

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

Кафедра геофизики

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Особенности геоэлектрических разрезов многолетнемерзлых пород
Бованенковского и Крузенштернского нефтегазовых месторождений

Студента 2 курса 261 группы очной формы обучения
геологического факультета
направление 05.04.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
Боровик Даниила Владиславовича

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

_____ В.Ю. Шигаев

Научный руководитель

Зав. кафедрой

к.г.-м.н., доцент

_____ Е.Н. Волкова

Саратов 2022

Введение.

Актуальность исследований. При изучении многолетнемерзлых пород (ММП) методами электроразведки наиболее важным, на взгляд автора, является вопрос оценки удельного электрического сопротивления (УЭС) отложений, находящихся под влиянием отрицательных температур. Вопрос объективной оценки влияния многочисленных геологических и географических факторов на изменчивость электросопротивления в верхней части разреза криолитозоны был интересен автору выпускной квалификационной работы (ВКР). Поэтому, когда появилась объективная возможность получить и сравнить материалы электроразведочных работ на различных объектах в условиях естественного залегания ММП, вопрос с выбором темы ВКР уже не стоял. В основу ВКР положены электроразведочные материалы, полученные самостоятельно в компании ООО «Газпром проектирование» на Бованенковском нефтегазовом месторождении (НГКМ) и Крузенштернском газоконденсатном месторождении (ГКМ) полуострова Ямал. Автор прекрасно отдает себе отчет, что за короткий по геологическим меркам промежуток времени прохождения профильной производственной и преддипломной практик на базе ООО «Газпром проектирование» невозможно выявить все особенности геоэлектрических разрезов криогенных отложений и просит не судить строго его попытку разобраться в сложных экзогенных процессах криолитозоны.

Наибольшую опасность инженерных сооружений представляют высокольдистые грунты и ледяные тела, растепление вокруг инженерных объектов, вызывающие опасные термоэрозионные процессы. Отсюда вполне логичным является привлечение к изучению геологического разреза методов вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и дипольного электрического зондирования (ДЭЗ), особенно на участках контрастного изменения электрических сопротивлений ММП и талых отложений.

Целью написания ВКР является изучение особенностей геоэлектрических разрезов многолетнемерзлых пород Бованенковского и Крузенштернского нефтегазовых месторождений

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить 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 и ДЭЗ.
3. Построить геоэлектрические разрезы ММП методами ВЭЗ (Бованенковское НГКМ) и ДЭЗ (Крузенштернское ГКМ) и определить их основные особенности.

Данная работа включает введение, 4 раздела, заключение, список используемых источников, 25 рисунков. Объем работы составляет 54 страницы. Автор выражает благодарность за предоставленный материал и помощь в написании ВКР ведущим инженерам компании ООО «Газпром проектирование» А.С. Шабалину, А.Г. Власенко и С.А. Зайченко.

Основное содержание работы.

1 Краткая геологическая характеристика района работ. Изучаемые месторождения открыты в северо-западной части Западно-Сибирской низменности севернее полярного круга на полуострове Ямал (везде ссылка, если по правилам нужна). Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) находится 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. Крузенштерское ГКМ расположено на 60 км северо-западнее Бованенковского НГКМ, частично на суше полуострова Ямал и преимущественно в акватории Карского моря.

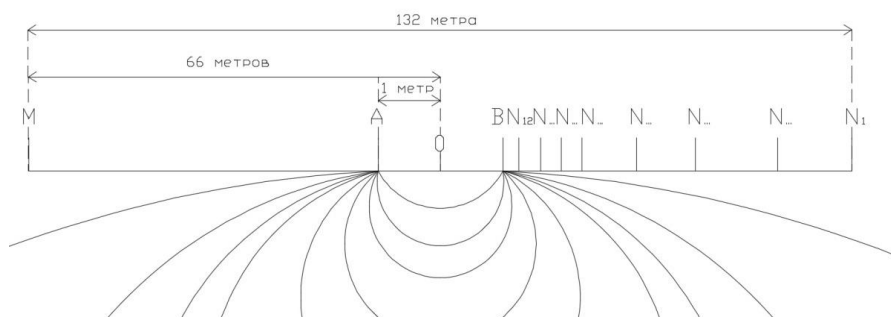
В геологическом строении полуострова Ямал принимают участие отложения палеозойской, мезозойской и кайнозойской систем. Вместилищем инженерных сооружений на территории исследований являются четвертичные породы, в составе которых на Бованенковском и Крузенштернском месторождениях преобладают переслаивающиеся слои глин, суглинков, песков и глин с прослоями суглинков.

Для рек Бованенковского НГКМ (Морды-Яха, Надуй-Яха, Сеяха) характерны случаи межбассейнового перехвата стока, что объясняется фрагментарным характером водоразделов в низовьях рек. Основными водоразделами бассейнов служат останцы III-ей морской террасы. Равнинный характер рельефа, близкое залегание к поверхности многолетней мерзлоты и значительное атмосферное увлажнение обусловили большую заболоченность. Крузенштернское ГКМ относится к Прикарскому бассейну стока подземных вод, расположенного в северной части Западно-Сибирского артезианского бассейна, который подразделяется на два гидрогеологических этажа: верхний, объединяющий верхнемеловые – четвертичные водоносные и водоупорные породы, и нижний, состоящий из более древних отложений. По соотношению с многолетнемерзлыми породами и их положению в разрезе выделяются на месторождениях выделяют надмерзлотные, межмерзлотные (внутримерзлотные) и подмерзлотные воды.

Территория как Бованенковского, так и Крузенштернского месторождения характеризуется чрезвычайно сложным и неоднородным строением криогенных толщ и относится к области развития опасных инженерно-геологических процессов: сплошное распространение многолетнемерзлых пород, высокая льдистость верхних горизонтов, присутствие залежей подземного льда, засоленность мерзлых грунтов и др.

2 Методика исследований методом вертикального электрического зондирования на Бованенковском месторождении. В полевых условиях ВЭЗ выполнялись на 32 кусту газовых скважин по сети профилей, которая

глубина исследования составляла 25 м. Работы методом ВЭЗ проводились аппаратурой производства ООО «Северо-Запад» г. Москва: генератор «МЭРИ 24» и генератор «АСТРА 100» на частоте 4.88 Гц и силой тока – 50 мА. При производстве работ применялась несимметричная электродная установка (экспресс-установка) с линейным шагом электродами с разносами ON=2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 26, 34, 50 и 66м., расположение данной установки показано на рисунке 2.



5

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 полевых работ электрод «N» изначально выносится по линии расстановки на расстояние равное максимальному разносу MN/2 (66м) и заземлялся. Другой питающий электрод последовательно приближался к центру установки, что обеспечивало высокую скорость проведения электроразведочных исследований и отсутствие искажающих «С – эффектов» от приповерхностных неоднородностей вблизи питающих электродов.

Обработка и интерпретация полевых материалов ВЭЗ проводилась в программах: AutoCAD – система автоматизированного проектирования, и RES2DINV и IPI2Win, предназначенных для обработки и интерпретации данных электроразведки. В процессе проведения камеральных работ в программе IPI2Win учитывались мощности геологических слоев определённых по результатам бурения геологических скважин, в программе RES2DINV автоматически строилась двумерная (2-D) модель сопротивления среды. Результат 2D инверсии - модель геоэлектрического разреза, состоящего из прямоугольных блоков небольшого размера (размеры которых определяются методикой наблюдений), различающихся по УЭС.

3. Методика исследований методом дипольного электрического зондирования на Крузерштернском месторождении. В полевых условиях ДЭЗ выполнялись на 2 кусту газовых скважин по сети профилей, которая изображена на рисунке 3, проложенных на расстоянии 50 м друг от друга, при шаге наблюдения по профилю 25 м. Глубина исследования составляла 27-30 м. В связи с отсутствием технической возможности для реализации стандартной методики электроразведки с гальваническими заземлениями (наличия мерзлых пород), применялась методика ДЭЗ, которая позволяет эффективно изучать геоэлектрические характеристики разрезов с дифференциацией их по вертикали.

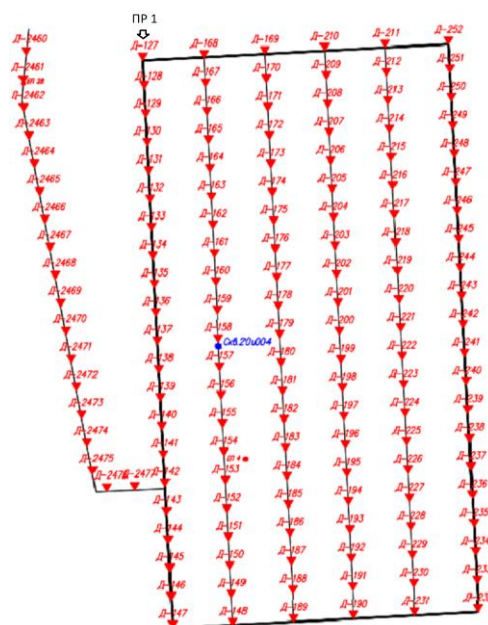


Рисунок 3 - Схема расположения пикетов ДЭЗ на территории
Крузерштернского ГКМ

Работы методом ДЭЗ проводились аппаратурой «БИКС» производства ОАО «СКБ СП», г. Саратов. Электроразведочная аппаратура «БИКС» (Бесконтактный измеритель кажущегося сопротивления) предназначена для проведения электрического зондирования, с использованием дипольных емкостных линий. При производстве работ использовалась дипольная осевая установка, схема данной установки изображена на рисунке 4.

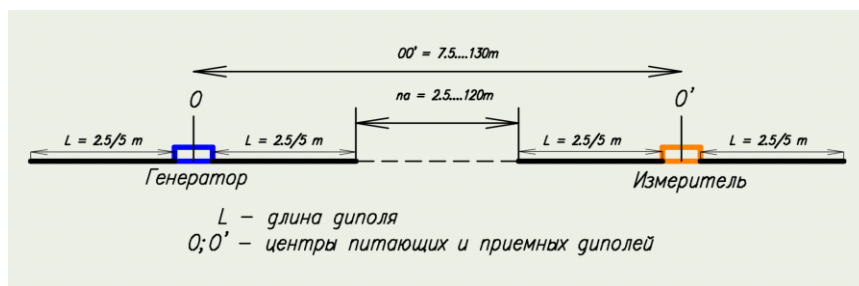


Рисунок 4- Схема используемой дипольной осевой установки.

Длина питающих и приемных диполей одинакова. Коэффициент разделения диполей (расстояние между питающим диполем и приемным диполем) является число n , пропорциональное расстоянию между приемными и питающими диполями. Сначала выполнялись работы с

диполями длиной 2.5 м, с разносами $a_n = 2.5, 5, 7.5$ и 10 м (осуществляется перекрытие, аналог ворот в ВЭЗ), затем осуществлялся переход на диполь длиной 5 м и производились замеры с разносами $a_n = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ м и т.д. Максимальный разнос установки (расстояние a_n) составил 100 м. При производстве работ с применением диполей 2.5 и 5 м, генератор при используемой расстановке (при совмещении 2.5, 5 м диполей) располагался непосредственно в одной и той же точке, привязка на местности производилась с помощью GPS- приемников типа «Trimble GeoExplorer».

Камеральные работы по обработке и интерпретации данных ДЭЗ аналогичны камеральным работам, проводимым с данными ВЭЗ (см. раздел 2).

4 Описание геоэлектрических разрезов. Завершающим этапом исследований является построение геоэлектрических разрезов. На примере разреза профиля 2 куста №32 Бованенковского НГКМ, полученного методом ВЭЗ, и геоэлектрического разреза профиля 1 куста газовых скважин №2 Крузерштернского ГКМ, полученного методом ДЭЗ, рассмотрим основные особенности построенных разрезов. Результаты интерпретации полевых материалов представлены на рисунках 5 и 6.

На геоэлектрическом разрезе профиля 2 куста №32 Бованенковского месторождения прослеживается три геоэлектрических горизонта. Верхний геоэлектрический слой со значениями УЭС 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 исследований, находился в талом состоянии, из-за этого такие пониженные значения сопротивления. В районе ВЭЗ-ов 899-894 сопротивление грунтов верхнего геоэлектрического слоя увеличивается до 500-1000 Ом*м. По данным последующего бурения указанная зона сложена торфом и супесью.

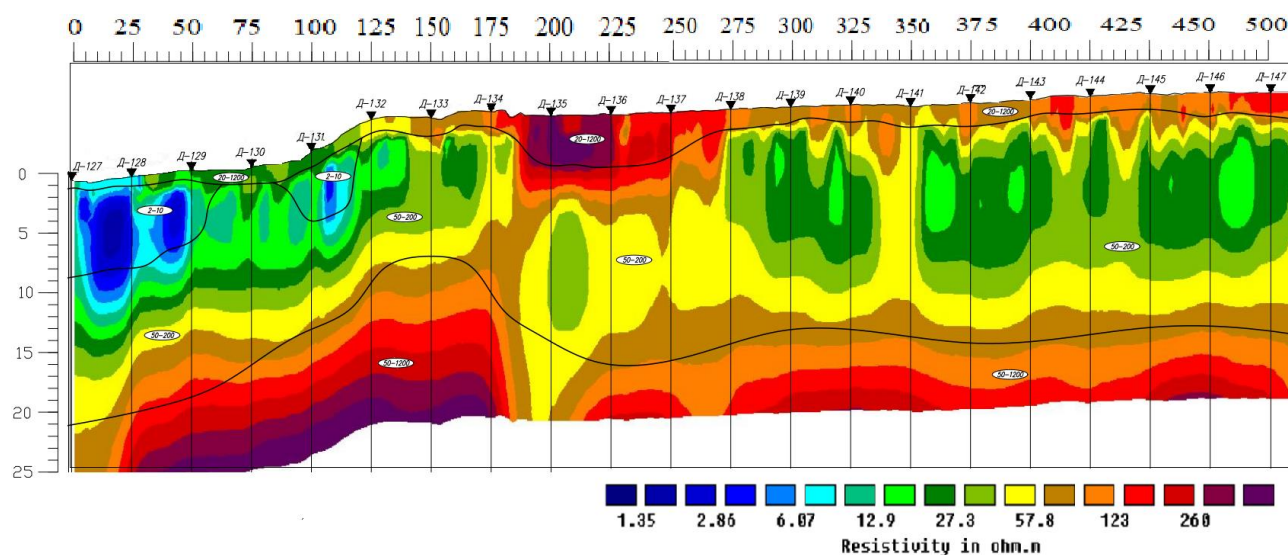


Рисунок 24 - Геоэлектрический разрез профиля 1 куста газовых скважин №2
Крузерштернского ГКМ

Высокие значения УЭС на глубине 1- 5 метров, вблизи скважин 135, 136, могут быть обусловлены распространением грунтов терригенных отложений высокой льдистости. Мощность верхнего слоя составляет 1-2 метра. По данным бурения данный слой слагает мерзлая супесь. Ниже по разрезу идёт слой со значениями сопротивлений 20-100 Ом*м, сложенный в основном суглинками разных видов.

В районе пикетов ДЭЗ с 127 по 132, прослеживается крайне низкие значения УЭС 1-10 Ом*м. Мощность данного слоя 15-20 метров. Ещё ниже по разрезу прослеживается более высокоомный слой, сопротивления у которого достигают максимальных значений свыше 260 Ом*м, что можно наблюдать на пикетах ДЭЗ с 128 по 134. Слой сложен мерзлой супесью. Мощность данного слоя около 5 м.

Сравнивая два построенных геоэлектрических разреза, в первую очередь скажем о большой разрешающей способности методов ВЭЗ и ДЭЗ. На разрезах видно детальное литологическое расчленение дисперсных пород, выделено положение границ мерзлых и не мерзлых пород, обнаружены и околонтурены ледяные тела и зоны повышенной льдистости. Считаю вполне закономерным различие УЭС пород на изучаемых площадях. На

Крузерштернском ГКМ сопротивления ММП не превышает 1000 Ом*м, а на Бованенковском НГКМ значения УЭС достигают 4500 Ом*м. Очевидно, что более интенсивный переход пластового флюида в лед при отрицательных температурах наблюдается на Бованенковском НГКМ. На Крузерштернском ГКМ в связи с близостью к Карскому морю происходит растепление грунтов, осложняющееся инфильтрацией высокоминерализованной морской воды в отложения верхней части геологического разреза. По видимому, это приводит к увеличению степени засоленности грунтов, особенно во время их перехода из охлажденного состояния в мерзлое, что сказывается на снижении УЭС. При засолении грунта значения УЭС меняются на порядок, связано это с уменьшением фазовых переходов и с возрастанием концентрации раствора по мере образования льда, что и наблюдается на территории Крузерштернского ГКМ. По этим же причинам кровля ММП на Бованенковском месторождении отмечается на глубине 3-5 метров, а на Крузерштернском месторождении гораздо ниже - на глубине 20 метров. В целом данные геоэлектрические разрезы схожи, отражают основную априорную информацию и дают достаточно объективное представление о территории исследований. Также стоит заметить, что ни один из этих разрезов не является идеальным для строительства инженерных сооружений из-за наличия в них ММП.

Закключение. 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 или ДЭЗ, в зависимости от условий работ. Указанные методы электрозондирования являются эффективным инструментом исследования ММП в связи с контрастом УЭС в мерзлых и талых породах.

Основным фактором, влияющим на закономерный рост электрического сопротивления мерзлых пород, является понижение температуры

окружающей среды. На рассматриваемом участке автор не определил устойчиво выявленной взаимосвязи между УЭС горных пород и температурным фактором. Подтверждением этому является во многом схожая геологическая характеристика Бованековского и Крузенштернского месторождений углеводородов.

Однотипность геологического строения, гидрогеологических и геокриологических условий на месторождениях определяет повсеместное распределение ММП на территории исследований. Однако в ходе написания ВКР автор обратил внимание на особенности распространения мерзлых отложений на построенных геоэлектрических разрезах. На Крузенштернском ГКМ сопротивление ММП не превышает 1000 Ом*м и встречается на глубине около 20 м, а на Бованековском НГКМ значения УЭС достигают 4500 Ом*м, причем ММП практически выходят на поверхность (глубина их залегания не превышает 3-5 м.). Очевидно, что более интенсивный переход пластового флюида в лед при отрицательных температурах наблюдается на Бованековском НГКМ. Причиной этому, на взгляд автора, является близость к Карскому морю Крузенштернского ГКМ. В связи с этим происходит изменение температурного поля пород и их растепление, которое осложняется инфильтрацией высокоминерализованной морской воды в отложения верхней части геологического разреза. По видимому, это приводит к увеличению степени засоленности грунтов, особенно во время их перехода из охлажденного состояния в мерзлое, что сказывается на снижении их УЭС. В целом геоэлектрические разрезы похожи, отражают основную априорную информацию и дают достаточно объективное представление о территории исследований. Также стоит заметить, что ни один из этих разрезов не является идеальным для строительства инженерных сооружений из-за наличия в них ММП. Полученные в ВКР результаты позволяют автору надеяться, что он решил все поставленные задачи и достиг главную цель исследований.