

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

«Особенности геоэлектрического строения разломных структур в восточной
части острова Сахалин (по данным вертикального электрического
зондирования)»»»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т М А Г И С Т Е Р С К О Й Р А Б О Т Ы

Студентки 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 Геология
профиль «Геофизика при поиске нефтегазовых месторождений»
геологического ф-та
Мастрюковой Анастасии Ивановны

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2024

Введение. Актуальность исследований. Разрывные нарушения оказывают негативное влияние на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений, что неоднократно отмечалось как у нас в стране, так и за рубежом. Не является исключением и о. Сахалин, где разломные нарушения всех рангов в зонах современной тектонической активности приводят к нарушению устойчивости нефте- и газопроводов, подземных газохранилищ, автотрасс и других инженерных сооружений.

Наиболее сложная картина при этом наблюдается в верхней части геологического разреза из-за осложняющих геологических факторов, например, выветривания. Поэтому достоверное картирование тектонических нарушений является важной и актуальной задачей. Эта задача успешно решается геофизическими методами, например, электроразведкой.

Электроразведочные исследования служат для оценки и уточнения инженерно-геологических условий и получения необходимых данных для проектирования, предварительной характеристики свойств грунтов и строительства инженерных сооружений в зонах распространения разрывных нарушений. Одним из основных электроразведочных методов изучения активных разломов считается метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и его модификации.

В основу выполненной выпускной квалификационной работы (ВКР) легли материалы электроразведочных исследований по участку проектируемой площадки установки комплексной подготовки газа (УКПГ), который является основным **объектом** исследований. УКПГ расположен на Киринском газоконденсатном месторождении (восточная часть о. Сахалин).

Работы на объекте проводились силами ООО «Газпром проектирование» в 2022г. В пределах УКПГ в крест предполагаемому направлению развития разрывных дислокаций была расположена система из 15 параллельных профилей ВЭЗ по 20 пикетов на каждом. Расстояние между профилями и пикетами - 50 м. При работе методом ВЭЗ использовалась

несимметричная четырехэлектродная установка (экспресс -установка). Электроразведочные исследования на исследуемом участке выполнялись комплексом аппаратуры АМС. Обработка и интерпретация полевых материалов выполнена с использованием программы двумерной инверсии Res2DInv с целью построения геоэлектрических разрезов и выделения на них разломных зон.

При сборе материала и написании ВКР основное внимание уделялось выполнению камеральных работ, поскольку в проведении обработки и интерпретации результатов ВЭЗ автор принимал непосредственное участие. В задачи камеральных работ входило:

- расчленение разреза дисперсных пород на слои различного литолого-петрографического состава;
- определение в плане и в разрезе положения разломных зон

Целью ВКР является выяснение особенностей геоэлектрического строения разломных структур в верхней части разреза на объекте исследований по данным ВЭЗ.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие **задачи**:

1. Изучить специфику образования тектонических нарушений и возможности электроразведки при их изучении
2. Установить особенности образования разломных зон и изучить краткую геологическую характеристику острова Сахалин.
3. Изучить методику работ методом ВЭЗ и привести результаты исследований.

Возможности электроразведочных методов при изучении разломных зон довольно таки широко изложены в научной литературе. Например, в работе М.Г. Верутина приводится пример эффективного использования метода ВЭЗ в зоне разрывных нарушений. Автор обращает повышенное внимание на сильное искажение полевых кривых ВЭЗ вблизи разломных

участков. Интересные результаты получены А.В. Татаркиным на Алтайском сейсмологическом полигоне. Здесь по данным метода ВЭЗ на разрезе кажущегося электрического сопротивления четко видна ось тектонического нарушения, которая разделяет исследуемый участок на зону повышенного и пониженного кажущегося сопротивления. Схожие результаты получены сотрудниками НГУ и ИННГГ СО РАН на месторождении в Горном Алтае полигоне. Так В.А. Гурьев, Д.Н. Ефремова, В.В. Оленченко определили, что разломные зоны характеризуются пониженными (до 175 Ом*м и менее) значениями удельного электрического сопротивления.

Приведенный литературный обзор, безусловно, не претендует на полноту охвата многочисленных исследований по тематике ВКР. Однако из него становятся ясными большие возможности электроразведки при решении многочисленных инженерно-геологических проблем в зоне распространения разрывных нарушений.

Основное содержание работы. В разделе 1 «Специфика образования тектонических нарушений и возможности электроразведки при их изучении» понятие разлома отождествляется с некоторым объемом геологической среды, имеющим аномальное строение и включающим не только дизъюнктивное нарушение, но и зону его динамического влияния (**подраздел 1.1**). Под зоной динамического влияния разлома понимается область не только деформирования, но и область снижения интенсивностей приразломных деформаций. Так Р.М. Лобацкая выделяет следующие структурные элементы разлома: осевая зона, магистральный разлом, крылья с системой разрывов в виде деструктивных полей.

Что касается критериев обнаружения тектонических нарушений по электроразведочным данным (**подраздел 1.2**), то их выбор базируется на представлениях о механизме образования разломных зон. Как правило, специалисты представляют разлом, как активный «транзитный канал» для флюидов из недр Земли к ее поверхности. Общеизвестной является тесная

связь между электрическими свойствами горных пород и их температурой, минерализацией, фазовым состоянием воды, заполняющей поровое и трещинное пространство в породах. С учетом высокой чувствительности электромагнитных полей к воздействию геодинамических процессов их возможное применение в данной области сильно зависит от точности оценки вариаций УЭС и анизотропии. Известно, что задача повышения эффективности электроразведочных работ в зонах развития тектонической трещиноватости решается в рамках подбора методики и технических средств фиксации разрывных нарушений. Правильное решение методических и аппаратных вопросов при подготовке к полевым работам позволяет выявить линейные зоны разломов разного масштаба, проявления и генезиса.

Раздел 2 «Особенности образования разломных зон острова Сахалин. Краткая геологическая характеристика района работ». Наибольший интерес исследователей вызывает реконструкция тектонической эволюции острова Сахалин в мезозойскую эру, оказавшую большое влияние на стадийность и направленность развития разломных зон земной коры исследуемого региона.

В тектоническом отношении рассматриваемый район расположен в северной части кайнозойской Хоккайдо-Сахалинской складчатой системы. Это крупнейшая шовная (межблоковая) структура на границе Амурской и Охотоморской плит, которая характеризуется активной позднемезозойско-кайнозойской и современной геодинамикой (**подраздел 2.1**). Интересно, что современная геодинамика острова определяется взаимодействием Евразийской (Амурской) и Североамериканской (Охотской) литосферных плит, которое проявляется в виде интенсивного деформирования земной поверхности в окрестности разломных зон с высокой коровой сейсмичностью. При этом наличие разломов специалисты связывают с напряженно-деформированным состоянием земных недр, зачастую приводящим к возникновению возможных очагов землетрясений,

осложняющих хозяйственное освоение острова. Проектируемая площадка УКПГ попадает непосредственно в зону влияния крупного Лонгрийского разлома.

В административном отношении участок установки комплексной подготовки Киринского ГКМ располагается в Ноглинском районе Сахалинской области (**подраздел 2.2**). В геоморфологическом отношении УКПГ располагается на Северо-Сахалинской равнине, которая представляет собой пологохолмистую поверхность, изрезанную густой речной сетью. Сюда на территорию равнины подходят отроги Восточно-Сахалинского хребта, представляющие собой невысокие сглаженные холмы высотой до 190 м. В геологическом строении района работ принимают участие терригенно-осадочные образования четвертичного и неогенового возраста, песчано-глинистого состава. Изучаемая территория характеризуется разнообразием геологических условий и довольно сложным тектоническим строением, сопряженным с тектонической эволюцией острова. Литолого-стратиграфическая характеристика Киринского ГКМ весьма типична для всего восточного побережья острова Сахалин. Как правило, отложения неоген-четвертичного возраста здесь сложены мощной толщей обломочных кайнозойских пород, связанных с активной краевой зоной.

Раздел 3. «Методика работ и результаты исследований». Полевые работы по изучаемому объекту (**подраздел 3.1**) проводились по сети профилей, которые простирались в крест предполагаемому направлению развития разрывных дислокаций. Расстояние между профилями и пикетами – 50 м. Глубинность исследований согласно требованиям «Программы на проведение инженерно-изыскательских работ в рамках геофизических исследований» составляет 15 м и определяется максимальным разносом питающих электродов. При производстве работ применялась несимметричная четырехэлектродная установка с линейным шагом между электродами с разносами $ON=2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 26, 34, 50$ и 66м. Эта

установка является аналогом классической симметричной установки Шлюмберже и разработана преподавательским составом кафедры геофизики МГУ, опробована на различных полигонах и успешно применялась на различных объектах исследований. Электроразведочные исследования на исследуемой территории выполнялись комплектом аппаратуры АМС, которая предназначена для выполнения электроразведочных наблюдений методом сопротивлений.

По результатам измерений в конце каждого рабочего дня заполняется электронный журнал при скачивании данных из памяти аппаратуры в электронных таблицах Excel. Оценка качества полевых данных выполняется на камеральном этапе. Полевые данные считываются с регистрирующей аппаратуры в компьютер, строятся графики кажущегося УЭС с различными разносами в электронных таблицах Excel. Точки графиков соответствуют центрам между измерительной и питающей линиями. Полученные материалы передаются в камеральные геофизические группы с целью дальнейшей обработки с использованием программы RES2DINV.

Далее из первичного файла, соответствующего изучаемому профилю, выгруженного из пульта управления прибора АМС-1, происходит формирование файла с расширением «.dat», для загрузки его в программу RES2DINV. После загрузки производится последующая двумерная инверсия данных. Дальнейшая обработка полевого материала включает в себя: корреляцию геоэлектрических комплексов по профилям; увязку геоэлектрических характеристик с данными бурения опорных инженерно-геологических скважин; сопоставление литологии и УЭС пород.

По результатам интерпретации полевых материалов построены геоэлектрические разрезы, на которых выделены зоны разрывных нарушений (**подраздел 3.2**). Согласно полученным данным на площадке УКПГ выделена разломная зона, как показано на рисунках 1, 2, 3. С севера ширина приповерхностной части разломной зоны составляет 45-50 м. Зона,

сложенная по данным бурения суглинистыми и глинистыми отложениями, выделяется на глубине около 2,5 м, имеет мощность около 11 м и низкие значениями УЭС 20-50 Ом*м, что контрастирует с вмещающими породами, УЭС которых достигает 150-200 Ом*м.

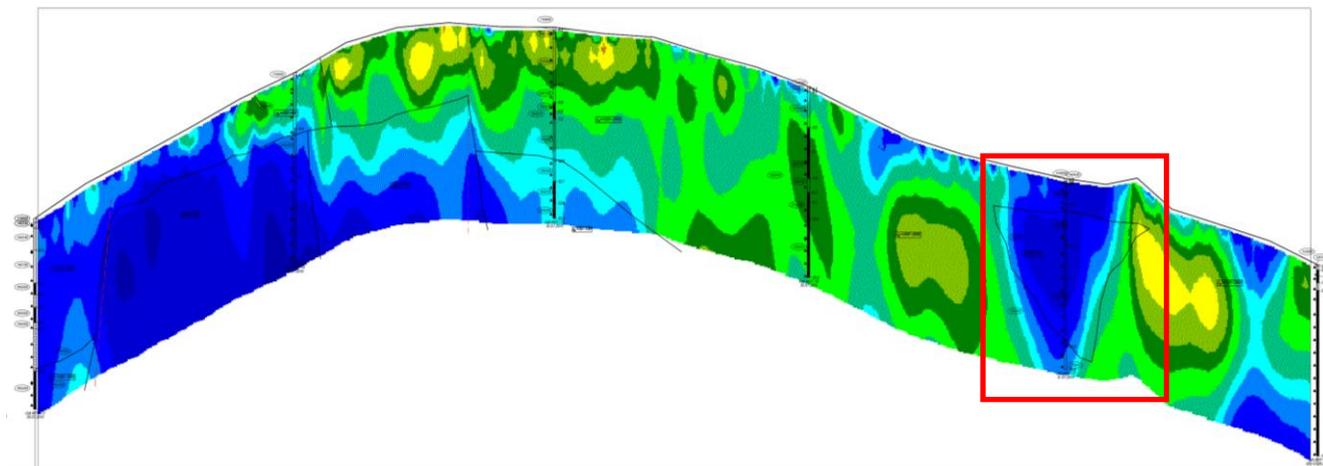


Рисунок 1-Геозлектрический разрез по площадке УКПГ по северному профилю 1. Условные обозначения:

- предполагаемая зона тектонических разрывных нарушений.

К центру полигона разломная зона несколько сужается до 30-35 м и простирается до глубины 15 м в восточной части профиля. УЭС горных пород в пределах зоны возрастает до 30-35 Ом*м, что объясняется повышением содержания суглинистого материала по сравнению с центральным разрезом. УЭС вмещающих пород не изменилось и составляет 150-200 Ом*м.

О ширине распространения зоны ближе к южной части площадки достоверно говорить сложно из-за наличия покровной песчаной линзы, мощностью порядка 5-6 м. Это высокоомные отложения с УЭС 1500-2000 Ом*м. Высокоомный горизонт предположительно относится к разломной зоне и несогласно залегает на отложениях песка с прослоями глин или суглинков с УЭС от 200 до 400 Ом*м.

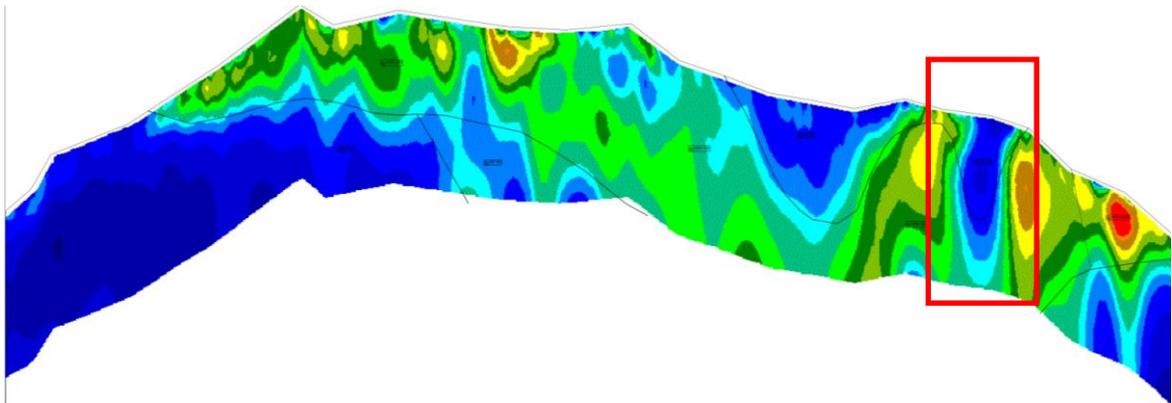


Рисунок 2 – Геоэлектрический разрез по площадке УКПГ по центральному профилю 2. Условные обозначения:
 - предполагаемая зона тектонических разрывных нарушений

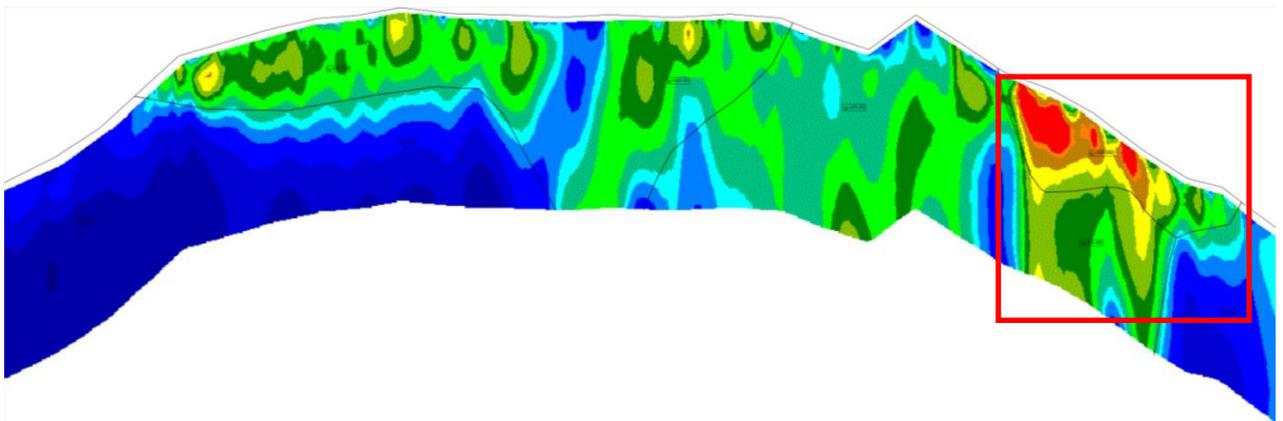


Рисунок 3 – Геоэлектрический разрез по площадке УКПГ по южному профилю 3. Условные обозначения:
 - предполагаемая зона тектонических разрывных нарушений

По итогам интерпретации геоэлектрических разрезов составлена схема предполагаемого тектонического разлома на участке работ по площадке УКПГ (рисунок 4).

Таким образом, по результатам выполненных исследований на северо-востоке проектируемой площадки УКПГ зафиксирована разломная зона, что указывает непригодность данного участка для строительства инженерных сооружений.

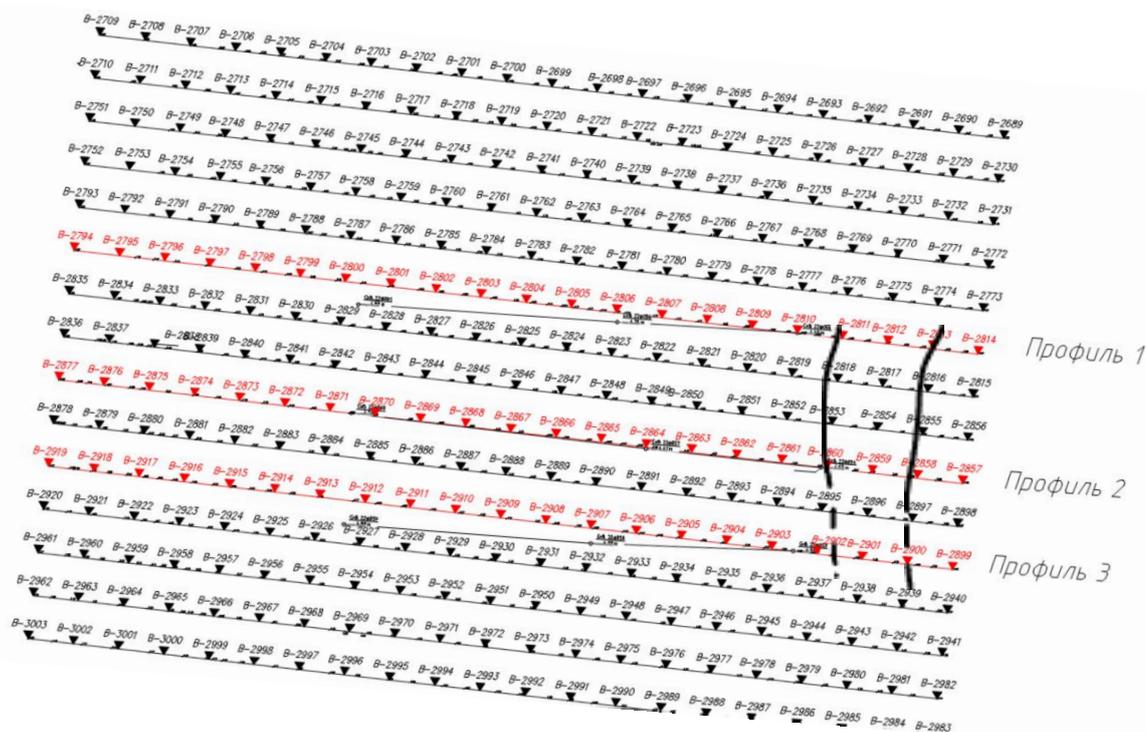


Рисунок 4 – Схема распространения предполагаемых разрывных нарушений на площадке УКПГ.

Используемая методика ВЭЗ доказала свою эффективность на исследуемом участке работ, что подтверждается последующим бурением опорных инженерно-геологических скважин.

Заключение. Практическая ценность электроразведочных работ при решении инженерно-геологических задач в ходе прогнозирования возможных геодинамических явлений, особенно при строительстве различного рода объектов, неуклонно возрастает. Особое внимание исследователей направленно на обнаружение тектонических нарушений на объектах исследований, где разрывные нарушения негативно влияют на строительство и дальнейшую эксплуатацию инженерных сооружений. Известно, что задача повышения эффективности электроразведочных работ в зонах развития тектонической трещиноватости решается в рамках подбора методики и технических средств фиксации разрывных нарушений. Правильное решение методических и аппаратурных вопросов при подготовке

к полевым работам позволяет выявить линейные зоны разломов разного масштаба, проявления и генезиса.

Выпускная квалификационная работа написана на основе материалов, собранных автором в период прохождения производственной практики в пределах участка проектируемой площадки установки комплексной подготовки газа (УКПГ), расположенном на Киринском газоконденсатном месторождении (восточная часть о. Сахалин). На участке исследований при производстве работ применялась несимметричная четырехэлектродная установка (экспресс-установка). Достоинством применяемой установки является возможность определять форму объектов, смещенных от линии профиля.

Обработка и интерпретация полевых данных осуществлялась автором в программе RES2DINV, которая поддерживает визуализацию данных, а также экспорт результатов для использования с программным обеспечением для их интерпретации. В основе программы лежит расчет и построение как псевдоразреза кажущегося сопротивления, так и геоэлектрического разреза изучаемого объекта.

В ходе проведения камеральных работ автором была выделена разломная зона. С севера ширина приповерхностной части зоны разлома составляет 45-50 м, слегка сужаясь до 30-35 м к центру исследуемой площадки УКПГ. Достоверно говорить о ширине зоны ближе к южной части участка сложно из-за наличия покровной линзы высокоомных отложений. Можно лишь предположить, что ее ширина здесь не превышает 45-50 м.

В процессе написания выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1. Изучена специфика образования тектонических нарушений и возможности электроразведки при их изучении
2. Установлены особенности образования разломных зон и изучена краткую геологическую характеристику острова Сахалин.

3. Изучена методика работ методом ВЭЗ и приведены результаты исследований.

Полученные результаты позволяют автору ВКР надеяться, что удалось достигнуть заявленную цель исследования. Представленные в работе материалы хорошо согласуются с материалами известных специалистов А.А. Огильви, В.И. Костицына, В.К. Хмелевского и др.