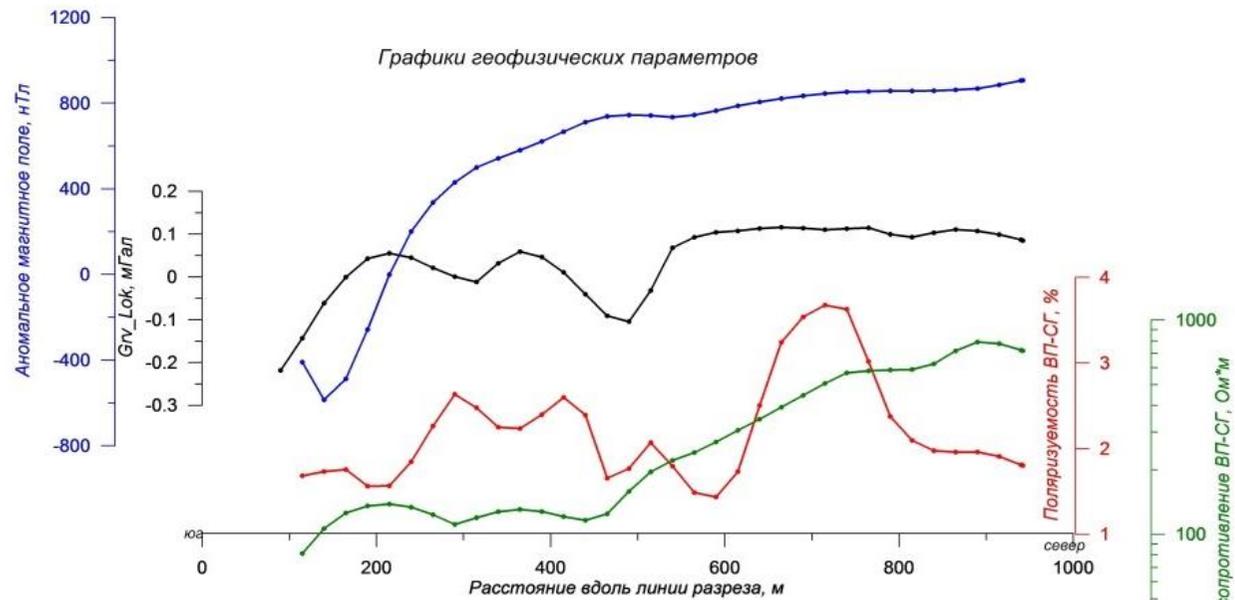
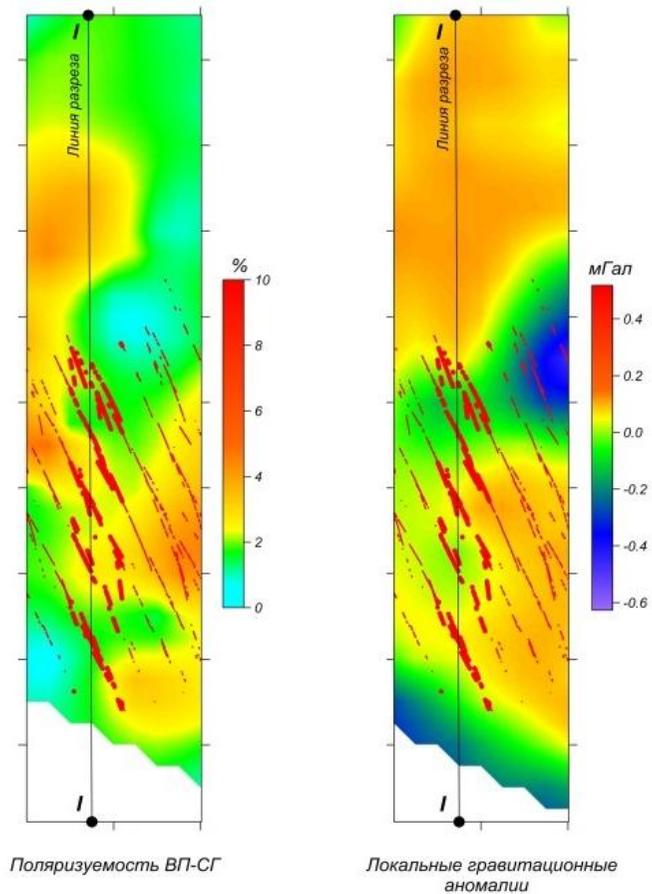
Высокие значения гравитационного поля на южном фланге профиля III-III вызваны влиянием листовенитов и пироксенитов (Рисунок 5.74). Далее по профилю наблюдается гравитационный минимум интенсивностью минус 0,05 мГал (Таблица 5.73).

Понижение интенсивности гравитационной аномалии обусловлено влиянием процессов минерализации, связанных с пиритизацией,

серпентинизацией, проходивших в зонах дробления и активного внедрения продуктов тектонических процессов.

Постепенное увеличение значений силы тяжести до 0,1 мГал связано с влиянием зоны неизменных пород.

Схема расположения линии геолого-геофизического разреза относительно геофизических аномалий и рудных подсечений



Локальные аномалии плотностной модели по данным интерпретационной томографии  
Проекция рудных интервалов по данным поисково-разведочного бурения

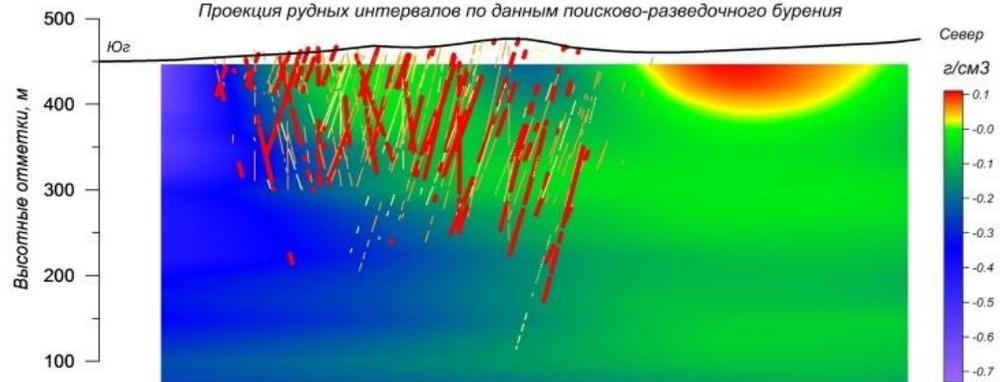


Рисунок 5.72 – Геолого-геофизический разрез I-I.

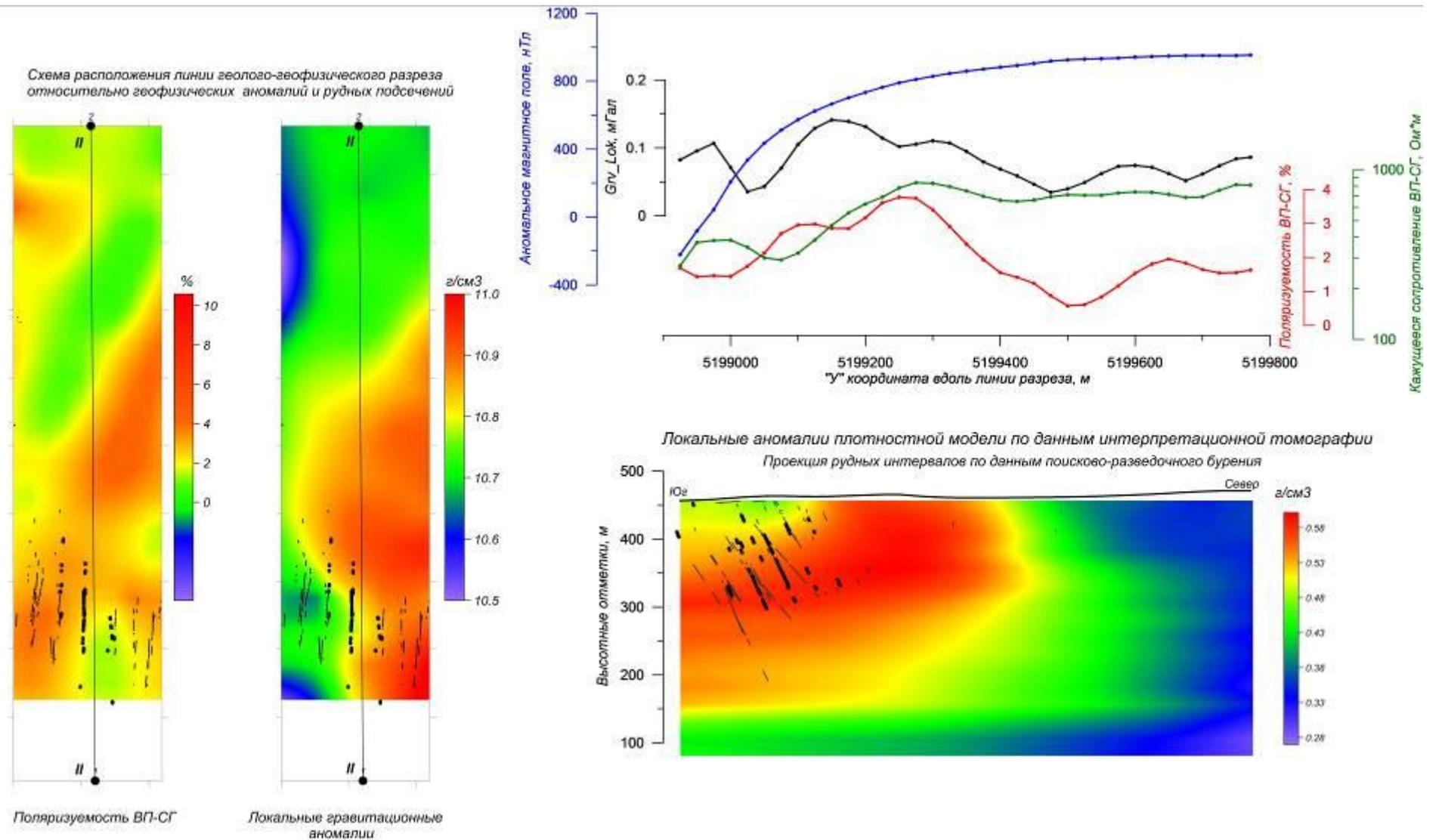


Рисунок 5.73 – Геолого-геофизический разрез II-II

Таблица 5.73 – Результаты интерпретации геофизических данных по профилю III-III

Характеристика поля	Значение поля в рудной зоне	Характеристика поля за контуром рудной зоны
зона пониженных значений магнитного поля	+100-+800 нТл	повышение магнитного поля до 1 000 нТл
зона пониженных значений гравитационного поля	-0,05 мГал	повышение гравитационного поля до 0,2 мГал
зона повышенных значений поляризуемости	2,5% на фоне 1,5%	повышение поляризуемости до 3%
зона низких значений сопротивления	менее 130 Ом·м	повышение сопротивления до 1 000 Ом·м

Наличие этой зоны видно и из геоплотностного разреза, где наблюдается небольшое увеличение плотности горных пород.

Далее по профилю снова начинается рудная зона, которая характеризуется понижением интенсивности силы тяжести. А дальше более плотные отложения девона влияют на формирование амплитуды аномалии силы тяжести. Таким образом, мы видим, что для выделения зон минерализации создается довольно устойчивый критерий – понижение интенсивности гравитационного поля.

Форма графика магнитного поля по профилю III-III сохраняется: наблюдается тренд увеличения интенсивности магнитного поля с юга на север. Однако, надо отметить изменение уровня напряженности магнитного поля. Если в ранее рассмотренных профилях интенсивность магнитного поля в зонах развития минерализации изменялась в пределах от минус 200 до +600, то на профиле III-III эти значения составляют от +100 до +800 нТл.

Далее по профилю в отложениях фамена наблюдается еще один ореол золота. И в горных породах верхнего девона наблюдается резкая смена формы графиков параметров электрического поля: кажущееся сопротивление увеличивается до 1 100 Ом·м. По-видимому, это происходит из-за приуроченности этого ореола к девонским образованиям. Плотности девона выше, чем у песчаников и алевролитов карбона. По-видимому, это ведет к уменьшению уровня минерализации, что, в свою очередь, приводит к спаду интенсивности поляризуемости до 1 %.

Области отсутствия минерализации выделяются характерным повышением все параметров геофизических полей: поляризуемости до 3,5%, кажущегося сопротивления до 1 000 Ом·м, аномалий силы тяжести до 0,2 мГал и аномального магнитного поля до 1 000 нТл.

Аналогичными характеристиками описываются геофизические поля вдоль профиля IV-IV (Рисунок 5.75) и V-V (Рисунок 5.76).

Отметим, что высокие значения гравитационных аномалий на южном окончании профиля IV-IV вызваны влиянием отложений верхнедевонского фамена. Здесь же наблюдаются типичные для нерудной зоны аномалии поля

ВП и кажущихся сопротивлений. Далее наблюдается характерное для зон рудной минерализации повышение поляризуемости на фоне низких сопротивлений и минимум гравитационного поля (минус 0,2 мГал). Характеристики магнитного поля не соответствуют ранее выделенным критериям. Связано это, по-видимому, с высокими магнитными свойствами горных пород верхнедевонских отложений, когда локальные изменения минерализации незначительны и не могут повлиять на значения аномального магнитного поля.

Вдоль интерпретационного профиля V-V наблюдается изменение геологического разреза по сравнению с ранее рассмотренными разрезами. Южное окончание профиля пересекает выходы верхнепротерозойских интрузий итмурундинской свиты. Центральная часть профиля проходит через терригенные отложения кунгисаякской свиты верхнего карбона-перми. Тем не менее, выявленные критерии выделения геофизическими полями рудных участков сохраняются.

Кунгисаякская свита карбона/перми характеризуется высоким магнитным максимумом (1 200 нТл), гравитационным минимумом до минус 0,4 мГал, повышением поляризуемости до 3% и пониженным сопротивлением до 500 Ом·м. Зонами градиентов геофизических полей отмечаются размеры данных отложений.

Геолого-геофизический разрез профиля VI-VI представлен на Рисунке 5.77.

Элементы разрывной тектоники уверенно картируются осевыми линиями локальных отрицательных и градиентных зон гравитационных аномалий, осевыми линиями локальных положительных аномалий магнитного поля и т. д.

Особого внимания заслуживают зоны пониженных значений удельного электрического сопротивления (от 100-150 до 300-400 Ом·м), выделенные по данным электроразведки ВП-СГ. Они наблюдаются в пределах развития алевролитов и песчаников верхнего девона-карбона и практически повсеместно совпадают с районами расположения скважин с подсеченными рудными интервалами. По-видимому, уменьшение удельного электрического сопротивления в отложениях девона-карбона связано с наличием минерализации в виде окварцевания и пиритизации. Зоны пониженных значений сопротивления совпадают с аномалиями поляризуемости интенсивностью 5-10%, выделенными по данным электроразведки ВП-СГ. Данные аномалии также наблюдаются в пределах развития отложений верхнего девона-карбона. Отметим, что в зонах измененных пород прослеживаются локальные отрицательные гравитационные аномалии.

На основе проделанной работы можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Интрузивные породы итмурундинской свиты по данным ВП-СГ характеризуются низкими значениями и поляризуемости (1-2%), и кажущегося сопротивления (не выше 200 Ом·м). Связано это, скорее всего, с тем, что образование этих пород тесно связано с развитием активного

метаморфизма вдоль рудоконтролирующего Итмурундинского глубинного разлома, когда горные породы максимально перемяты, изменены, подвержены процессам дробления и серпентинизации;

2. Зоны тектонических разломов по параметру кажущегося сопротивления отмечаются резкой сменой его значений, контрастными локальными понижениями. На геолого-геофизических разрезах наличие тектонических нарушений, а также зоны контактов литологических разностей отмечаются пересечением графиков аномального магнитного и гравитационного полей;

3. Зоны окварцевания, приуроченные к осадочным породам турне и фамена, выделяются по повышению значений кажущегося сопротивления до 900-1 000 Ом·м и приурочены к флангам аномальных значений сопротивления и поляризуемости;

4. Протяженные аномалии поляризуемости довольно уверенно картируют отложения нижнего карбона высокими значениями, которые, возможно, связаны с наличием сульфидной минерализации;

5. Определены критерии выделения рудных зон, приуроченных преимущественно к терригенным отложениям карбона, по следующим параметрам геофизических полей:

- а) низкие значения кажущегося сопротивления до 200 Ом·м;
- б) повышение значений поляризуемости до 12%;
- в) локальные понижения интенсивности гравитационных аномалий до минус 0,2 мГал;
- г) зона пониженных значений магнитного поля от минус 200 до +600 нТл.

6. Определены критерии выделения рудных зон, приуроченных к терригенным массивам пород фаменского яруса верхнего девона:

- а) высокие значения сопротивления до 800 Ом·м;
- б) понижение поляризуемости до 2-3 %;
- в) высокие значения аномалий магнитного поля до 1 000 нТл;
- г) высокие значения аномалий гравитационного поля до +0,2 мГал.

7. Для нерудных участков (на основе рассмотрения геолого-геофизических разрезов) отмечается повсеместное увеличение всех параметров геофизических полей.

8. В соответствии с определенными критериями на поиски сульфидной минерализации выделены аномальные зоны проводимости и поляризуемости, рекомендуемые для дальнейшего изучения и оценки на золотое оруденение

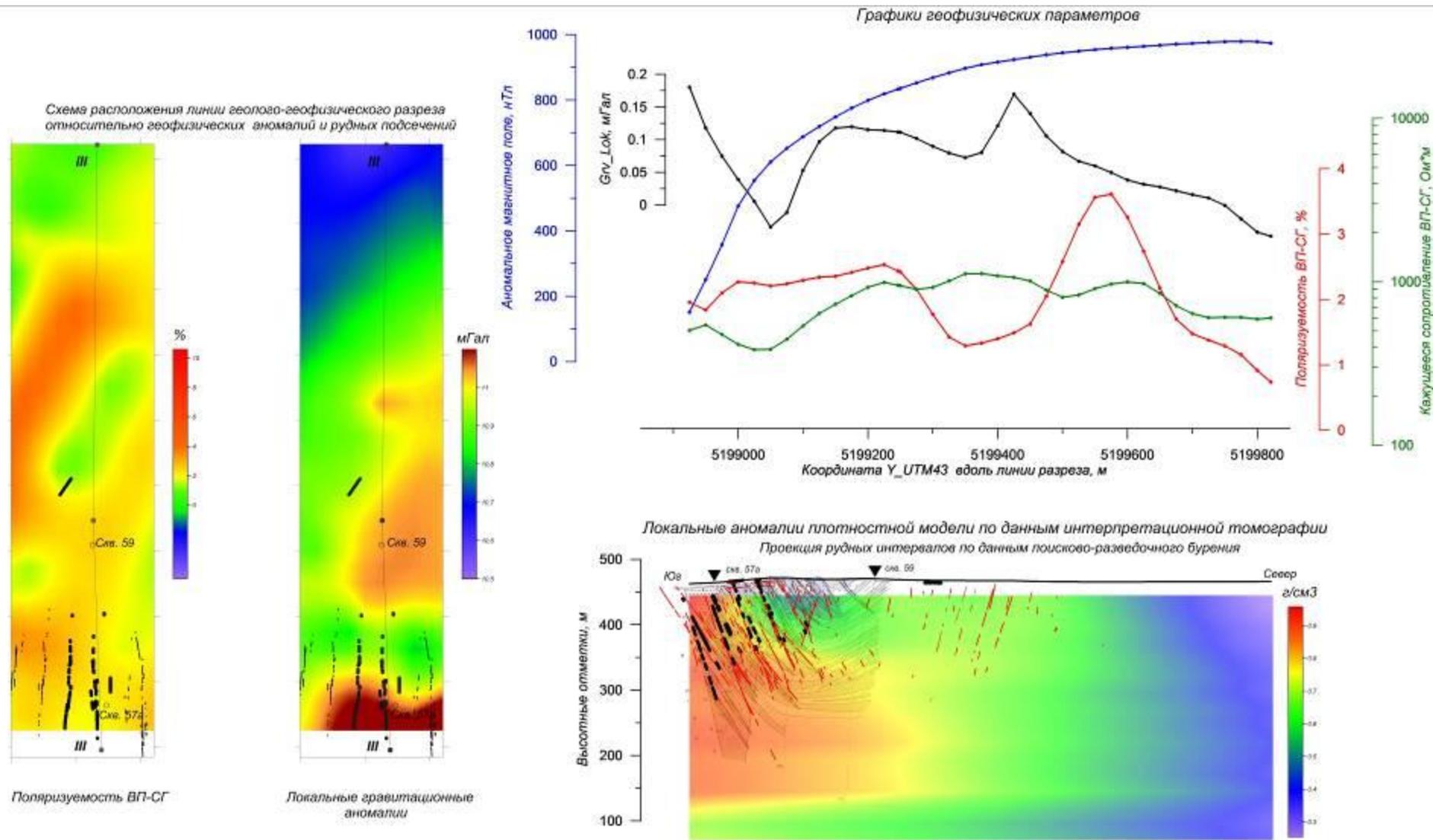


Рисунок 5.74 – Геолого-геофизический разрез III-III

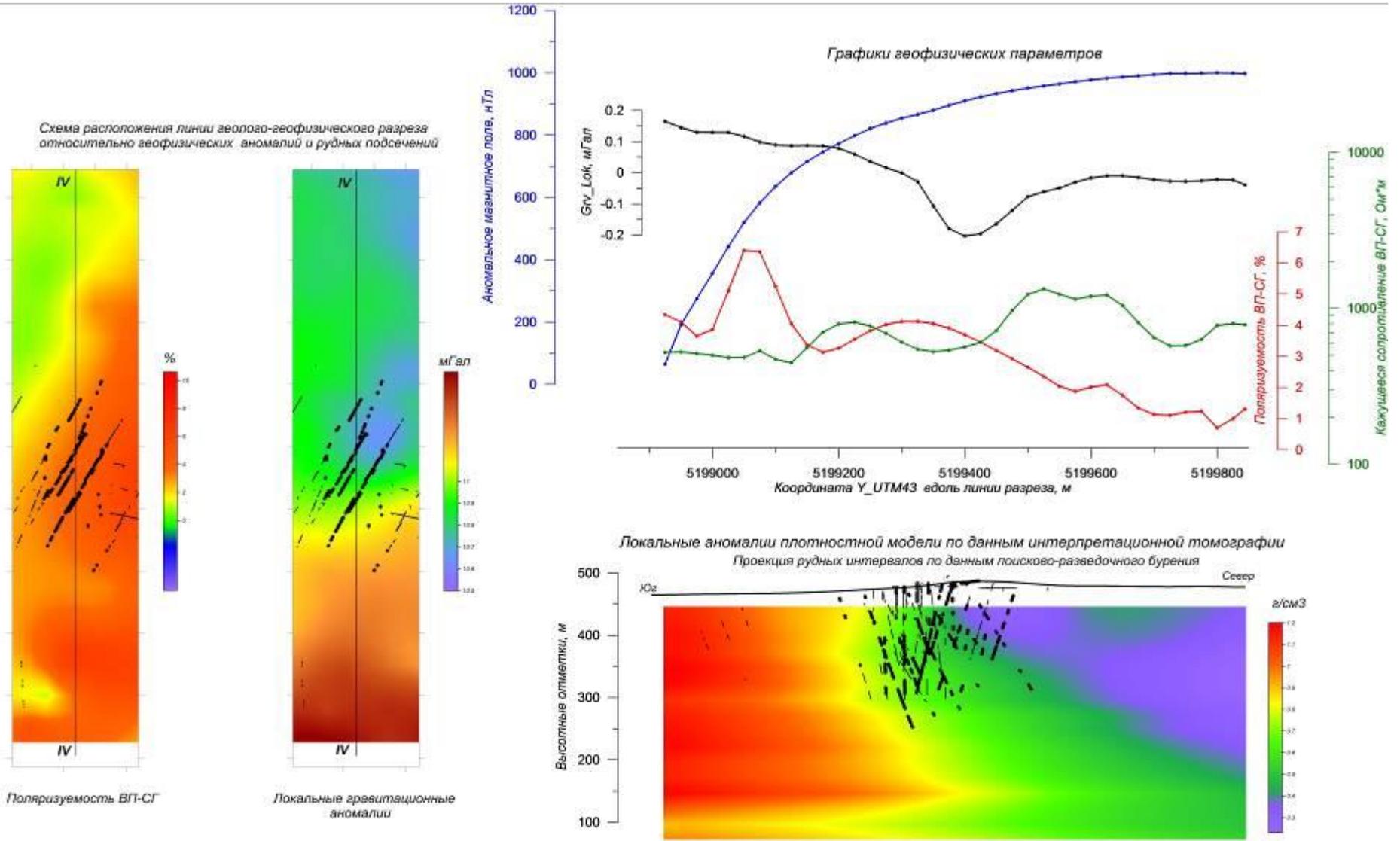


Рисунок 5.75 – Геолого-геофизический разрез по профилю IV-IV

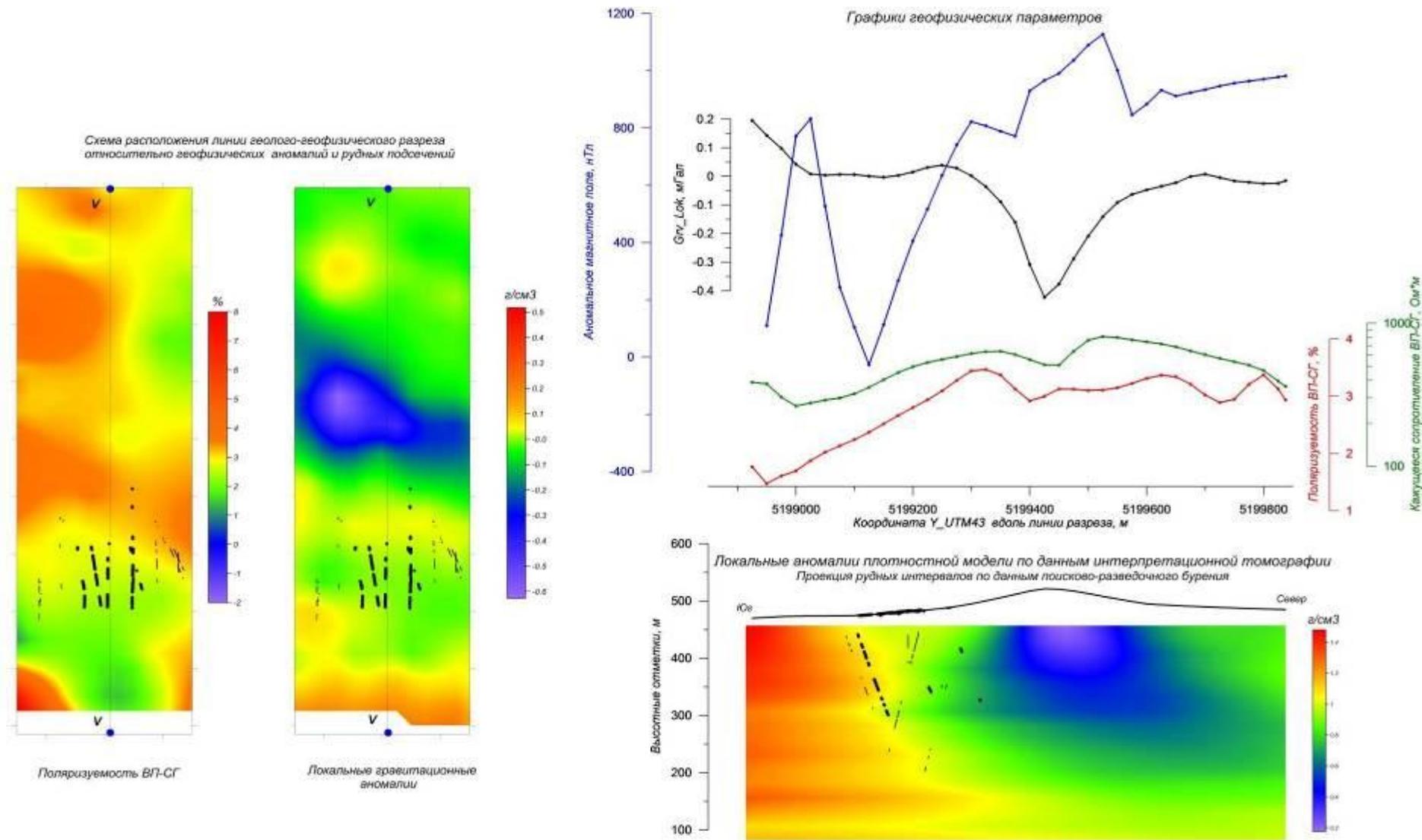


Рисунок 5.76 – Геолого-геофизический разрез по профилю V-V.

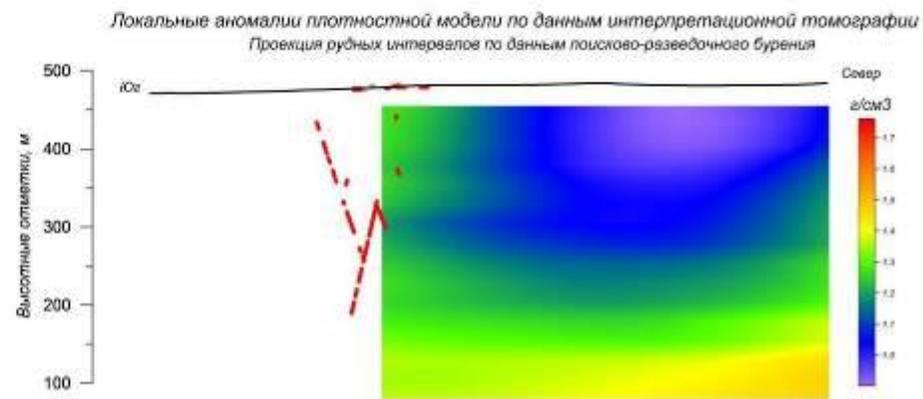
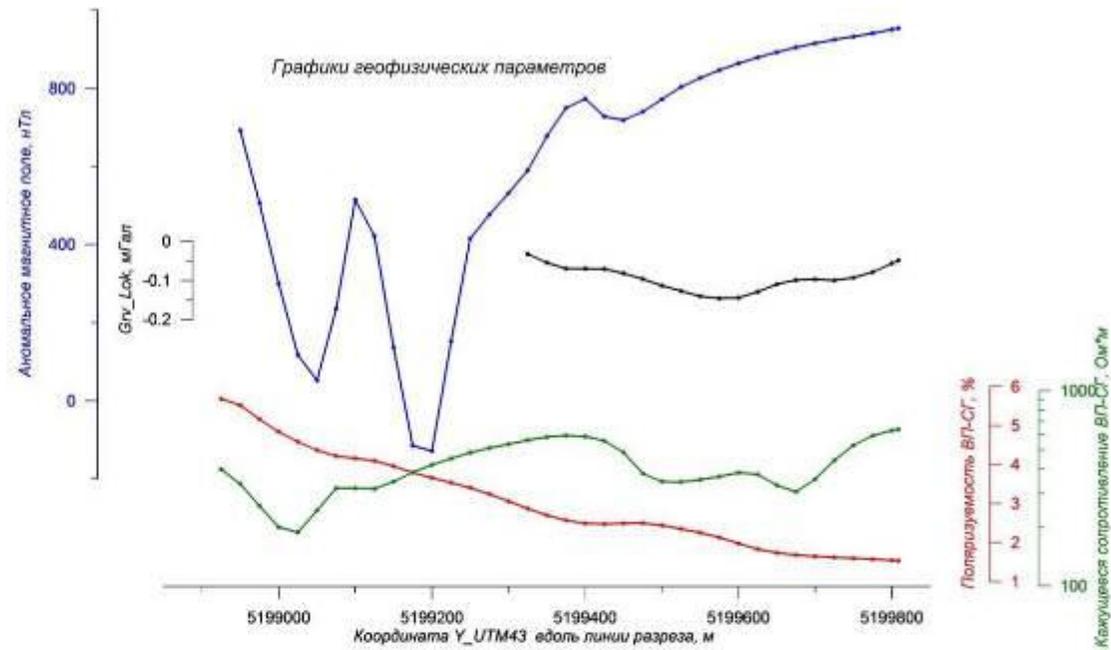
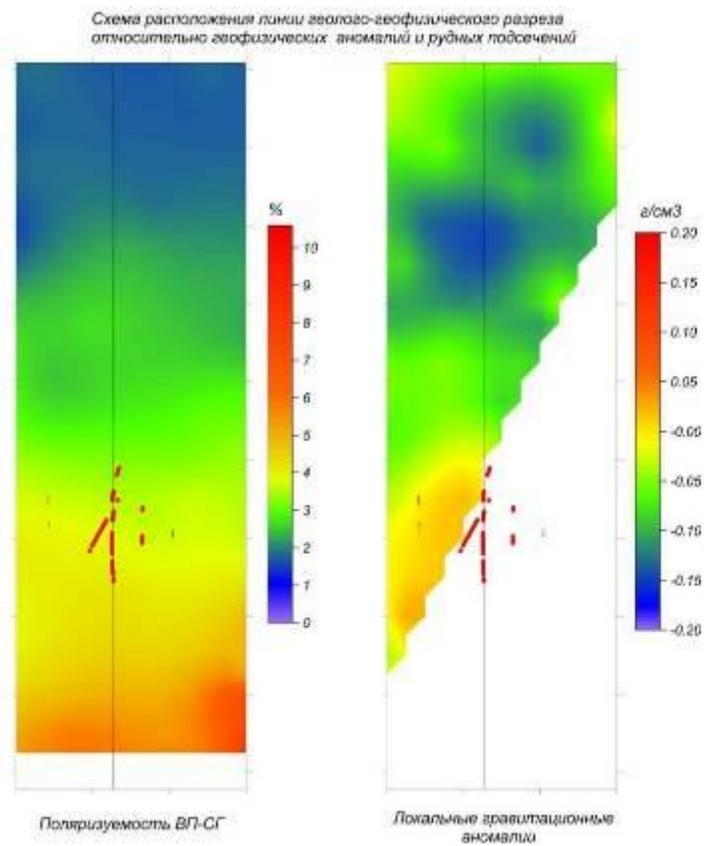


Рисунок 5.77 – Геолого-геофизический разрез по профилю VI-VI



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью данных работ было создание наиболее оптимального комплекса геофизических методов для выделения рудных зон и участков. На основе проделанной работы, рекомендуется в состав последующих поисково-разведочных работ на месторождениях типа участка Карьерный включить следующие методы геофизики:

1. Высокоточную гравиразведку масштабов 1:10 000 и крупнее в зависимости от стадии и масштаба геологоразведочных работ. Средняя квадратическая погрешность определения аномалий 0.01-0.03 мГал; сеть регулярная, межпрофильное расстояние 100-50 м, шаг по профилю 50-20 м.

Высокоточная детальная гравиразведка позволит получить новую информацию для картирования рудоперспективных структур второго, третьего и более высоких порядков, сложенных образованиями девона-карбона, протрассировать разрывные нарушения, как крупные, так и более высоких порядков.

Ожидается, что зоны повышенной минерализации (окварцевание, пиритизация) проявят себя локальными понижениями гравитационных аномалий с последующим увеличением интенсивности значений силы тяжести в нерудных зонах. Данный признак можно использовать при дальнейших исследованиях геологической природы и промышленной значимости аномалий.

2. Магниторазведку масштаба 1:10 000. Магниторазведка рекомендуется в варианте аэромагнитных измерений с применением беспилотного летательного аппарата. Высота полетов при съемке 25-30 м, дискретность измерения магнитного поля 10 Гц. Магниторазведка решает как картировочные, так и поисковые задачи. Комплексные магнитные и гравитационные аномалии, расположенные в пределах распространения регионально рудоносных отложений фамена-карбона, представляют поисковый интерес и должны подвергаться тщательной проверке. Только данными магниторазведки данная задача не решается.

3. Электроразведку методами вызванной поляризации и сопротивлений на перспективных участках, выделенных по результатам гравиразведки и магниторазведки. Поисковые возможности электроразведки ВП для обнаружения и оконтуривания зон сульфидной минерализации глубинах до 500 м доказаны ранее выполненными исследованиями и подтверждаются результатами опытных работ 2018 г. Электроразведочные работы методом ВП рекомендуется проводить в варианте срединного градиента и зондирований с применением осевой дипольной установки.

Опираясь на результаты опытных работ по участку Карьерный, можно предполагать, что рудоносные толщи проявят себя зоной пониженных сопротивлений до 200 Ом·м. Понижение значений сопротивлений будем связывать с наличием рудной минерализации (окварцеванием и

пиритизацией), что повлечет за собой увеличение значений поляризуемости до 10-12%.

4. Петрофизические исследования. Целенаправленное изучение магнитных, электрических и плотностных свойств керна опорных скважин (желательно по всему стволу скважин), геоэлектрических параметров разреза по данным ГИС. По линиям поисково-разведочного бурения построение петрофизических разрезов. На основе результатов петрофизических исследований уточнение критериев интерпретации геофизических материалов, при необходимости корректировка состава и методики геофизических работ.

В результате выполненных исследований:

1. Сформирован набор цифровых моделей физических полей и их трансформант. Собранные и систематизированные данные могут служить цифровой прогнозно-поисковой основой для выбора перспективных площадей на базе материалов ранее выполненных геолого-геофизических съемок масштабов 1:50 000 и крупнее.

2. На основе анализа и обобщения фондовых геолого-геофизических материалов, результатов проведенных в рамках данного проекта опытных геофизических работ на участке Карьерное уточнены поисковые критерии и признаки месторождений рудных залежей, дана оценка поисковой эффективности геофизических методов.

3. Дано обоснование комплекса геофизических методов, оптимального для поисков рудных участков типа участка Карьерное.

Работы по проекту проведены с применением современных, наиболее передовых специализированных технологий и программных комплексов геофизических исследований. Результаты выполненных работ свидетельствуют о высокой эффективности комплексирования гравиразведки, магниторазведки и электроразведки при решении поисковых задач в условиях Северного Прибалхашья.

Проинтерпретированные геолого-геофизические материалы могут быть приняты за основу при планировании дальнейших геологоразведочных работ, выделении перспективных площадей, обосновании объемов и методов поисковых геофизических работ, способствовать приросту запасов и объемов добычи на горнорудных объектах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И и др. Геологическое строение Казахстана. Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000.
- 2 Беспаяев Х.А., Мирошниченко Л.А. Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. Алматы: РГКП «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева». 2004.
- 3 Борадаевская М.Б., Кравцов А.И. Поиски меднорудных месторождений. М. «Недра». 1985.
- 4 Вольвовский Б.С. и др. Краткий справочник по полевой геофизике. М., «Недра» 1977.
- 5 Геодинамика и минерагения Республики Казахстан. Алматы, 2000.
- 6 Вольфсон Ф.И., Некрасов. Основы образования рудных месторождений. М. «Недра». 1978.
- 7 Даукеев С.Ж. и др., Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Том 1. Глубинное строение и геодинамика. Алматы, РГП «Информационно – аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан», 2002.
- 8 Даукеев С.Ж. и др., Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Том 2. Металлогения. Алматы, РГП «Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан», 2002. 271стр.
- 9 Главные редакторы Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Милетенко Н.В. и др. Атлас литолого-палеогеографических, структурных, палинспастических и геоэкологических карт Центральной Евразии. Научно-исследовательский институт природных ресурсов ЮГГЕО, Алматы, 2002.
- 10 Даукеев С.Ж., Геология и полезные ископаемые Казахстана. Алматы. КазИМС, 1996.
- 11 Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории Республики Казахстан. Кокшетау, 2002.
- 12 Некоторые рудные провинции Казахстана (Доклады на семинаре-совещании). Алматы, 2013.
- 13 Никитский В.Е., Глебовский Ю.С., Магниторазведка – 2-е изд., перераб. и доп.- М. «Недра», 1990.
- 14 Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз орудения. СПб., 1998.
- 15 Ужкенов Б.С. Карта полезных ископаемых Казахстана. Масштаб 1:1000000. Алматы, 2003.
- 16 Ермекбаев А.Е. Открытие месторождений рудных полезных ископаемых поисковыми геофизическими и геохимическими методами в Республике Казахстан. «Геология и разведка недр Казахстана». Алматы. Издательство Академии минеральных ресурсов, 2001. № 1 – стр.48-50.

17 Кличников В.А. Эффективность комплексных геолого-геофизических и геологических исследований при поисках рудных месторождений в Казахстане. «Геология и разведка недр Казахстана». Алматы. Издательство Академии минеральных ресурсов, 2001. № 1 -стр.40-47.

18 Урдабаев А.Т. О геофизическом обосновании выбора поисковых участков полиметаллического оруденения на Рудном Алтае. «Геология и охрана недр». Алматы, КазГЕО, 2012. №3 (44) – стр. 31-39.

19 Отчет Гравиметровой партии за 1968-1969, Шетский и Актогайский районы Карагандинской области. Листы L-43-28-А, Б, В, Г, 40-А, 33-Б, Г; 34-А, В., 45-А, Б) «Гравиметровая съемка в Северном Прибалхашье» (Авторы Москалев Ю.П., Калинин В.П.)

20 Отчет по проведению детальных поисков золота на площади месторождения Пустынное и поисково-оценочных работ на участке Западный за 1979-1983 (Авторы: Стасив И.В, Волошин В.В. и др.);

21 Отчет о результатах комплексной аэрогеофизической съемки масштаба 1:25 000 в Северном Прибалхашье за 1977-1980 (авторы Жунусов Р.К, Комаров А.М. и др.);

22 Отчет по результатам региональных геофизических работ масштаба 1:50 000 на площади планшетов L-43-20-В (г); L-43-20-Г(в); L-43-32-А(б, г); L-43-32-Б и поисковых работ в пределах Иткудук-Бактайской рудной зоны масштаба 1:10 000 1972-1979 (Авторы Сушков В.А., Стасив И.В., Сафиюлин Б.Н и другие).

23 Отчет по результатам создания цифровой геофизической основы на базе материалов геофизических съемок масштабов 1:25 000 и крупнее в пределах участка Карьерный (Карагандинской области). (Авторы Джукебаев М.И., Умирова Г.К. и др.).