

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 очной формы обучения
геологического факультета
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
Боровик Даниила Владиславовича

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

_____ В.Ю. Шигаев

Научный руководитель
заведующий кафедрой,
кандидат геол.-мин.наук, доцент

_____ Е.Н. Волкова

Саратов 2020

Введение. Территория Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения характеризуется практически повсеместным распространением многолетнемерзлых пород, как в плане, так и в разрезе. Сплошность мерзлых толщ нарушается с поверхности несквозными таликами, а по разрезу – линзамикриопэгами 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.

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

Многолетняя практика применения методов инженерной геофизики в области распространения многолетне мерзлых пород на Ямале показали, что для решения фундаментальных и прикладных проблем при хозяйственном ее освоении наиболее эффективны методы электроразведки, в частности метод вертикально электрического зондирования (ВЭЗ).

Целью написания выпускной квалификационной работы является картирование многолетних мерзлых 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. Проанализировать научную литературу по вопросу картирования криогенных пород методом ВЭЗ.
3. Изучить методику проведения полевых и камеральных работ, применяемые аппаратуру, оборудование, специализированные программы для интерпретации материалов ВЭЗ.
4. Привести результаты картирования методом ВЭЗ многолетне мерзлых пород 32 куста газовых скважин Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения.

Данная работа включает введение, 5 разделов («Общая характеристика работ», «Геологическое строение района работ», «Гидрогеологические условия района работ», «Геокриологические условия района работ», «Методика электроразведочных работ»), содержащих 4 подраздела («Краткий обзор возможностей ВЭЗ при изучении криогенных отложений», «Полевые работы ВЭЗ», «Камеральные работы ВЭЗ», «Результаты исследований»), заключение, список используемых источников, 23 рисунка, 6 таблиц. Объем работы составляет 42 страницы. При ее написании использованы материалы полевых исследований, полученные при участии автора за период прохождения профильной производственной практики 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 ведущим инженерам компании ПАО «ВНИПИгаздобыча».

Основное содержание работы. В первом разделе «Общая характеристика района работ» отмечено, что Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) находится на западном побережье центральной части полуострова Ямал в 40 км от побережья Карского моря. Территория Бованенковского НГКМ характеризуется практически повсеместным распространением многолетнемерзлых пород, как в плане, так и в разрезе. Сплошность мерзлых толщ нарушается с поверхности несквозными таликами, а по разрезу – линзами криопэгами и охлажденными грунтами.

Во втором разделе «Геологическое строение района работ» указано, что в геологическом строении района работ принимают участие осадочные отложения палеозойской, мезозойской и кайнозойской систем. Коренные породы залегают на глубине от 2-3 м до 50-70 м под чехлом четвертичных отложений.

В третьем разделе «Гидрогеологические условия района работ» описывается гидрогеологический разрез месторождения, в котором проявляется четкая гидродинамическая зональность, выраженная в смене гидродинамических зон с глубиной. При этом выделяются надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные воды.

Четвёртый раздел посвящен изучению геокриологических условий района. Выделяются многолетнемерзлые породы (ММП), характеризующиеся высокой льдистостью, присутствием залежей подземного и повторно-жильного льда, криопэгов. Отмечено сплошное распространение многолетнемерзлых пород; талики мощностью от 10 до 40 - 50 метров формируются лишь под руслами рек и озерами глубиной более 2 метров, а также высокая льдистость верхних горизонтов толщ (40 – 60%) с максимумами в верхнем горизонте (до глубины 2 – 6 метров).

В пятом разделе описана применяемая на объекте «Методика геофизических наблюдений». Дается краткий обзор возможностей ВЭЗ при изучении криогенных отложений (подраздел 5.1). На примере научных

исследований приводятся убедительные примеры эффективности методики проведения ВЭЗ при решении инженерно-геологических задач в зонах развития ММП.

В подразделе 5.2. «Полевые работы ВЭЗ» описана методика исследований, в которых принимал участие автор. ВЭЗ выполнялись по сети профилей, профили раскладывались по территории газового куста на расстоянии 50м друг от друга, при шаге наблюдения по профилю 50м. Глубина исследования составляла 25 м, для примера на рис 1 а представлена схема расположения точек метода ВЭЗ, по кусту газовых скважин № 32, которая на рис 1 б дополнена геологическими скважинами и выделенными по данным ВЭЗ зонами повышенных сопротивлений.

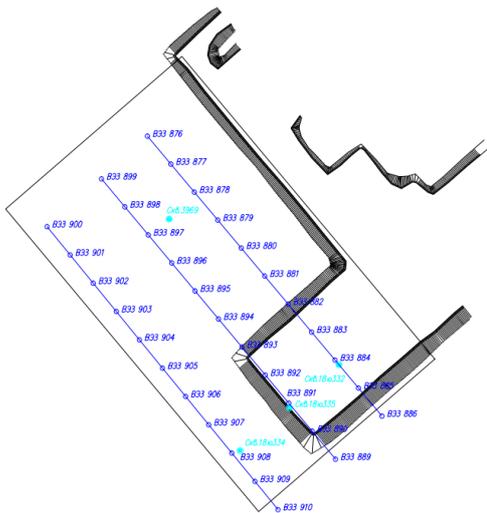


Рисунок 1 а - Схема расположения точек метода ВЭЗ, по кусту газовых скважин № 32.

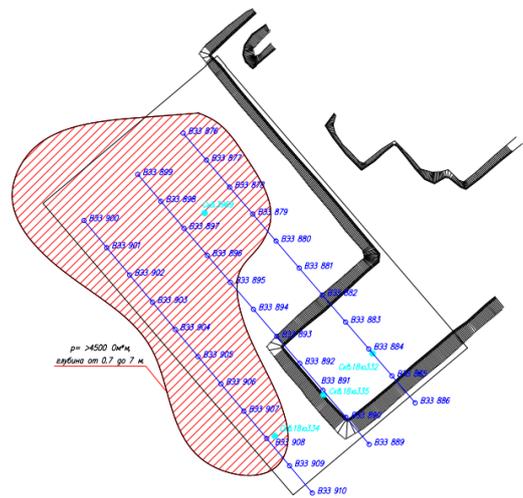


Рисунок 1 б - Геологические скважины. Зона повышенных сопротивлений. по кусту газовых скважин № 32.

Применялась следующая аппаратура: генератор «АСТРА 100» на частоте 4.88 Гц, а также измеритель «МЭРИ 24», произведённые компанией ООО «Северо-Запад» г. Москва.

При производстве работ применялась несимметричная четырехэлектродная установка (экспресс-установка) с линейным шагом между электродами с разносами $ON=2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 26, 34, 50$ и 66 м., изображение данной установки показано на рисунке 2.

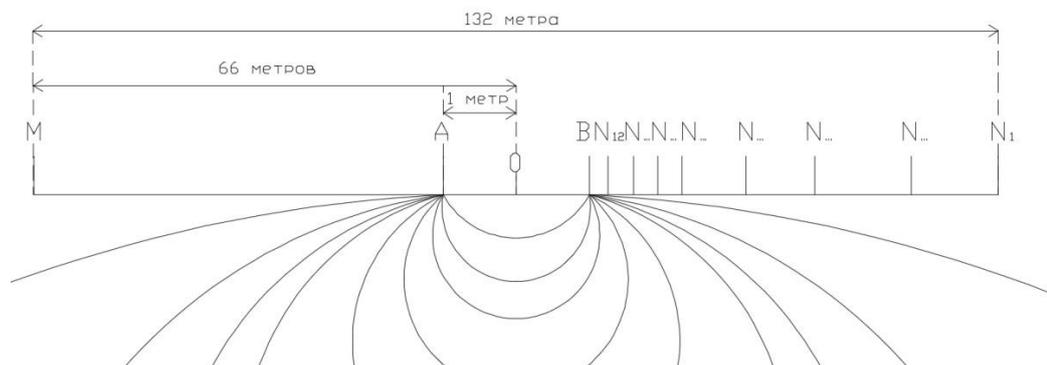


Рисунок 2 - Несимметричная четырехэлектродная установка (экспресс-установка)

Расстояния между измерительными электродами АВ составляет 2 м. Максимальный разнос питающих электродов $MN/2$ составлял 66 м, что обеспечило эффективную глубину исследований 25 м.

В ходе реализации технологии зондирования экспресс-установкой, электрод «N» изначально выносится по линии расстановки на расстояние равное максимальному разнесу $MN/2$ (66 м) и заземляется. Другой питающий электрод последовательно приближался к центру установки, что обеспечивало высокую скорость проведения электроразведочных исследований.

Большим достоинством применяемой установки является возможность определять форму объектов, находящиеся в стороне от профиля. При этом она лишена недостатков, связанных с эффектами искажений от приповерхностных неоднородностей вблизи питающих электродов глубинными эффектами (С-эффекты), которые при увеличении разносов только нарастают. Статичное состояние электродов А и В избавляет

исследователей от необходимости их регулярного заземления в мерзлые породы.

В подразделе 5.3 «Камеральные работы ВЭЗ» говорится о задачах обработки полевых данных, которая включает в себя обработку и оценку качества геофизических материалов непосредственно в полевых условиях на месте работ, а также составление информационных отчетов по результатам работ.

Окончательная обработка и интерпретация полевых материалов геофизических исследований на камеральном этапе проводится с целью:

- изучения литологического состава верхней части инженерно-геологического разреза;
- расчленение разреза на слои различного литолого-петрографического состава;
- определение в плане и разрезе положение границ мерзлых и немерзлых пород;
- определение удельного электрического сопротивления грунта.

В состав камеральных работ по методу ВЭЗ входит:

- составление схем расположения пикетов и профилей наблюдения по объектам исследований;
- формирование профилей с учетом рельефа;
- обработка полученных материалов электроразведки;
- увязка геоэлектрических характеристик с данными бурения, с использованием инженерно-геологических скважин в качестве опорных;
- корреляция геоэлектрических комплексов по профилям;

составление геофизических разрезов

Работа с полевыми данными проводилась в программе AutoCAD – система автоматизированного проектирования, и в программах,

предназначенных для обработки геофизических данных, это RES2DINV и IPI2Win.

В подразделе 5.4 приводятся результаты выполненных исследований. Геофизические исследования на площадке куста газовых скважин №32 проводились в июле 2019 года. Было отработано три геофизических профиля.

На профиле 1-1 в верхней части разреза выделена зона с пониженными значениями удельных электрических сопротивлений на ВЭЗах с 881 по 886 в верхней части разреза с УЭС 50-200 Ом*м, это связано с тем, что данная часть разреза перекрыта насыпным грунтом, мощность которого составляет в среднем 2.5 метра, данный геоэлектрический разрез изображен на рисунке 3.

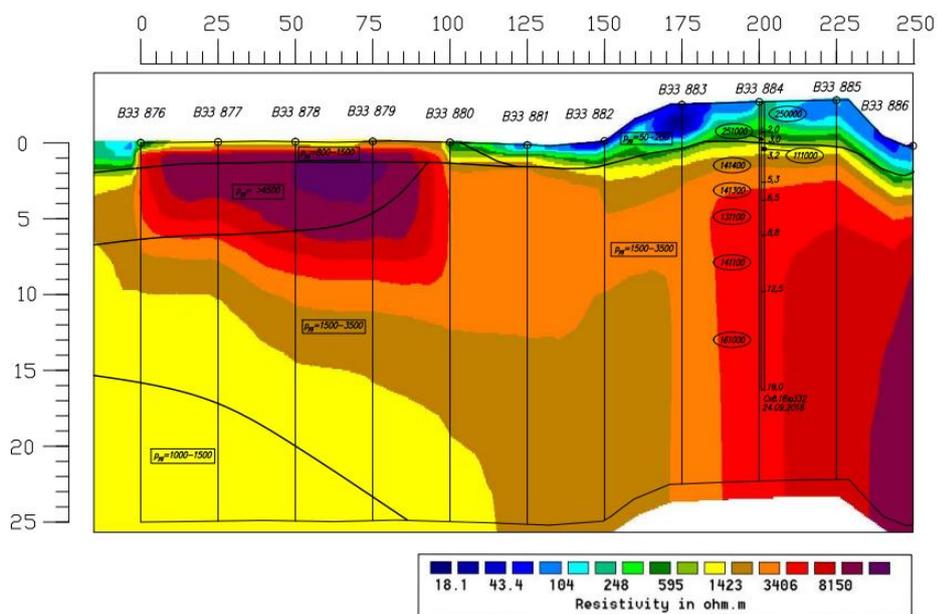


Рисунок 3 - Геоэлектрический разрез по линии 1-1.

В районе ВЭЗ-ов 876-880 сопротивление грунтов верхнего геоэлектрического слоя увеличивается до 800-1500 Ом*м. Ниже по разрезу в районе ВЭЗов с 876 до 880 наблюдается высокоомный горизонт с УЭС более 4500 Ом*м, что связано с наличием в разрезе сильнольдистых грунтов. В центральной части геоэлектрического разреза, на глубинах от 2 до 25 метров, протягивается по всему профилю слой с УЭС от 1500 до 3500 Ом*м,

соответствующий по данным бурения слабодыстым глинам и суглинкам. В подошвенной части геоэлектрического разреза, в интервале точек ВЭЗ с 876 по 879, распространён слой с УЭС от 1000 до 1500 Ом*м. Видимая мощность составляет около 10 метров. Понижение УЭС здесь может быть связано с уменьшением степени льдистости грунтов.

На профиле 2-2 прослеживается та же тенденция строения разреза что и на 1 геоэлектрическом разрезе, который показан на рисунке 4.

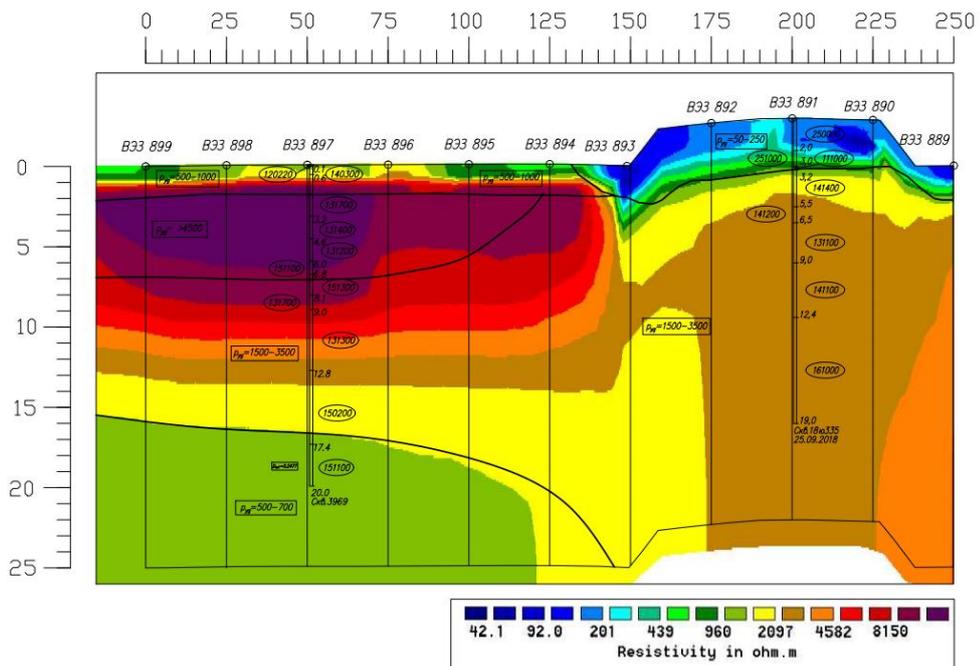


Рисунок 4 - Геоэлектрический разрез по линии 2-2.

Верхний геоэлектрический слой со значениями удельного электрического сопротивления 50-20 Ом*м соответствует насыпному грунту в интервале точек с 893 по 889 ВЭЗ. Мощность составляет в среднем 2 метра. Данная толща представляет собой техногенный грунт. Можно предположить, что данный слой во время замеров, находился в талом состоянии, из-за этого такие пониженные значения сопротивления. В районе ВЭЗ-ов 899-894 сопротивление грунтов верхнего геоэлектрического слоя в тундровой зоне увеличивается до 500-1000 Ом*м. По данным бурения указанная зона сложена торфом и супесью. Ниже по разрезу под низкоомным слоем, в интервале между ВЭЗ-ами 899-894 располагается высокоомный слой

мощностью 5 м со значениями УЭС более 4500 Ом*м. Степень льдистости грунтов, слагающих этот слой, доходит до максимального значения (очень сильнольдистые грунты). По данным общей геологии, слой представлен мерзлотной глиной. В центральной части геоэлектрического разреза, на глубинах от 2 до 25 метров, протягивается по всему профилю слой с УЭС от 1500 до 3500 Ом*м, соответствующий по данным бурения слабольдистым глинам и супесям. В подошвенной части геоэлектрического разреза, в интервале точек ВЭЗ с 899 по 893, распространён слой с УЭС от 500 до 700 Ом*м. Видимая мощность составляет около 9 метров. Понижение УЭС здесь может быть также связано с уменьшением степени льдистости грунтов.

На профиле 3-3 прослеживается четкое строение разреза, которое мы можем увидеть на рисунке 5. В верхней части разреза в районе ВЭЗов 900-904 прослеживается низкоомный горизонт со значениями удельных электрических сопротивлений лежащих в интервале от 250 – 450 Ом*м, что связано с оттаиванием грунтов в благоприятный период.

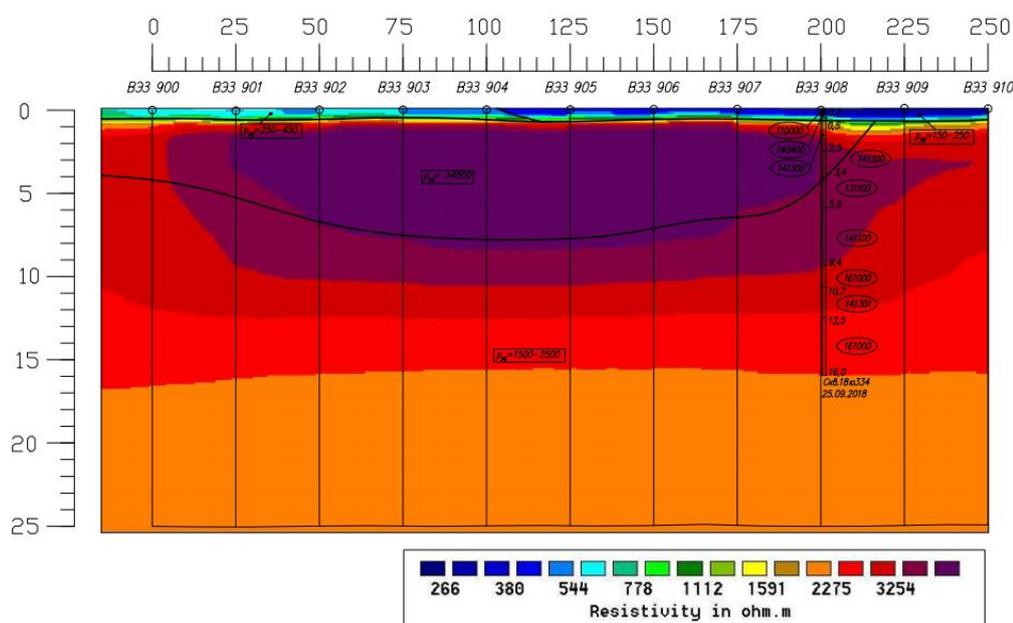


Рисунок 5 - Геоэлектрический разрез по линии 3-3.

Мощность данного слоя 1 м. Также в верхней части, от ВЭЗа 905 до ВЭЗа 910 прослеживается ещё более низкоомный горизонт, с значениями

УЭС от 150 до 250 метров. Мощность его составляет также 1 метр. Ниже по разрезу в районе ВЭЗов от 901 до 907 наблюдается высокоомный горизонт со УЭС более 4500 Ом*м, что связано с наличием в разрезе сильнольдистых грунтов. Мощность данного слоя примерно 3-5 метров. В центральной и подошвенной части по всему разрезу распространен слой с УЭС от 1500-2500 Ом*м. По данным геологии данный слой представлен в основном суглинками и супесями.

Полученные результаты позволили автору сделать вывод о непригодности участков исследования для бурения.

Применение метода ВЭЗ на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении позволило определить положения границ мерзлых и талых пород и определить зоны с повышенными УЭС. 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 сопротивления примерно 1500-3500 Ом*м, полученные данные в дальнейшем были переданы на подтверждение в геологическую группу. Полученные результаты, дают все основания считать электроразведку достаточно эффективным средством картирования многолетних мерзлых пород по данным ВЭЗ.

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 2009 - 2019 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. Тем самым была достигнута основная цель работы, связанная с картированием многолетних мерзлых пород по данным ВЭЗ на примере 32 куста газовых скважин Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения.

Этому способствовало изучение геолого-гидрогеологических и геокриологических условий района исследований, а также научной литературы по вопросу картирования криогенных пород методом ВЭЗ. При написании выпускной квалификационной работы также изучены методика проведения полевых и камеральных работ, применяемые аппаратура и оборудование, специализированные программы для интерпретации материалов ВЭЗ.

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 сопротивления примерно 1500-3500 Ом*м, полученные данные в дальнейшем были переданы на подтверждение в геологическую группу. Полученные результаты, дают все основания считать электроразведку достаточно эффективным средством картирования многолетних мерзлых пород по данным ВЭЗ.