

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

Кафедра геофизики

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Картирование многолетних мерзлых пород по данным ВЭЗ
(на примере 32 куста газовых скважин Бованенковского
нефтегазоконденсатного месторождения)

студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 Геология
профиль «Нефтегазовая геофизика
геологического факультета
Кузнецова Андрея Андреевича

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

_____ В.Ю. Шигаев

Заведующий кафедрой

к.г.-м.н., доцент

_____ Е.Н. Волкова

Саратов 2023

Введение. Регион, в котором располагается Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение обладает повсеместным простиранием многолетнемерзлых пород. Сплошность мерзлых толщ нарушается с поверхности несквозными таликами, а по разрезу – линзами, криопэгами и охлажденными грунтами. Криогенная толща в пределах месторождения имеет двухъярусное строение – с мерзлыми породами в верхнем ярусе и охлажденными породами в нижнем. Толщина криолитозоны колеблется от 150 м (под крупными озерами) до 320 м (на севере) в зависимости от геоморфологического уровня, состава, строения и свойств мерзлых грунтов [1].

Наибольшую опасность для эксплуатационных скважин и сопутствующих инженерных сооружений представляют ледяные тела и высокольдистые грунты вблизи поверхности, поскольку во время эксплуатации происходит растепление вокруг скважин и других действующих объектов, что вызывает опасные термоэрозионные процессы.

Многолетняя практика применения методов инженерной геофизики в области распространения многолетие мерзлых пород на Ямале показала, что большой объем полезной информации дают геолого-геофизические методы, а наиболее эффективны методы электроразведки, в частности метод вертикально электрического зондирования (ВЭЗ).

Исследованием параметров ММП занимались как отечественные, так и зарубежные геологи, а именно: Бадун Б.Ю., Достовалов Б.Н., Ливеровский А.В., Акимов А.Т., Филькенштейн М.И., Огильви А.А., Смилевец О.Д., Ершов Э.Д., Оленченко В.В., Нерадовский Л.Г., Яковлев Д.В., Холодилов В.А., Трофимов В.Т., Арефьев С.П., Сесь К.В., Соломатин В.И., Васильчук Ю.К., Столов Б.Л., Колесников В.П., Вельтистова, О.М., Шевнин В.А., Бобачев А.А., Марченко М.Н., Модин И.Н., Перваго Е.В., Урусова А.В., Джулиан Б. Мертон, Оливер Курас, Майкл Краутблаттер.

Целью написания выпускной квалификационной работы является выявление многолетнемерзлых четвертичных пород по данным ВЭЗ на примере 32 куста газовых скважин Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения.

Для достижения поставленной цели необходимо в работе решались следующие **задачи**:

1. Изучить геолого-гидрогеологические и геокриологические условия района проведения исследований.
2. Изучить методику проведения полевых и камеральных работ, применяемые аппаратуру, оборудование, специализированные программы для интерпретации материалов ВЭЗ.
3. Привести результаты картирования методом ВЭЗ многолетнемерзлых четвертичных пород 32 куста газовых скважин изучаемого месторождения.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) включает: введение, 5 разделов, содержащих 4 подраздела, заключение, список используемых источников, 19 рисунков. Объем работы составляет 52 страницы.

При написании ВКР использованы материалы полевых исследований, полученные соискателем на профильной производственной практике в компании ООО «Газпром проектирование», а также результаты их интерпретации при выполнении обязанностей интерпретатора в камеральной геофизической группе.

Автор выражает благодарность за предоставленный материал и помощь в написании квалификационной работы сотрудникам компании ПАО «ВНИПИгаздобыча», а именно Юмагулову Р.Р., Боровику Д.В., Мاستрюковой А.И., а также руководителю группы Власенко А.Г.

Основное содержание работы. В первом разделе «Общая характеристика района работ» отмечено, что Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) расположено севернее Полярного круга на западном побережье центральной части полуострова Ямал в 40 км от побережья Карского моря, в нижнем течении рек Сё-Яха, Морды-Яха и Надуй-Яха. Рельеф местности на площади проведения работ характеризуется равнинностью и заболоченностью. Распространено сплошное простираие многолетнемерзлых пород, верхние горизонты которых сложены сильно льдистыми грунтами, при протаивании дающими большие тепловые осадки.

Во втором подразделе «Геологическое строение района работ» указано, что в геологическом строении района выделяются осадочные отложения палеозойской, мезозойской и кайнозойской систем. Коренные породы залегают на глубине от 2-3 м до 50-70 м под чехлом четвертичных отложений. Наибольший практический интерес представляют четвертичные отложения, как вместилище инженерных сооружений.

В третьем подразделе «Гидрогеологические условия района работ» важно то, что в гидрогеологическом разрезе Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения проявляется четкая гидродинамическая зональность, выраженная в смене гидродинамических зон с глубиной. Структура гидродинамического поля весьма сложна, что связано с большой анизотропией фильтрационно-емкостных свойств отложений различного генезиса.

Четвёртый подраздел посвящен изучению геофизиологических условий района. Здесь описывается чрезвычайно сложный и неоднородный характер строения криогенных толщ, относящихся к области развития опасных инженерно-геологических (криогенных) процессов. Описано сплошное простираие многолетнемерзлых пород; талики мощностью от 10 до 40 - 50 метров образуются лишь под руслами рек и озерами глубиной более 2

метров. Монолитное строение мерзлой толщи по разрезу отсекается на поймах рек и на участках развития криопэггов.

Во втором разделе описана применяемая на объекте «Методика геофизических наблюдений». Дается краткий обзор возможностей ВЭЗ при изучении криогенных отложений, описание применяемой установки (подраздел 2.1). На примере научных исследований приводятся убедительные примеры эффективности методики проведения ВЭЗ при решении инженерно-геологических задач в зонах развития ММП.

В следующем подразделе (подраздел 2.2), подробно описывается камеральный этап обработки полевых материалов, при котором использовались такие программы как: RES2DINV и AutoCAD.

Третий раздел посвящен изложению результатов исследований. Всего по территории куста газовых скважин № 32 было отработано 3 профиля юго-западного - северо-восточного простирания, которые располагались на расстоянии 50 м друг от друга, при шаге наблюдения по профилю 50м. Глубина исследования составляла 25 м. К примеру, рассмотрим геоэлектрический разрез по профилю ВЭЗ 3644 - ВЭЗ 3655 (рисунок 1).

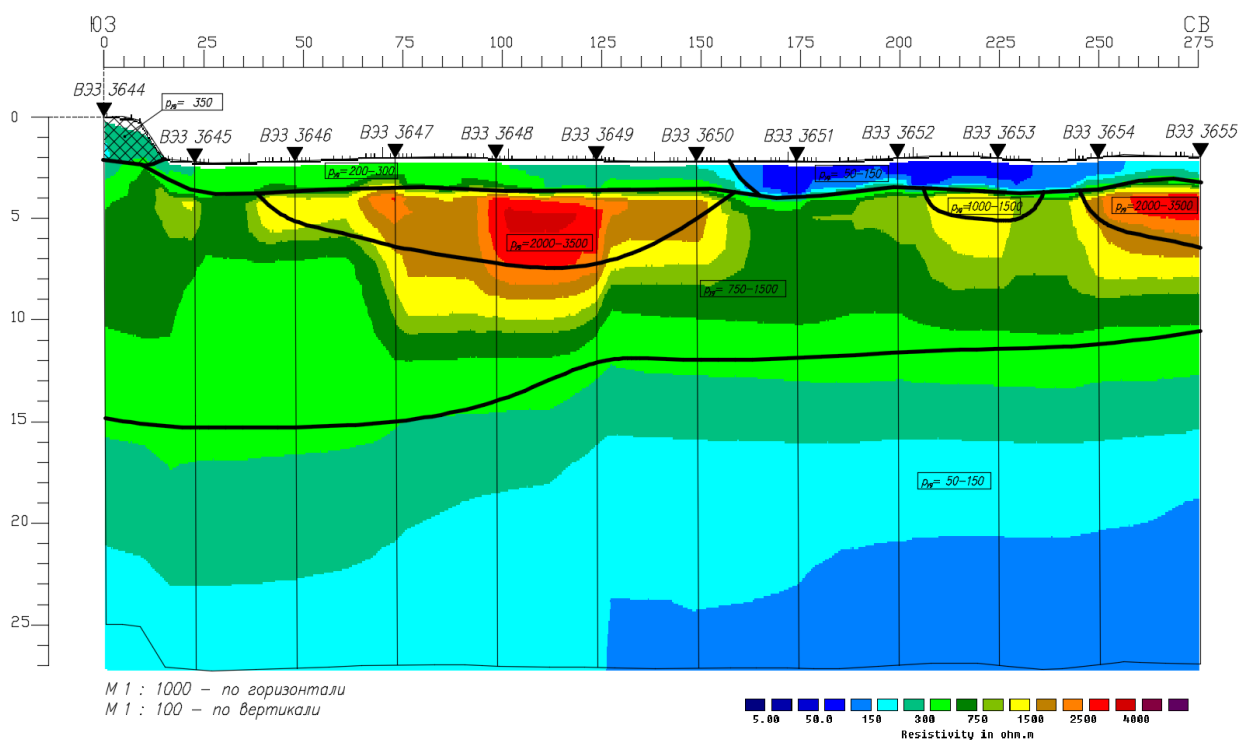


Рисунок 1 Профиль с 3644 по 3655 точки ВЭЗ.

По профилю от точки ВЭЗ 3644 до точки 3650 верхний геоэлектрический слой, соответствующий слою сезонного протаивания, имеет УЭС от 200 до 300 Ом*м и мощность около 1,5 метров. От 3651 ВЭЗ-а до окончания профиля приповерхностный геоэлектрический слой характеризуется более низкими значениями УЭС 50-150 Ом*м по отношению к смежному. Разница значений УЭС в пределах указанного слоя может быть связана с разной степенью оттайки грунтов.

Ниже по разрезу выделяются три высокоомные аномалии. Первая аномалия, соответствующая слою с УЭС от 2000 до 3500 Ом*м, расположена с 3646 по 3650 точках ВЭЗ. Мощность слоя около 3.5 метров. Вторая аномалия зафиксирована в районе ВЭЗ-а 3653, где УЭС второго слоя варьируется от 1000 до 1500 Ом*м, а его мощность достигает 1.5 метра. Третья аномалия соответствует слою, который начинается с 3654 точки ВЭЗ и уходит за пределы профиля. Здесь УЭС и видимая мощность сходны с первой аномалией. Предположительно, все рассмотренные слои представлены сильнольдистыми грунтами.

Следующий слой имеет УЭС от 750 до 1500 Ом*м и распространяется на всем протяжении профиля в интервале глубин от 2.5 до 15 метров он представлен супесью.

В подошвенной части разреза находится низкоомный слой со значениями УЭС 50-150 Ом*м. Данный слой распространён по всему профилю. Вероятнее всего, такое резкое понижение сопротивлений связано с засолением грунтов. Видимая мощность примерно равна 10 метрам.

Рассмотрим геоэлектрический разрез по профилю ВЭЗ 2001 - ВЭЗ 2012 (рисунок 2).

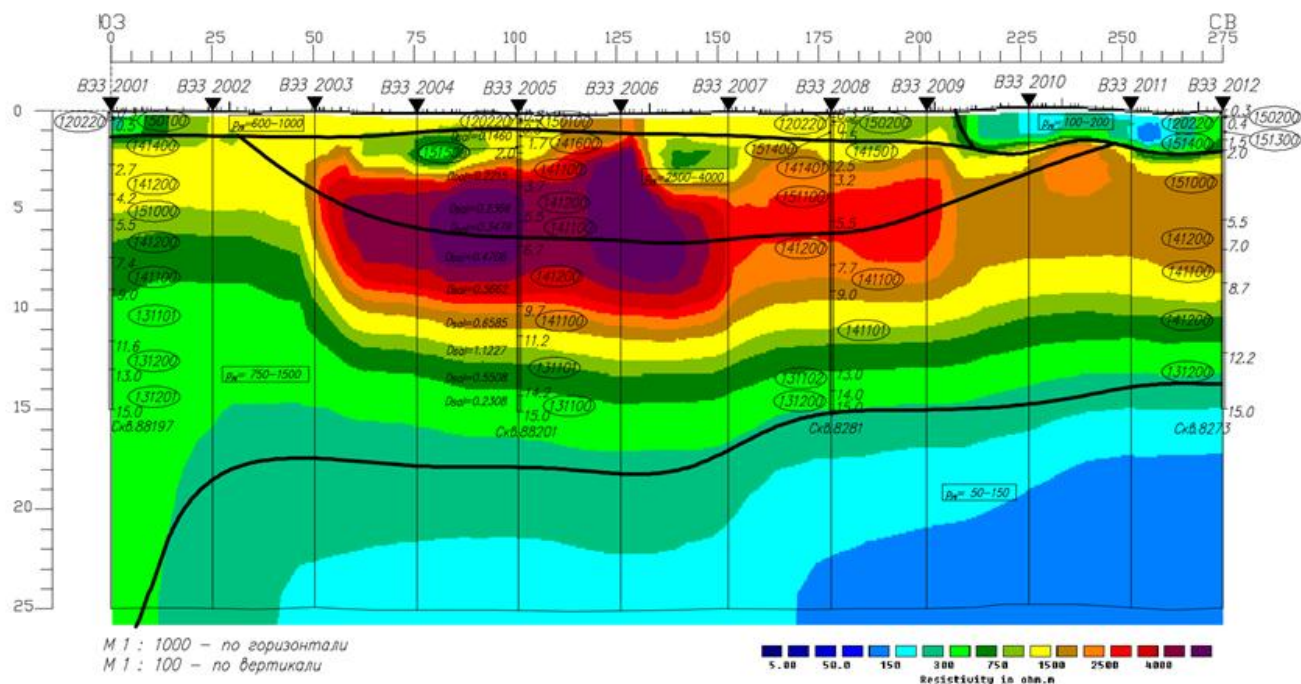


Рисунок 2 Профиль с 2001 по 2012 точки ВЭЗ.

Слой сезонного протаивания (СТС) выделяется на разрезе в виде геоэлектрического горизонта мощностью 1-1.5 м с значениями УЭС от 600 до 1000 Ом*м в интервале точек ВЭЗ с 2001 до 2009 и от 100 до 200 Ом*м в интервале точек ВЭЗ с 2010 по 2012. Разница УЭС указанных слоёв связана со степенью их оттайки. В частности, на степень оттайки первого СТС с большими сопротивлениями повлиял нижележащий высокоомный (2500-4000 Ом*м) сильнольдистый слой грунтов, который оказывает охлаждающий эффект. Этот высокоомный слой мощностью до 3.5 м распространяется в точках ВЭЗ с 2003 по 2010.

В центральной части геоэлектрического разреза на протяжении всего профиля расположен слой с характерными значениями УЭС 750-1500 Ом*м. По полученным в ходе измерений данным, по-видимому, слой представлен суглинками, супесями и глинами. Мощность варьируется от 9 до 15 метров. Степень льдистости грунтов слагающих этот слой - низкая.

Нижний слой геоэлектрического разреза сложен низкоомными образованиями слабольшдистого торфа с УЭС 50-150 Ом*м. Вероятно, такое резкое понижение УЭС связано с засолением этих грунтов в пределах всей видимой мощности около 11 метров.

Геоэлектрический разрез на профиле с 2013 по 2024 ВЭЗ (рисунок 3) имеет преимущественно четырехслойное строение.

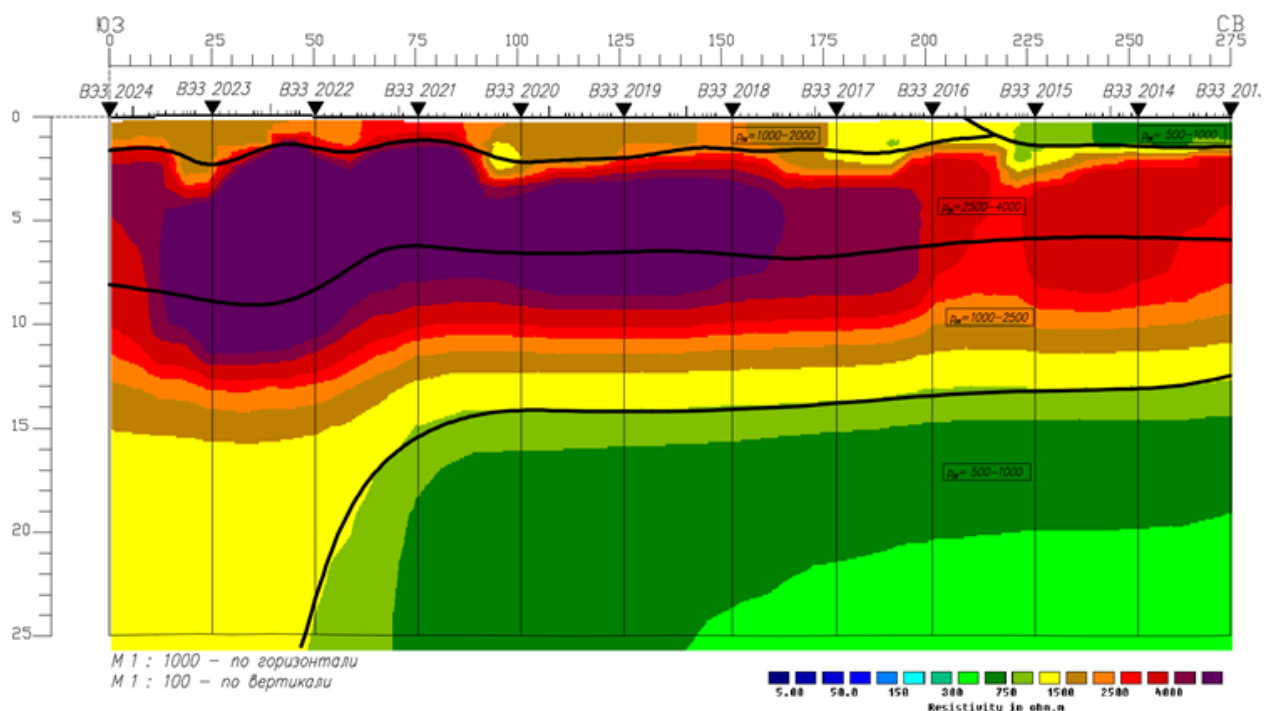


Рисунок 3 Профиль с 2024 по 2013 точки ВЭЗ.

Верхний геоэлектрический слой соответствует СТС, который имеет низкую степень оттайки, так как под ним простирается высокоомный сильнольдистый слой грунтов. СТС в интервале точек ВЭЗ с 2024 по 2016 имеет значения УЭС от 1000 до 2000 Ом*м и от 500 до 1000 Ом*м в интервале точек ВЭЗ с 2015 по 2013. Мощность СТС составляет 1-1.5 метра.

В интервале глубин от 1.5 до 7 метров располагается второй геоэлектрический высокоомный слой, представленный сильно льдистыми грунтами, хорошо прослеживающимися по всему профилю. Его УЭС варьируется от 2500 до 4000 Ом*м.

Подшова третьего геоэлектрического горизонта с значениями УЭС от 1000 до 2500 Ом*м проходит на глубине 12-14 м. В районе точек ВЭЗ 2023 и 2024 наблюдается понижение УЭС до 750 Ом*м, что связано с уменьшением степени льдистости грунтов.

В подошве изучаемого геоэлектрического разреза в пределах точек ВЭЗ с 2022 по 2013, располагается слой с УЭС от 500 до 1000 Ом*м. В силу отличия УЭС этого подошвенного слоя мощностью около 10 метров с подошвенными слоями других профилей, можно предположить, минимальное засоление данного горизонта.

Анализ изучаемых геоэлектрических разрезов указывает на неблагоприятные геокриологические условия для возведения в их пределах инженерных сооружений. Наличие в разрезах СТС не может являться достаточным условием для проведения безаварийного бурения, а динамика УЭС СТС по профилям вносит к дополнительные трудности при выборе конструкций эксплуатационных скважин.

Заключение. В настоящее время изучение экзогенных физико-геологических явлений и процессов, в том числе при изучении многолетней мерзлоты проводится при максимальном привлечении различных методов наземной и скважинной электроразведки, с обязательным привлечением данных ВЭЗ. При подготовке к проведению электроразведочных исследований на территории Бованенковского месторождения углеводородов и последующего написания данной работы анализировались фондовые материалы, в частности данные бурения за 2019 - 2022 года.

В результате выполнено расчленение разреза дисперсных пород, выделены положения границ мёрзлых и не мёрзлых пород, обнаружены и ооконтурены ледяные тела и зоны повышенной льдистости. В работе выделены области с повышенными и пониженными значениями удельного электрического сопротивления. Повышенные значения от 4500 Ом*м характерны для многолетнемерзлых пород, а вот для пород, не затронутых мерзлотой, среднее значение УЭС составляет примерно 1500-3500 Ом*м. Полученные данные в дальнейшем были переданы на подтверждение в геологическую группу предприятия.

В ВКР решены задачи по изучению геолого-гидрогеологических и геокриологических условий района исследований, изучена научная литература по вопросу картирования криогенных пород методами электроразведки. При написании ВКР освоена методика проведения полевых и камеральных работ, применяемые аппаратура и оборудование, специализированные программы для интерпретации материалов ВЭЗ.

Тем самым была достигнута основная цель работы, связанная с выявлением многолетнемерзлых четвертичных пород по данным ВЭЗ на 32 кусте газовых скважин Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения. Полученные результаты, дают все основания считать электроразведку действенным практическим инструментом картирования многолетних мерзлых пород при решении инженерно-геологических задач.