

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

Кафедра геофизики

«Основные черты геоэлектрических разрезов четвертичных отложений
Тас-Юряхского месторождения по данным ВЭЗ
(на примере куста газовой скважины №1)»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 Геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Щетинина Ивана Сергеевича

Научный руководитель

к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Шигаев В.Ю.

Зав. кафедрой

к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2025

Введение. Актуальность работы обусловлена необходимостью комплексного изучения инженерно-геологических условий, включая геокриогенные, в районе Тас-Юряхского нефтегазоконденсатного месторождения для обеспечения устойчивого строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов. Здесь особое значение приобретает анализ многолетнемёрзлых пород (ММП), широко распространенных в западной части Якутии, и их влияния на стабильность фундаментов, трубопроводов и других инженерных сооружений.

Тас-Юряхское месторождение, расположенное в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы (Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция), характеризуется сложными мерзлотными условиями, которые могут существенно влиять на:

- Несущую способность грунтов при сезонном протаивании.
- Деформационную устойчивость сооружений из-за криогенных процессов (пучение, термокарст, солифлюкция).
- Коррозионную активность в зоне переменного промерзания-оттаивания.

Учет этих факторов критически важен для проектирования долговечных и безопасных объектов нефтегазовой инфраструктуры.

Объект и методы исследования

Объектом исследования выбран участок куста газовой скважины №1, где проведены геофизические исследования методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), который позволяет оценить:

Распространение и мощность ММП, включая: границу сезонного промерзания/оттаивания, наличие таликов и их гидрогеологическую связь.

Физико-механические свойства мёрзлых и талых грунтов: льдистость и прочностные характеристики при изменении агрегатного состояния.

Коррозионные риски для трубопроводов, связанные с: высокой минерализацией подмерзлотных вод, электрохимической активностью в зоне контакта «мёрзлое-талое».

Цель работы:

Исследовать инженерно-геологические условия четвертичных отложений Тас-Юряхского месторождения на основе построения геоэлектрических разрезов по данным ВЭЗ для оценки их влияния на устойчивость фундаментов, прокладку трубопроводов и строительство других инфраструктурных объектов (на примере участка куста газовой скважины №1).

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

1. Изучить литолого-стратиграфические особенности четвертичных отложений с выделением слоёв, значимых для строительства (суглинки, пески, мерзлые породы). Проанализировать гидрогеологические геокриологические условия территории для оценки коррозионной активности грунтов и их влияния на устойчивость инженерных сооружений.

2. Исследовать методику проведения полевых работ ВЭЗ и особенности обработки и интерпретации полевых данных для условий криолитозоны.

3. Построить геоэлектрические разрезы участка куста скважины №1 с выделением слоёв по удельному электрическому сопротивлению для выявления на основе интерпретации разрезов зон, неблагоприятных для проведения строительства.

Практическая значимость. Результаты исследования позволяют адаптировать конструкции фундаментов и инфраструктуры под сложные мерзлотные условия, минимизируя риски деформаций и разрушений. Данные о геоэлектрических разрезах помогают разработать меры против криогенного пучения и коррозии, повышая долговечность коммуникаций. Выявление зон термокарста и нестабильных грунтов способствует безопасному планированию строительства линейных сооружений. Использование метода ВЭЗ снижает затраты на буровые работы и обеспечивает точность геологических моделей для проектирования.

Необходимостью комплексного изучения четвертичных отложений в условиях криолитозоны подтверждается рядом современных научных работ.

Структура работы включает три главы, в которых последовательно рассматриваются геологическая характеристика четвертичных отложений, методика полевых работ и обработки данных ВЭЗ, а также характеристика геоэлектрических разрезов на исследуемом участке.

Автор искренне надеется, что проведенное исследование позволит расширить представления о строении четвертичных отложений Тас-Юряхского месторождения и будет способствовать более эффективному подходу к выбору технологии строительства инженерных объектов.

Бакалаврская работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка и использованных источников.

Основное содержание работы. Тас-Юряхское месторождение находится в западной части Якутии, в пределах Верхневиллюйского плато. Изучаемая территория расположена в пределах водосборной площади бассейна рек Лены и Вилюя. Месторождения располагается севернее 60 параллели северной широты (раздел 1).

В административном отношении территория расположена на территории Республики Саха (Якутия), входящей в состав Дальневосточного федерального округа Российской Федерации. Географически лицензионный участок находится на юго-западе Республики Саха (Якутия) в 110 км к северо-востоку от г. Ленска и в 120 км к юго-востоку от г. Мирный. На территории населенные пункты отсутствуют, ближайшими населенными пунктами являются поселки Ала, Заря и Дорожный (на трассе Ленск-Мирный) и с. Тас-Юрях.

Построение литолого-стратиграфического разреза выполнено автором самостоятельно на основе комплексной интерпретации данных ВЭЗ, с учетом имеющихся данных, полученных путем бурения. Мощность разреза достигает 30 метров.

По схеме гидрогеологического районирования территория относится к

юго-западной части Якутского артезианского бассейна. Широким развитием здесь пользуются многолетнемерзлые породы, мощность которых составляет 200-250 м. Мощность сезоннопротаивающего слоя колеблется от 0,5 до 3 м в зависимости от элементов рельефа.

Территория месторождения расположена в зоне преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), мощность которой достигает 200-250 м. Мощность сезоннооттаивающего слоя зависит от различных факторов - экспозиции склона, характера грунтов, растительности и изменяется от 0,5 до 3 м. На изучаемой площадке преимущественно присутствовали мёрзлые породы островного типа распространения.

В геоморфологическом отношении территория листа неоднородна. На юго-восточную, незначительную по площади, часть территории заходит северо-западная окраина грядового Приленского плато. Большая часть территории принадлежит структурно-денудационной равнине области Ангара-Вилуйского прогиба.

Полевые работы методом ВЭЗ на площадных объектах Тас-Юряхского месторождения выполнялись по сети электроразведочных профилей. Всего на территории куста газовых скважин № 1 было отработано 4 профиля по 250 метров, всего 40 пикетов (раздел 2).

Профили прокладывались на расстоянии 50 м друг от друга, при шаге наблюдения по профилю 50 м. На первом профиле интервал абсолютных отметок изменяется от 819 до 837 м, на втором профиле - от 823 до 839 м, на третьем профиле - от 820 до 834 м, на четвертом профиле от 812 до 827 м. На всех профилях абсолютные отметки достигают максимума на северо-востоке полигона.

При проведении полевых электроразведочных работ методом ВЭЗ использовались комплекты серийно выпускаемого аппаратно-программного комплекса «АМС-1» (ООО «НПО Уралгеополе», г. Пермь).

При полевых работах применялась несимметричная

четырёхэлектродная установка (экспресс-установка) с линейным шагом между электродами с разносами $ON=2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 26, 34, 50$ и 66 м, позволяющими достигать глубину исследования до 25 м. Такая экспресс-установка является аналогом классической симметричной установки Шлюмберже.

Особенности измерений методом ВЭЗ заключаются в том, что при проведении исследований глубина, на которую можно получить достоверные данные, составляет примерно от одной трети до одной пятой длины разноса питающей линии. Поэтому, для проведения полноценных исследований требуется участок площадью не менее 12 соток.

Преимущества метода ВЭЗ заключается в его простоте и стоимости проведения исследований, при этом получая приемлемое качество. Исследования позволяют получить достаточно большое количество данных для построения детальной модели геологического разреза. Кроме того, сам процесс измерений относительно прост в техническом плане, что делает метод доступным для широкого применения.

Рассмотрим результаты построения геоэлектрических разрезов по профилям 1, 2, 3, 4. Куста № 1. Геоэлектрические разрезы характеризуются четко выраженным двух и трех этажным строением, как показано на рисунках 1, 2, 3, 4 (раздел 3).

На профиле 1 верхняя часть разреза представлена зоной с пониженными значениями удельных электрических сопротивлений (УЭС) $20-150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, мощность 2-5 метра. Преимущественно слой состоит из различных суглинков, за редким исключением встречается глина. Ниже по разрезу в левой части, идет слой мощностью 10 м. Данный слой также сложен суглинками. Значение УЭС составляет $150-300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. В нижней части геоэлектрического разреза, также вдоль всего профиля, распространён слой с УЭС от 300 до $600 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Видимая мощность нижнего слоя составляет 9-12 метров. В западной части разреза на глубине 25-25 метров, начинает прослеживаться слой с повышенными значениями удельных электрических

УЭС 600-1100 Ом*м, можно предположить, что данный слой сложен песчаниками, показано на рисунке 1.

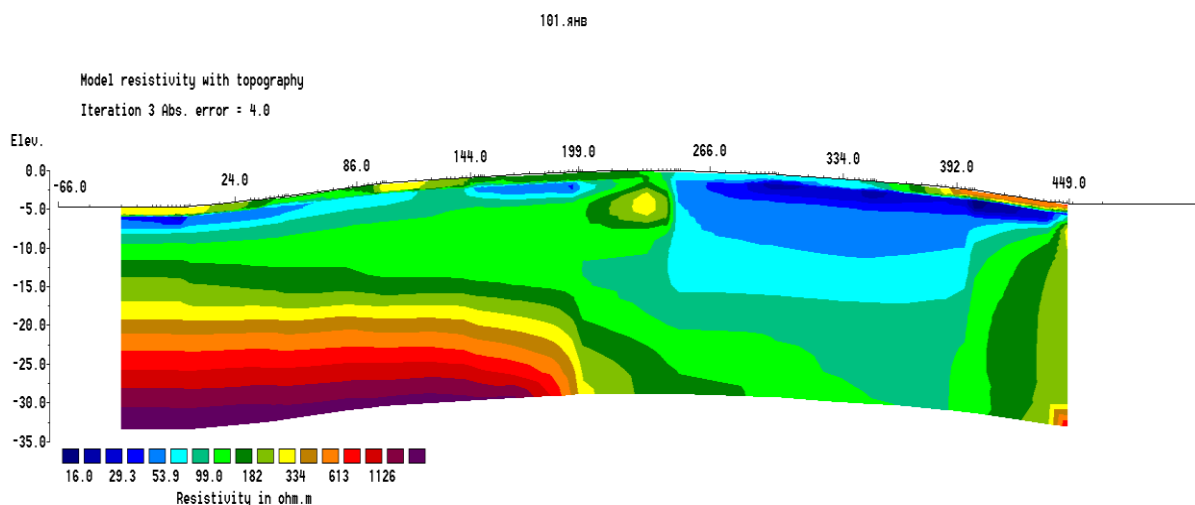


Рисунок 1 - Геоэлектрический разрез по профилю 1

На геоэлектрическом разрезе по профилю 2 верхний слой - зона с пониженными значениями УЭС 50-150 Ом*м. Мощность верхнего слоя 20 м. Ниже по разрезу, вдоль всего профиля, значение УЭС составляет 150-300 Ом*м. Нижняя часть геоэлектрического разреза, протягивается вдоль всего профиля, распространён слой с УЭС от 300 до 450 Ом*м. Видимая мощность нижнего слоя составляет 6-10 метров. В целом мы видим, что значения УЭС на профиле 2 ниже, чем на профиле 1, показано на рисунке 2.

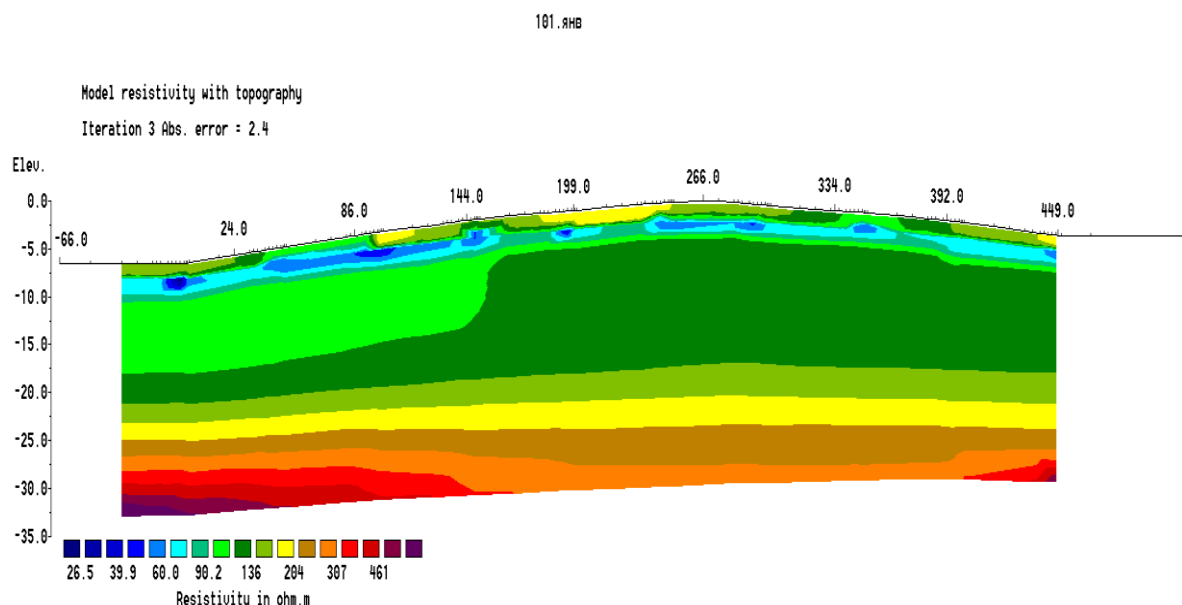


Рисунок 2 - Геоэлектрический разрез по профилю 2

На геоэлектрическом разрезе по профилю 3 верхний слой - зона с

пониженными значениями УЭС 30-200 Ом*м. Мощность верхнего слоя до 17 м. Ниже по разрезу, вдоль всего профиля, значение УЭС составляет 200-600 Ом*м. Мощность слоя варьируется от 5 до 10 метров. Значения удельных электрических сопротивлений на профиле 3 выше, сопоставимы с профилем 2, и все также ниже значений профиля 1, показано на рисунке 3.

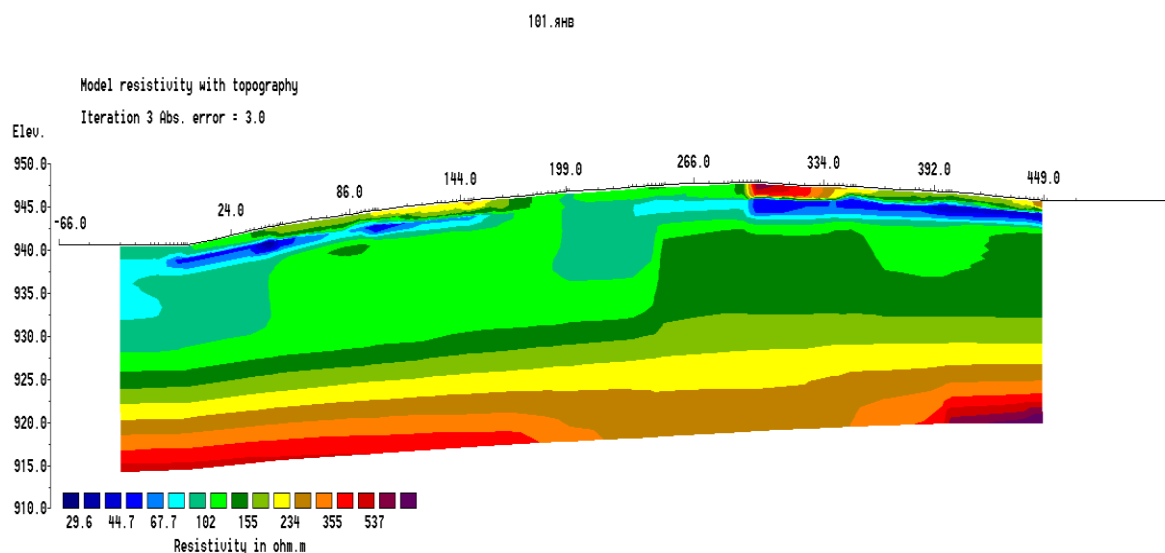


Рисунок 3 - Геоэлектрический разрез по профилю 3

Верхняя часть разреза по профилю 4 представлена зоной с пониженными значениями УЭС 30-170 Ом*м, мощность варьируется от 5 до 15 метров, но данный геоэлектрический разрез нам позволяет увидеть, что участками значения УЭС на данном профиле выше средних значений всего профиля. Центральный слой, простирается вдоль всего профиля, значение сопротивлений на нём составляет 170-300 Ом*м, мощность до 5 метров. Сложен данный слой грунтами с присутствием гальки. В подошвенной части профиля 4, распространён слой с УЭС от 300 до 700 Ом*м. Видимая мощность подошвенного слоя составляет около 20 метров, она раскрывается в восточной части разреза. Можно предположить, что этот слой сложен песчаниками, как и профиль 1, показано на рисунке 4.

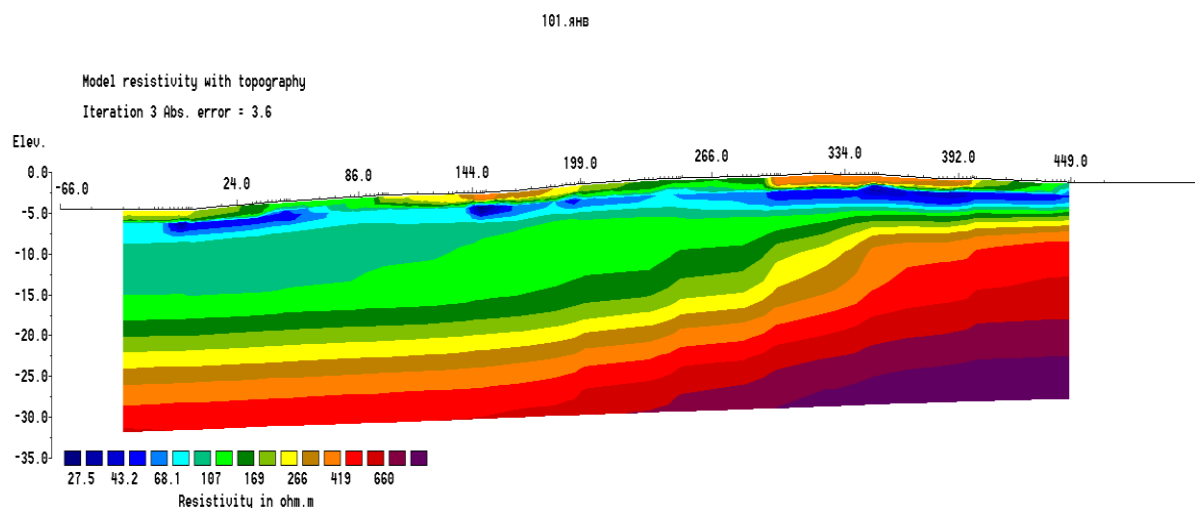


Рисунок 4 - Геоэлектрический разрез по профилю 4

Достоверность литологического расчленения горных пород на построенных геоэлектрических разрезах подтверждена последующим бурением. Из анализа разрезов и данных бурения следует, что на площадке куста № 1 наиболее благоприятными профилями для обустройства Тас-Юряхского газоконденсатного месторождения являются участки вблизи профилей 1-4. Здесь зона с повышенными значениями УЭС имеет наименьшее распространение, нет мерзлых пород, усложняющих проведение работ по проектированию и строительству, поэтому участки, прилегающие к этим профилям, являются наиболее благоприятными для возведения инженерных сооружений.

Из представленных материалов видно, что метод ВЭЗ позволяет определить зоны с различными значениями УЭС, которые дают разграничить литологические границы отложений. Четкое положение границ пород верифицируются с данными бурения, что подтверждает эффективность электроразведки при инженерно-геологических изысканиях в районах криолитозоны.

Заключение. В работе проведено исследование четвертичных отложений Тас-Юряхского месторождения с применением метода вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Полученные результаты позволили решить следующие научные и практические задачи:

Установлено, что четвертичные отложения представлены аллювиальными, элювиально-делювиальными и делювиальными образованиями. Выделены слои с различными удельными электрическими сопротивлениями (УЭС), что соответствует изменению литологического состава (суглинки, пески, мерзлые породы). Данные ВЭЗ подтверждены результатами бурения, что свидетельствует о высокой достоверности метода.

В разрезе выявило наличие надмерзлотных и межмерзлотных водоносных горизонтов, а также зон сезонного промерзания-оттаивания. На участке исследований мощность многолетнемерзлых пород (ММП) достигает 200–250 м, а сезонно-талый слой варьируется от 0,5 до 3 м в зависимости от рельефа и состава грунтов.

Построены геоэлектрические разрезы по четырем профилям, отражающие неоднородность верхней части разреза. Выделены зоны с низкими (20–150 Ом·м), средними (150–600 Ом·м) и высокими (600–1100 Ом·м) значениями УЭС, что соответствует суглинкам, водонасыщенным пескам и мерзлым породам соответственно. Наиболее благоприятные для строительства участки характеризуются отсутствием высокоомных мерзлых слоев.

Критический анализ возможностей метода ВЭЗ показал его эффективность для изучения верхних 20–30 м разреза в условиях криолитозоны. Однако в работе выявлены ограничения метода, связанные с интегральностью данных и влиянием техногенных помех. Для повышения точности интерпретации рекомендовано сочетать ВЭЗ с другими геофизическими методами (сейсморазведка, ГИС) и данными бурения.

Результаты работы позволяют:

- Оптимизировать проектирование фундаментов и инфраструктуры с учетом мерзлотных условий.
- Прогнозировать риски термокарста, пучения и коррозии трубопроводов.

- Снизить затраты на изыскания за счет рационального сочетания геофизических и буровых работ.

Таким образом, метод ВЭЗ доказал свою эффективность для изучения четвертичных отложений Тас-Юряхского месторождения, обеспечив детальное расчленение разреза на литологические слои. Выявленные геоэлектрические аномалии коррелируют с гидрогеологическими и криогенными особенностями территории, что подтверждает необходимость учета мерзлотных процессов при освоении месторождения. Для повышения достоверности интерпретации рекомендовано применение комплексного подхода, включающего современные алгоритмы обработки данных и интеграцию с другими геофизическими методами.

Перспективы дальнейших исследований:

- Мониторинг динамики мерзлотных условий под влиянием техногенных факторов.

- Разработка адаптивных моделей строительства в зонах с нестабильными грунтами.

- Внедрение машинного обучения для автоматизации интерпретации данных ВЭЗ.

Работа может быть использована при проектировании инфраструктуры нефтегазовых месторождений в аналогичных условиях. Заметим, что литературный обзор, проведённый в рамках данной дипломной работы, не только обосновал актуальность и практическую значимость исследования, но и стал фундаментом для последующего анализа и интерпретации полученных данных, подтверждая свою значимость и актуальность на всех этапах исследования.