

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

Кафедра геофизики

**«Применение метода вертикальных электрических зондирований  
для построения геоэлектрических разрезов по площадке КОС  
Амурского газоперерабатывающего завода»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
профиль «Нефтегазовая геофизика»  
геологического ф-та  
Глухова Александра Юрьевича

**Научный руководитель**

Д. ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

С.И Михеев

подпись, дата

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2022

**Введение.** Выпускная квалификационная работа (ВКР) по сути посвящена проблеме эффективного применения малоуглубинной электроразведки для решения инженерных задач при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Такие задачи наиболее надежно решаются в случае комплексирования геофизических методов. Поэтому в ВКР рассматривается применение электроразведки в составе комплексных инженерных изысканий на площадке КОС для сбора исходных данных по проекту «Амурский газоперерабатывающий завод».

Отличительной особенностью территории исследований является наличие в разрезе многолетнемерзлых пород которые значительно осложняют проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных сооружений (зданий, трубопроводов и др.). В этой связи различным аспектам образования и влияния многолетнемерзлых пород в ВКР уделяется акцентированное внимание.

**Цель** выпускной квалификационной работы заключалась в получении и анализе результатов малоуглубинных электроразведочных работ методом ВЭЗ на площадке КОС для обеспечения данными, необходимыми при проектирования объекта «Амурский газоперерабатывающий завод»

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие частные задачи:

- на основе сбора, систематизации и анализа имеющихся фондовых материалов, публикаций в научной литературе и сети интернет дать краткую геолого-геофизическую характеристику исследуемой территории;

- описать методику опытно-методических и производственных работ ВЭЗ на территории исследований;

- освоить программу обработки электроразведочных данных и с ее помощью самостоятельно обработать полевые материалы по двум профилям ВЭЗ;

- построить разрезы территории исследований, расчленить разрез на слои различного литолого-петрографического состава.

ВКР написана по материалам, собранным за время прохождения производственной практики в компании ООО «Газпром проектирование» в Дальневосточном федеральном округе Амурской области.

Данная выпускная квалификационная работа состоит из трёх разделов. Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ». В нём содержится шесть подразделов со следующими названиями: «Физико-географическая характеристика района работ», «Тектоническое районирование», «Литолого-стратиграфическая и геофизическая характеристика разреза», «Гидрогеологические условия», «Геокриологические условия района работ» и «Нефтегазоносность района». Вторая глава «Методика опытных и производственных полевых работ» состоит из трёх разделов со следующими названиями: «Методика опытно-методических работ», «Методика производственных работ» и «Обработка и интерпретация полевых материалов». Также имеется заключающая глава под названием «Предварительный анализ результатов опытно-методических работ». Она состоит из трёх подразделов со следующими названиями: «Описание геоэлектрических разрезов», «Описание геоэлектрического разреза профиль 1 (с 417 по 401 ВЭЗ)» и «Описание геоэлектрического разреза профиль 2 (с 452 по 468 ВЭЗ)».

**Основное содержание работы. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследований»** содержит шесть подразделов. Подраздел 1.1 «Физико-географическая характеристика района работ» С точки зрения физико-географического районирования территория располагается в Амуро-Зейской горно-котловинной области Амуро-Сахалинской страны. Территория располагается в пределах возвышенного Амуро-Зейского плато. Плато располагается между Амуром и долиной нижней Зеи. Средняя часть плато пересекается долиной среднего течения Зеи. Высоты плато — до 300—350 м. Плато сложено неогеновыми глинами и песками, обнажающимися в обрывах долин Амура и Зеи. Территория Амуро-Зейского плато относится к области герцинской складчатости. Герцинские

складчатые структуры выходят из-под покрова неогеновых и четвертичных отложений в невысоких горах по окраинам плато, причем среди них большую роль играют докембрийские метаморфические породы и каледонские гранитоиды. На севере и в середине области, в повышенной части Амуро-Зейского плато, господствуют лиственничные леса, а также травяно-болотные редколесья и сфагново-лиственничные мари. В южной половине этого плато их сменяют сосновые, лиственнично-сосновые и вторичные березовые леса. Эти вторичные леса раскинулись в основном на месте бывших здесь прежде таежных и хвойно-широколиственных лесов. В таких вторичных лесах господствует береза плосколистная, местами береза черная (*Betula dahurica*) с примесью осины и нередко монгольского дуба. Ближе к границе с КНР большее распространение имеют дубовые и кедрово-широколиственные леса. Кустарниковый ярус образован характерной для подлеска дальневосточных дубрав леспедцей (*Lespedeza bicolor*); нижний ярус образован преимущественно высокотравьем. Подраздел 1.2 «Тектоническое районирование» Территория располагается в пределах возвышенного Амуро-Зейского плато. Плато располагается между Амуром и долиной нижней Зеи. Средняя часть плато пересекается долиной среднего течения Зеи. Высоты плато — до 300—350 м. Плато сложено неогеновыми глинами и песками, обнажающимися в обрывах долин Амура и Зеи. Территория Амуро-Зейского плато относится к области герцинской складчатости. Герцинские складчатые структуры выходят из-под покрова неогеновых и четвертичных отложений в невысоких горах по окраинам плато, причем среди них большую роль играют докембрийские метаморфические породы и каледонские гранитоиды. Амуро-Зейский регион представляет собой самую крупную мезо-кайнозойскую впадину Дальнего Востока. Фундамент впадины имеет явно выраженное блоковое строение и сформирован разновозрастными изверженными, метаморфическими и осадочными породами от протерозойских до раннемеловых включительно. Он глубоко погребен под чехлом более молодых образований. Большая часть

района занята возвышенными аккумулятивно-денудационными равнинами с абсолютными высотами от 300 до 480 м. Густая глубоко врезанная овражно-балочная сеть, расчленяющая водоразделы, создает здесь сложный грядово-увалистый, плоско холмистый рельеф с неширокими извилистыми водоразделами. Основные реки с притоками относятся к бассейну Амура. Долины широкие, заболоченные, трапецеидальные. Глубина вреза возрастает от верховьев, где она не превышает 20—30 м, к низовьям, где она достигает 80—100 м. Подраздел 1.3 «Литолого-стратиграфическая и геофизическая характеристика разреза» Амуро-Зейский регион представляет собой самую крупную мезо-кайнозойскую впадину Дальнего Востока. Фундамент впадины имеет явно выраженное блоковое строение и сформирован разновозрастными изверженными, метаморфическими и осадочными породами от протерозойских до раннемеловых включительно. Он глубоко погребен под чехлом более молодых образований. В строении верхней части геолого-литологического разреза района изысканий принимают участие аллювиальные, озерно-аллювиальные, аллювиально-делювиальные верхнеплейстоцен-голоценовые, средне – верхнеплейстоценовые, плиоцен-нижнеплейстоценовые отложения. Электропроводность горных пород не зависит от их минерального состава, так как удельное электрическое сопротивление основных породообразующих минералов (кварц, полевой шпат, ангидрит, галит) изменяется от 108 до 1015 Ом \*м, что соответствует первоклассным изоляторам. Подраздел 1.4 «Гидрогеологические условия» Согласно гидрогеологическому районированию район изысканий расположен в пределах Амуро-Зейского срединного артезианского бассейна, входящего в обширную Амуро-Охотскую гидрогеологическую складчатую область. На рассматриваемой территории получили развитие водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным отложениям песчано-гравийно-галечникового состава. Подземные воды относятся, в основном, к водоносному горизонту современных отложений, порово-пластового типа. Мощность водоносного горизонта варьирует от 15 м до 30 м. Глубина

залегания подземных вод от 0,5-10 м на поймах до 23-25 м у бровок надпойменных террас. Подземные воды, как правило, безнапорные, редко слабонапорные. Обычно подземные воды имеют свободную поверхность. Уровень подземных вод, как правило, непостоянный, колебание уровня подземных вод происходит в зависимости от сезона. Подраздел 1.5 «Геокриологические условия района работ». Исследуемый район располагается у южной границы зоны распространения многолетнемерзлых пород. В мелкомасштабном плане породы региона относятся к островному типу распространения – занимают менее 20 % площади. Мерзлые грунты в основном встречаются на участках перехода рек и ручьев. Температура пород в поймах на глубине 10 м составляет минус 0,2°С. Нормативная глубина сезонного промерзания составляет: для песков крупных, средних и гравелистых 2,96 м, для песков мелких, пылеватых и супеси до 2,76 м, для глинистых грунтов до 2,27 м. Учёт многолетней мерзлоты необходим при проведении строительных, геологоразведочных и других работ на Севере. Многолетняя мерзлота создаёт множество проблем, но от неё есть и польза. При разработке северных месторождений мерзлота, с одной стороны, мешает, так как промёрзшие породы обладают высокой прочностью, что затрудняет добычу. С другой стороны, именно благодаря мерзлоте, цементирующей породы, удалось вести разработку кимберлитовых трубок в Якутии в карьерах — например, карьер трубки Удачная — с почти отвесными стенками. На полуострове Ямал расположен самый большой Новопортовский мерзлотник подземное рыбохранилище с температурой, поддерживаемой естественным путём. Оттаивание мерзлоты в ходе глобального потепления приводит к снижению несущей способности грунта. Это, в свою очередь, ведёт к потере устойчивости зданий и сооружений с возможными катастрофическими последствиями.

Подраздел 1.6 «Нефтегазоносность района» В Амурской области перспективы нефтегазоносности связываются с Зейско-Буреинским и Верхнезейским бассейнами, входящими в состав Восточно-Азиатского и

Монголо-Охотского нефтегазоносных поясов (Сорокин, 1998). Первый пояс включает в себя пять основных бассейнов, четыре из которых находятся на территории Китая (Джаньхань, Ю-Вань, Бохайвань, Сунляо) и один на территории Амурской области (Зейско-Буреинский). В строении пояса заметна определенная симметрия: центральные бассейны (Сунляо, Бохайвань) – самые крупные, глубокие (8-10 км) и наиболее богатые нефтью, а периферийные (Зейско-Буреинский и Джаньхань) – небольшие и относительно мелкие (4-6 км). Все депрессии пояса, даже мелкие (Фусинь и Наньянь), нефтегазоносны. С этих позиций можно положительно оценить также перспективность Зейско-Буреинского бассейна, несмотря на то, что последний отличается от Сунляо меньшими размерами и большей расчлененностью. Установлено, что глубинные геофизические характеристики земной коры в верхней мантии в пределах блока, вмещающего Зейско-Буреинский бассейн, в большинстве отвечает аналогичным параметрам многих известных континентальных нефтегазоносных областей мира, что свидетельствует о высоких потенциальных возможностях нахождения здесь месторождений углеводородов.

**Раздел 2 «Методика опытных и производственных полевых работ»** содержит три подраздела.

Подраздел 2.1 «Методика опытно-методических работ» Технология ВЭЗ – это наиболее испытанная и известная электроразведочная технология, предназначенная для решения самых разных задач, связанных с изучением геологической среды до глубины порядка сотни метров. Ее современный вариант основан на применении лучшей отечественной аппаратуры, способов множества методических способов повышения точности наблюдений и новейшего программного обеспечения для интерпретации получаемых данных. В методе вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) измеряется искусственное постоянное электрическое поле, из которого затем извлекается информация о распределении удельного электрического

сопротивления в земле. Метод ВЭЗ является одним из основной при геофизических исследованиях геологической среды до глубин, достигающих ста метров. Он применяется при геокартировании, при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых, при гидрогеологических, инженерно-геологических и экологических исследованиях. Мало глубинная модификация ВЭЗ применяется для археологических и геотехнических задач. При производстве работ применялась четырех электродная установка (экспресс-установка) с линейным шагом между электродами с разносами  $ON=2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 26, 34, 50$  и  $66$ м. Расстояния между электродами АВ составляет 2м. Подраздел 2.2 «Методика производственных работ» Полевые работы ВЭЗ (ДЭЗ) сеть наблюдения электроразведочных исследований определена согласно п.5.7 СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ, в зависимости от решаемых задач и конкретных инженерно-геологических условий в соответствии с требованиями СП 11-105-97 часть VI. Геофизические профили прокладываются на расстоянии 50м при шаге наблюдения по профилю 50м (сетка 50x50). Учитывая, что на данной территории предполагаются планировочные работы со срезкой грунта по отметке 215м, то глубина исследования составляет 40-50м. Для проектирования средств ЭХЗ подземных коммуникаций промышленных площадок (п.8.3.4 СТО Газпром 9.2-003-2009) предусматривается выполнение геофизических работ с глубиной исследования до 100 метров. Точки ВЭЗ располагаются по сетке ориентировочно 1.0 x 1.0 км. Подраздел 2.3 «Обработка и интерпретация полевых материалов» Полевые материалы, полученные на участке работ, были проинтерпретированы с использованием программы IPI2WIN, которая разработана специалистами МГУ (Бобачев А.А., Шевнин В.А., Модин И.Н.) с использованием системы программирования Delphi 5 фирмы BorlandInt. Программа IPI2Win разработана для автоматической и полуавтоматической (интерактивной) интерпретации данных различных модификаций вертикальных

электрических зондирований, в том числе традиционными установками. Программа IPI2Win предназначена для использования на персональных компьютерах с операционной системой Windows '95/'98/NT/2000/XP/2007. IPI2Win рассчитана для одномерной интерпретации данных ВЭЗ по двум профилям наблюдений. Нацеленность на геологический результат является отличительной особенностью программы IPI2Win по сравнению с распространенными программами автоматического решения обратной задачи. Особое внимание уделено интерактивной интерпретации. Удобная система управления позволяет интерпретатору выбрать из множества эквивалентных то решение, которое окажется наилучшим как с геофизической (т. е. обеспечит минимальную невязку подбора), так и с геологической (т.е. обеспечит геологическую значимость геоэлектрического разреза) точки зрения. Подход к интерпретации, реализованный в IPI2Win, основан на выборе концепции геологического строения по профилю и позволяет наилучшим образом использовать априорную информацию в сложных геологических ситуациях.

**Раздел 3 «Предварительный анализ результатов опытно-методических работ»** содержит три подраздела.

Подраздел 3.1 «Описание геоэлектрических разрезов» При помощи программы IPI2Win было сделано подробное описание профиля. На площадке КОС полученные результаты иллюстрируются на примере двух профилей, отработано 2 профиля по 800 метров. Для описания геоэлектрического разреза в автореферате были выбраны 2 профиля, профиль 1 (с 417 по 401 ВЭЗ) и профиль 2 (с 452 по 468 ВЭЗ), которые показаны на (рисунке 7,8 и 9,10). Подраздел 3.2 «Описание геоэлектрического разреза профиль 1 (с 417 по 401 ВЭЗ)». Верхний геоэлектрический слой со значениями удельного электрического сопротивления 70-168 Ом\*м соответствует преимущественно грунту растительного слоя и суглинка используя в интервале точек с 417 по 401 ВЭЗ. Мощность составляет в среднем 1 метр. Ниже по разрезу, на протяжении всего изучаемого участка,

располагается низкоомный слой мощностью, на глубинах от 1.5 до 10 метров, протягивается по профилю слой в интервале точек с 416 по 401 ВЭЗ с УЭС от 28 до 65 Ом\*м, соответствующий по данным бурения суглинкам и супеси. На момент проведения геофизических исследований данный слой находился в талом состоянии, соответственно и сопротивления у него понижены. С глубины в среднем 2.5-9 м наблюдается повышение значений УЭС до 82-98 Ом\*м. Мощность данного горизонта варьирует в диапазоне от 5 м до 10 м (подошва слоя не вскрыта бурением). По данным бурения литология выделенного горизонта представлена супесью. В основании части геоэлектрического разреза, в интервале точек ВЭЗ с 417 по 401, распространён слой с УЭС от 284 до 1250 Ом\*м. Видимая мощность составляет около 11 метров. Также, в основании разреза с 407 по 401 ВЭЗ имеется повышение сопротивления слой 824-1250 Ом\*м. По данным бурения указанная зона сложена пачками песков большой, мелкой и средней зернистости. В пачках песков, на протяжении всего разреза преобладает, малая степень водонасыщения. Подраздел 3.3 «Описание геоэлектрического разреза профиль 2 (с 452 по 468 ВЭЗ)» Верхний геоэлектрический слой со значениями удельного электрического сопротивления 86-237 Ом\*м соответствует преимущественно грунту растительного слоя и суглинка опираясь на (Приложение 2) в интервале точек с 452 по 468 ВЭЗ. Мощность составляет в среднем 1.5 метра. Ниже по разрезу, на протяжении всего изучаемого участка, располагается низкоомный слой мощностью, на глубинах от 1.5 до 9 метров, протягивается по профилю слой в интервале точек с 453 по 463 ВЭЗ с УЭС от 28 до 50 Ом\*м, соответствующий по данным бурения суглинкам и супеси. На момент проведения геофизических исследований данный слой находился в талом состоянии, соответственно и сопротивления у него понижены. С глубины в среднем 2.5-9 м наблюдается повышение значений УЭС до 70-82 Ом\*м. Мощность данного горизонта варьирует в диапазоне от 5 м до 9 м (подошва слоя не вскрыта бурением). По данным бурения литология выделенного горизонта представлена супесью. В

основании части геоэлектрического разреза, в интервале точек ВЭЗ с 452 по 468, распространён слой с УЭС от 281 до 1470 Ом\*м. Видимая мощность составляет около 11 метров. Также, в основании разреза с 461 по 467 ВЭЗ имеется повышение сопротивления слой 830-1470 Ом\*м. По данным бурения указанная зона сложена пачками песков большой, мелкой и средней зернистости. В пачках песков, на протяжении всего разреза преобладает, малая степень водонасыщения.

**Заключение.** В ходе написания выпускной квалификационной работы была произведена обработка и выполнен анализ результатов опытно-методических работ, выполненных в пределах в Дальневосточном федеральном округе, Амурской области, Свободненском районе. Получил навыки обработки полевых материалов - расчет статических поправок, построение геоэлектрических разрезов в программе IPI2WIN.

Основная цель выпускной квалификационной работы, заключавшаяся в получении и анализе результатов малоуглубинных электроразведочных работ методом ВЭЗ на площадке КОС для обеспечения данными, необходимыми при проектировании объекта «Амурский газоперерабатывающий завод» в ходе написания была достигнута.

Для достижения поставленной цели были решены следующие частные задачи:

- на основе сбора, систематизации и анализа имеющихся фондовых материалов, публикаций в научной литературе и сети интернет дать краткую геологическую характеристику территории объекта «Амурский газоперерабатывающий завод»;

- описать методику опытно-методических и производственных работ ВЭЗ на территории исследований;

- освоить программу обработки электроразведочных данных и с ее помощью самостоятельно обработать полевые материалы по двум профилям ВЭЗ;

- построить разрезы территории исследований, расчленить разрез на

слои различного литолого-петрографического состава.

В отличие от ВЭЗ, электротомография основана на многократном использовании в качестве питающих и измерительных электродов одних и тех же фиксированных на профиле заземлений. Электроды заземляются с одинаковым шагом (обычно 5 м) и подключаются к коммутационному кабелю (косе). Такая схема измерений приводит к существенному увеличению плотности измерений по сравнению с обычным методом вертикальных электрических зондирований. Специальная аппаратура поочередно коммутирует и опрашивает различные комбинации электродов. Электротомография может применяться не только для расчленения горизонтально-слоистого разреза, но и для изучения любых геологических сред двумерной или трехмерной структуры.