

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

«Литологическое расчленение верхней части разреза по данным ВЭЗ (на
примере Ковыктинского газоконденсатного месторождения)»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Бочкарева Ильи Сергеевича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

В.Ю. Шигаев

подпись, дата

Зав. Кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2024

Введение. Актуальность исследований. Известно, что в пределах Ковыктинского газоконденсатного месторождения (КГКМ) распространена деградирующая, малольдистая, редкоостровная многолетняя мерзлота в рыхлых четвертичных отложениях. Картирование мерзлотных деформаций геофизическими методами не всегда оправдано из-за локальных малоамплитудных изменений большинства петрофизических параметров (плотности, скорости сейсмических волн, деформируемости и др.) в зонах деградации многолетней мерзлоты.

Однако эта задача успешно решается методами электротомии. Например, метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) достаточно хорошо справляется с детализацией геологического разреза по причине контрастного различия удельного электрического сопротивления талых и мерзлых пород (при их наличии).

В данной выпускной квалификационной (ВКР) работе приводятся примеры применения метода ВЭЗ на площадке № 118 куста газовых скважин КГКМ, которая является основным **объектом** исследований, для оценки инженерно-геологических условий по обустройству месторождения. В основу ВКР легли материалы полевых и камеральных работ, в которых автор принимал непосредственное участие в период прохождения производственной практики в ООО «Газпром проектирование».

ООО «Газпром проектирование» занимается проектированием и проведением инженерных изысканий на объектах ПАО «Газпром». Управление инженерных изысканий проектного института производит полный комплекс полевых, камеральных и лабораторных работ в составе инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-геотехнических, инженерно-гидрометеорологических изысканий, как для строительства новых, так и для реконструкции действующих промышленных и гражданских объектов.

В задачу исследований методом ВЭЗ на изучаемом объекте входило:

- расчленение разреза дисперсных пород на слои различного литолого-петрографического состава;
- определение в плане и в разрезе положения границ мерзлых и не мерзлых пород (при их наличии);
- обнаружение и оконтуривание в разрезе отдельных тел различной морфологии (пластовых, повторно-жильных), зон повышенной льдистости или подтверждение их отсутствия.

В комплексе малоглубинных (до 100 м) геоэлектрических методов, применяемых в ООО «Газпром проектирование», метод ВЭЗ занимает ведущее положение благодаря простоте ведения полевых работ и высоким возможностям специализированных компьютерных программ интерпретации полевых данных.

Целью ВКР является литологическое расчленение четвертичных отложений на объекте исследований по данным ВЭЗ для оценки инженерно-геологических условий и возможности строительства инженерных сооружений.

Для достижения этой цели в ВКР решались следующие **задачи**:

1. Изучить геолого-гидрогеологические и геокриологические условия района проведения исследований.
2. Освоить методику проведения полевых и камеральных работ, применяемые аппаратуру, оборудование, специализированные программы для интерпретации материалов ВЭЗ.
3. Построить геоэлектрические разрезы четвертичных отложений на объекте исследований и оценить возможность строительства там малоглубинных инженерных сооружений.

Автор благодарен сотрудникам ООО «Газпром Проектирование»: А.С. Шабалину, А.Г. Власенко, С.В. Бочкарёву за помощь в сборе материала и ценные консультации при изучении основ обработки и интерпретации полевых материалов ВЭЗ.

Данная работа состоит из 3 разделов:

1 Краткие геологические сведения о районе исследования

2 Теоретические основы метода ВЭЗ. Методика работ. Основы интерпретации данных.

3 Результаты исследований

Основное содержание работы. Раздел 1«Краткие геологические сведения о районе исследования». Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ) расположено в горно-таежной местности на Лено-Ангарском плато, в верховьях правобережных притоков р. Лены – Орлинги и Чичапты (**подраздел 1.1**). В геологическом строении КГКМ выделяются отложения четвертичной, ордовикской и кембрийских систем (**подраздел 1.2**), представленные коренными отложениями, перекрытыми сверху чехлом преимущественно суглинистых четвертичных осадков различного генезиса. В верхней части разреза месторождения до глубин 800–1000 м распространен надсолевой гидрогеологический этаж. В нем выделяются три водоносных комплекса: четвертичный, ордовикский и средней-кембрийский (**подраздел 1.3**).

В тектоническом отношении КГКМ расположено в пределах Сибирской платформы (**подраздел 1.4**). На исследуемой территории распространена редкоостровная многолетняя мерзлота в рыхлых четвертичных отложениях (**подраздел 1.5**). Многолетнемерзлые грунты встречаются преимущественно по долинам водотоков и на склонах северной экспозиции, покрытых густой растительностью. Сохранению мерзлоты благоприятствуют отрицательные среднегодовые температуры, низкие зимние температуры и небольшая мощность снежного покрова.

Раздел 2«Теоретические основы метода ВЭЗ. Методика работ. Основы интерпретации данных». Известно, что в стационарном режиме протекания тока в цепи, состоящей из источника тока, электродов и земли, на

контакте между электродами и землей существуют поверхностно распределенные электрические заряды, которые и являются по существу источником поля в земле (**подраздел 2.1**). Поле заземлений (электродов) зависит от геометрических размеров электродов, их взаимного расположения, посылаемого в землю тока и, наконец, от характера геоэлектрического разреза. Зависимость поля от характера геоэлектрического разреза для электроразведки представляет наибольший интерес.

Сущность метода ВЭЗ заключается в изучении геоэлектрического разреза по параметру удельного электрического сопротивления (УЭС) посредством наблюдения искусственно создаваемого электрического поля, которое создают точечными заземлениями А и В (**подраздел 2.2**). Через эти заземления, называемые питающими, в землю вводят электрический ток силой I от какого-либо источника постоянного тока. Между двумя точками земли с помощью измерительных заземлений М и N и соответствующего измерительного прибора измеряют возникающую разность потенциалов ΔU . Среди геологических факторов, влияющих на результаты измерений, назовем зависимость УЭС электролитов в поровом пространстве горных пород от их минерализации, пористости и температуры, главным образом в области ниже нуля $^{\circ}C$.

Исследования методом ВЭЗ на площадных объектах Ковыктинского месторождения выполнялись по сети профилей. Всего на территории куста газовых скважин № 118 было отработано 4 электроразведочных профиля по 250 м (**подраздел 2.3**). Профили раскладывались по территории газового куста на расстоянии 50 м друг от друга, при шаге наблюдения по профилю 50 м, при глубинности исследования 25 м. В поле применялась несимметричная четырехэлектродная установка (экспресс-установка) с линейным шагом между электродами, разработанная сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова. Работы велись с использованием серийно выпускаемого комплекта оборудования:

«измеритель МЭРИ 24» и «генератор АСТРА 100». Данные с измерителя обрабатываются, и после переноса их в формат записи Excel.

Обработка и интерпретация полевых материалов ВЭЗ (подраздел 2.4) проводится в программах Ipi2win, автор А.А. Бобачёв (МГУ) и RES2DINV (GEOTOMO SOFTWARE). В результате строится геоэлектрический разрез с выделением слоев различного УЭС и установленными геологическими границами их распространения, позднее увязанными с данными инженерно-геологического бурения.

Раздел 3 «Результаты исследований». Геоэлектрические разрезы по четырем профилям ВЭЗ характеризуются четко выраженным трех этажным строением. На профиле 1 верхняя часть разреза представлена зоной с пониженными значениями удельных электрических сопротивлений (УЭС) 50-150 Ом*м, мощность 2-3 м, как показано на рисунке 1.

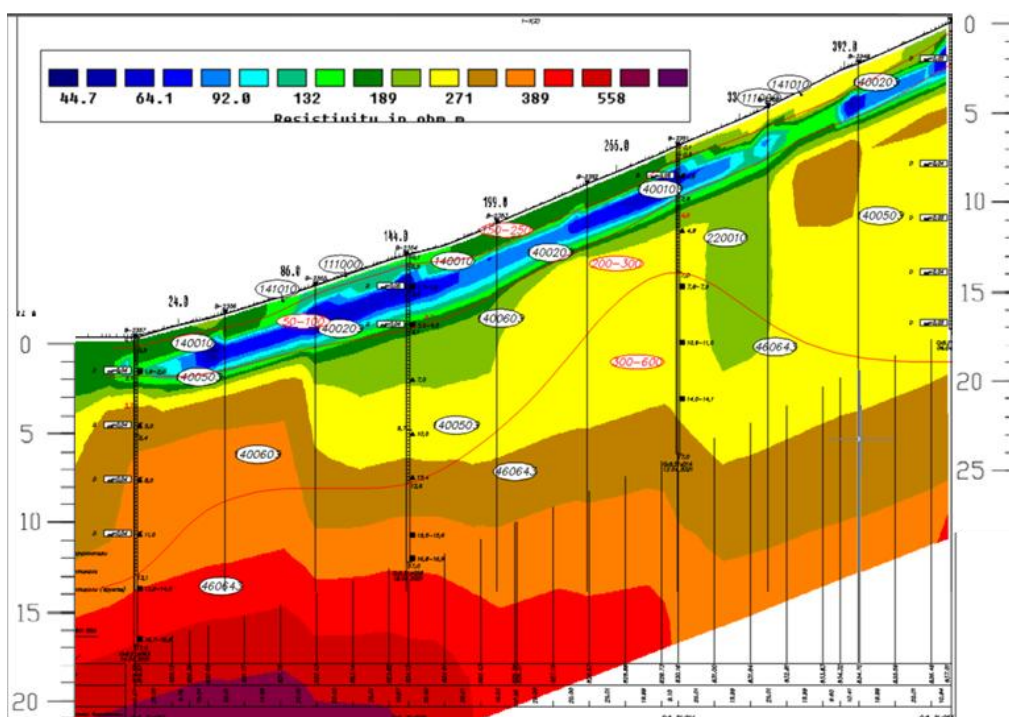


Рисунок 1 - Геоэлектрический разрез по профилю 1.

Этот слой преимущественно состоит из различных суглинков, за редким исключением встречается глина. Ниже по разрезу, идет слой мощностью 5 м. Данный слой также сложен суглинками. Значение УЭС составляет 150-300 Ом*м. В нижней части геоэлектрического разреза, также вдоль всего профиля, распространён слой с УЭС от 300 до 600 Ом*м. Видимая мощность нижнего слоя составляет 14-16 метров. В западной части разреза на глубине 20-25 метров, начинает прослеживаться слой с повышенными значениями удельных электрических УЭС 600-900 Ом*м, можно предположить, что эта зона сложена песчаниками.

На геоэлектрическом разрезе по профилю 2 верхний слой - зона с пониженными значениями УЭС 50-150 Ом*м, как показано на рисунке 2.

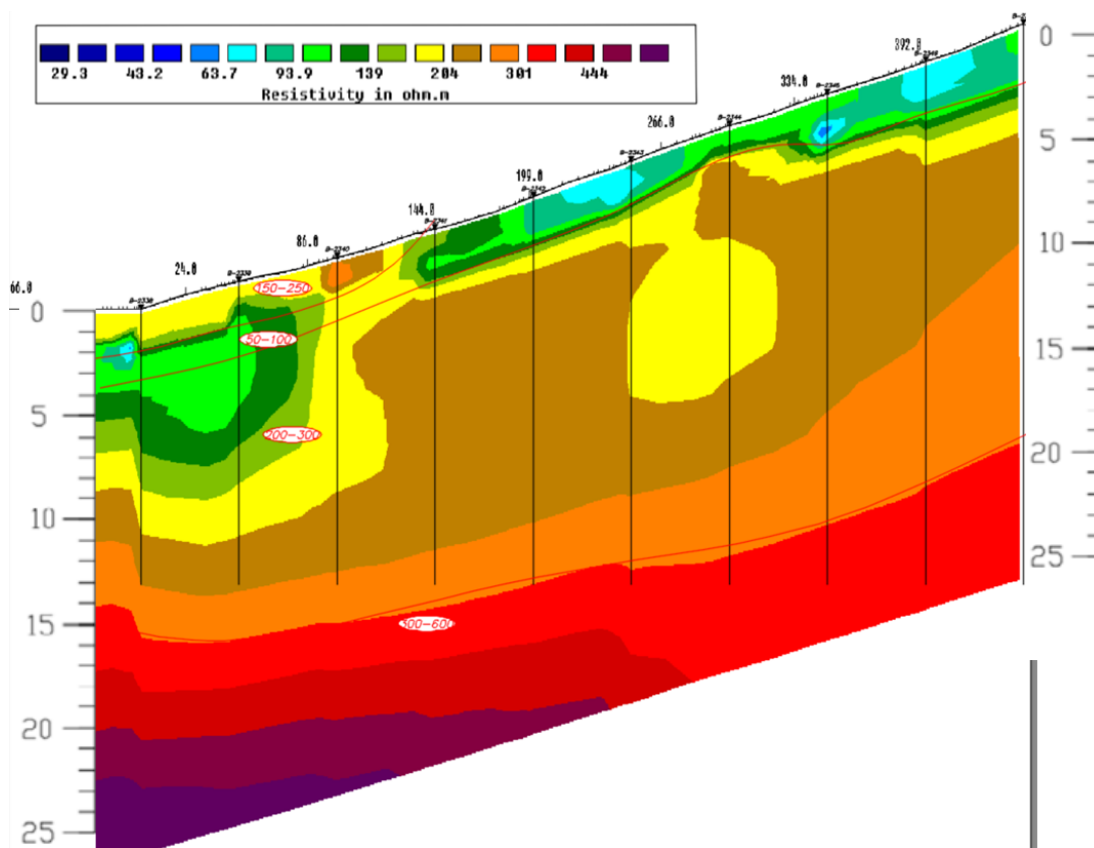


Рисунок 2 - Геоэлектрический разрез по профилю 2.

Мощность верхнего слоя 3 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 600 Ом*м. Видимая мощность нижнего слоя составляет 12-15 метров. На протяжении всего профиля на глубине 20-25 метров, прослеживаться слой с повышенными значениями УЭС 600-900 Ом*м. В целом видно, что значения УЭС на профиле 2 выше, чем на профиле 1.

На геоэлектрическом разрезе по профилю 3 верхний слой-зона с пониженными значениями УЭС 150-250 Ом*м, как показано на рисунке 3.

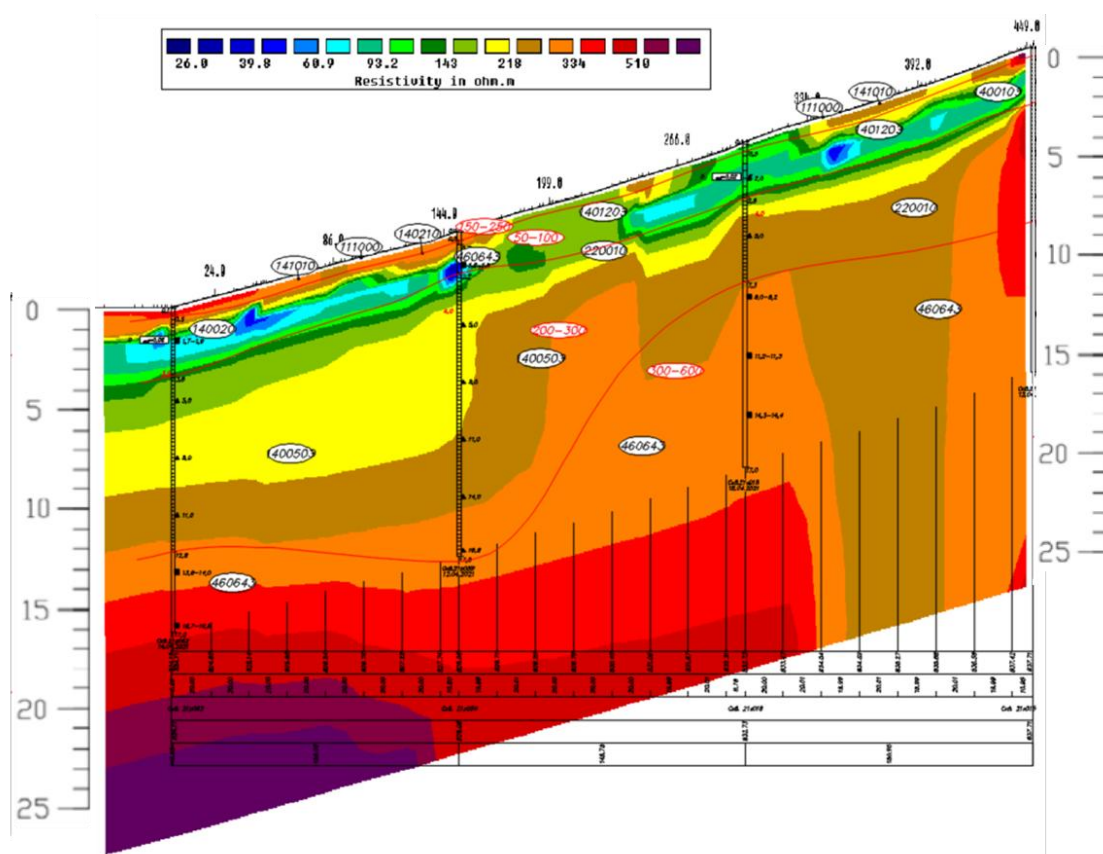


Рисунок 3 - Геоэлектрический разрез по профилю 3.

Мощность верхнего слоя 2-3 м. Ниже по разрезу, вдоль всего профиля, значение УЭС составляет 150-300 Ом*м. Мощность среднего слоя варьируется

от 7 до 17 метров. Нижняя часть геоэлектрического разреза, протягивается вдоль всего профиля, распространён слой с УЭС от 300 до 600 Ом*м. Видимая мощность нижнего слоя составляет 12-15 м. В западной части разреза на глубине 20-25 м. прослеживается слой с повышенными значениями УЭС 600-900 Ом*м, можно предположить, что эта зона сложена песчаниками. Значения удельных электрических сопротивлений на профиле 3 выше, чем на профилях 1 и 2.

Верхняя часть разреза по профилю 4 представлена зоной с пониженными значениями УЭС 50-150 Ом*м, как показано на рисунке 4.

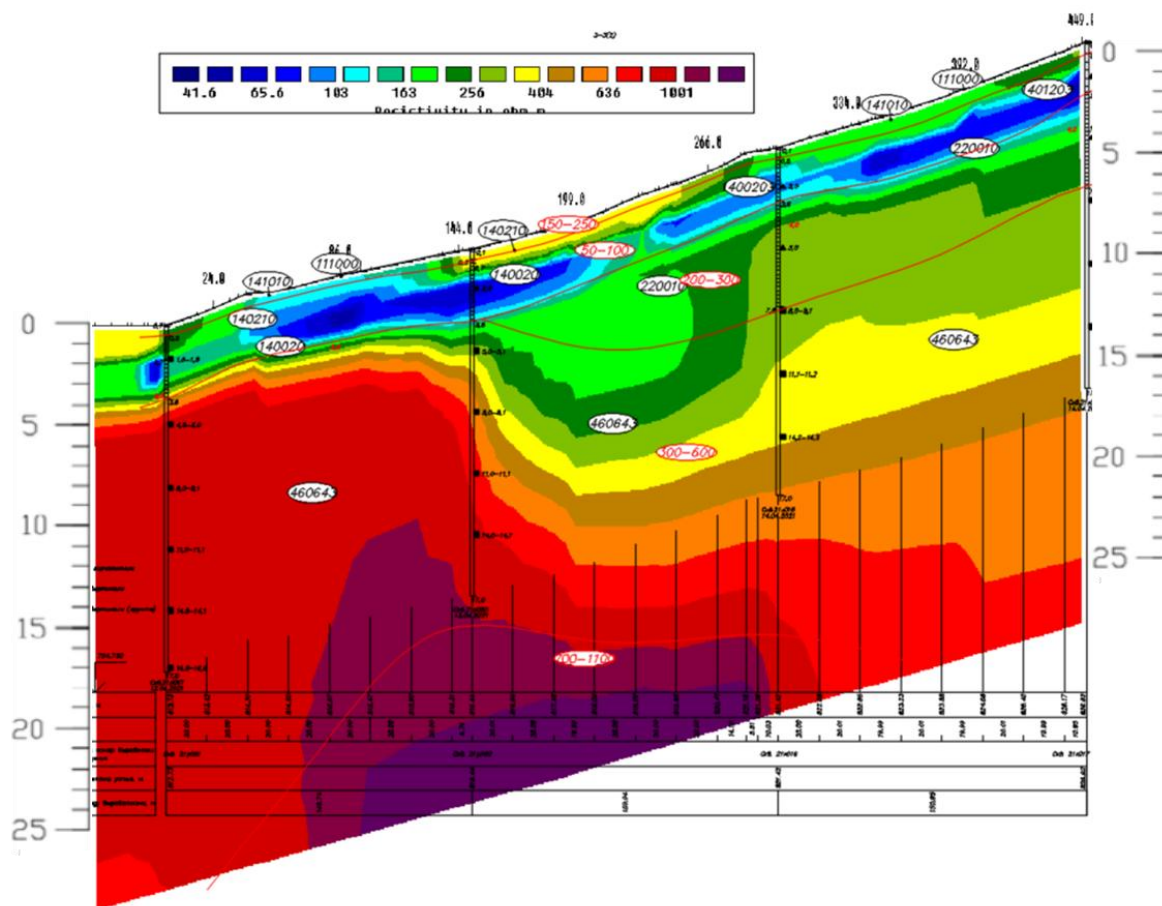


Рисунок 4 - Геоэлектрический разрез по профилю 4.

Центральный слой с УЭС 150-300 Ом*м простирается вдоль всего профиля. Сложен данный слой грунтами с присутствием гальки. В подошвенной части профиля 4, залегает слой с УЭС от 300 до 600 Ом*м. Видимая мощность подошвенного слоя составляет около 19 метров. В центральной части разреза на глубине 14 метров начинается слой с повышенными значениями УЭС до 700-1100 Ом*м.

Из анализа геоэлектрических разрезов следует, что площадка куста № 118 благоприятна для возведения инженерных сооружений. Это определяется отсутствием здесь многолетне мерзлых пород, которые потенциально могут присутствовать на изучаемой территории в виде редкоостровной мерзлоты.

Для подтверждения правильности литологического расчленения разреза по изучаемому участку рекомендуется проведение бурения опорных скважин в пределах отработанных профилей ВЭЗ.

Заключение. Как правило, четвертичные отложения являются местами размещения большинства инженерных сооружений, в том числе и на участках освоения нефтегазовых месторождений. С учетом возрастающей антропогенной нагрузки на четвертичные отложения вполне объясним интерес специалистов к их детальному изучению. Большой объем работ при этом выполняется силами электроразведочных организаций.

Так, проводимые специалистами ООО «Газпром проектирование» электроразведочные работы на Ковыктинском ГКМ, позволяют успешно решать ряд прикладных задач:

- расчленение разреза дисперсных пород на слои различного литолого-петрографического состава;
- определение в плане и в разрезе положения границ мерзлых и не мерзлых пород (при их наличии);

- обнаружение и оконтуривание в разрезе отдельных тел различной морфологии (пластовых, повторно-жильных), зон повышенной льдистости или подтверждение их отсутствия.

В решении большинства из них принимал участие и автор ВКР в период прохождения производственной практики в ООО «Газпром проектирование», при сборе материала и написании настоящей работы. При этом автором изучены: краткая геологическая характеристика района работ, теоретические основы, методика полевых работ, основные вопросы обработки и интерпретации данных ВЭЗ, а также приведены результаты выполненных исследований.

В ходе изучения верхней части разреза на участке проектирования Ковыктинского месторождения также приобретён опыт интерпретации полученных электроразведочных данных, освоены программы обработки и интерпретации данных ВЭЗ:

- Res2dinv – необходимая для визуализации геоэлектрической обстановки;
- IPI2WIN – предназначенная для одномерной интерпретации данных ВЭЗ;
- AutoCAD – система автоматизированного проектирования, которая необходима для работы с планами площадок; определения простирания профилей, снятия с них отметок рельефа и создания оформительской части геоэлектрических разрезов.

В ходе интерпретации геоэлектрических разрезов автором выделены области с повышенными и пониженными значениями УЭС, проведено их литологическое расчленение. Например, УЭС песчаников на разрезах составляет 600-900 Ом*м, глинистых грунтов с присутствием гальки 150-300 Ом*м, а суглинков 50-150 Ом*м. Анализ полученных данных указывает на отсутствие на объекте исследований многолетнемерзлых пород, которые потенциально могут присутствовать на изучаемой территории. Поэтому

площадка куста № 118 КГКМ благоприятна для возведения инженерных сооружений в пределах глубинности метода ВЭЗ в 25 м.