

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Построение преломляющей границы по данным сейсморазведки с  
применением программного комплекса RadExPro»  
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического ф-та  
Родина Дмитрия Андреевича

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Е. Артемьев

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Геофизические исследования при инженерно-геологических изысканиях являются самостоятельным видом работ. Необходимым условием применения геофизических методов является наличие дифференциации исследуемых сред по физическим свойствам, достаточной для её установления с помощью имеющихся технических средств.

Инженерно-геофизические работы являются одними из самых эффективных и высокотехнологичных методов изучения геологической среды. Результативность, прежде всего, зависит от грамотной постановки задачи, выбора необходимого комплекса методов геофизики и профессионализма работников.

Основной целью работы является построение преломляющей границы. Для достижения цели нам потребовались данные сейсморазведки МПВ и программный комплекс «RadExPro».

Данная работа является актуальной, так как описанная методика обработки геофизических данных используется в одной из ведущих проектных организаций.

Основные задачи:

- разобраться с основными методами инженерной геофизики;
- ознакомиться с оборудованием необходимым для проведения инженерно-геофизических работ;
- изучить алгоритм работы программного комплекса «RadExPro»;
- построить геологическую границу с помощью программного комплекса «RadExPro».

Выпускная квалификационная работа имеет следующую структуру:

Глава 1. Геолого-геофизическая характеристика района работ;

Глава 2. Основы и методы инженерной геофизики;

Глава 3. Методика работ;

Глава 4. Обработка и интерпретация результатов геофизических работ.

## Основное содержание работы

### Геолого-геофизическая характеристика района работ.

*Геоморфологическая характеристика района работ.* В геоморфологическом отношении Чаяндинское НГКМ находится в пределах геоморфологической области платформенных равнин, плоскогорий и плато останцовыми горами (Приленское плато). Приленское плато, как основная геоморфологическая единица участка располагается на юго-востоке Среднесибирского плоскогорья, в среднем течении реки Лены. Является возвышенной равниной, со средними абсолютными высотами 300 - 600 м. Сложено песчаниками, а также, карбонатными, местами галогенными и гипсоносными палеозойскими породами. Отметки меняются в пределах от 328 м на урезах воды в реках, до 510 м на водоразделах.

В целом рельеф Приленского плато выражен в виде невысоких гряд, расчлененных достаточно густой речной сетью. Из мелких форм рельефа часто встречаются карстовые и термокарстовые воронки, поноры, пещеры, бугры пучения, эрозионные останцы, местами встречаются невысокие уступы.

В долинах крупных рек хорошо выражены поймы, низкие и высокие надпойменные террасы. Примером может служить река Лена, где прослеживается до девяти надпойменных террас. Относительное превышение наиболее высокой табагинской террасы над урезом р. Лены достигает 150 м. Форма долин крупных рек схожа с трапецеидальной. Долины малых рек и ручьев достаточно врезаны, многие имеют V – образную форму.

*Геологическое строение района.* На рассматриваемой территории имеются данные о полном разрезе осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента, полученные из материалов комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:200000.

В строении осадочного чехла участвуют образования кембрия, нижнего ордовика, юрской и четвертичной систем.

**Основы и методы инженерной геофизики.** *Область применения и задачи инженерной геофизики.* Инженерная геофизика является самостоятельным разделом разведочной геофизики, основной задачей которого является изучение верхней части земной коры, с целью обеспечения инженерной и хозяйственной деятельности человека. Глубины изучения инженерной сейсморазведки редко превышают десятки метров.

Основная трудность при изучении верхней части геологического разреза, заключается в его неоднородности. Непрерывно происходит внутреннее и внешнее воздействие множества факторов. В итоге непостоянность состояния приводит к тщательному подходу при изучении, а именно выбору подходящего метода, комплексированию и грамотной интерпретации полученных данных.

Отличительной особенностью инженерно-геофизических исследований являются условия и специфика проводимых работ. Для инженерной геофизики является необходимым изучение состава горных пород, со всеми характерными для них неоднородностями. Последнее время инженерную геофизику все чаще используют для контроля различных операций, выполняемых при строительстве (замораживание, цементация, уплотнение, физико-химическое закрепление).

**Методика работ.** *Задачи работ.* Геофизические исследования на стадии разработки проекта проводились с целью получения материалов и данных для оценки и уточнения инженерно-геологических условий и получения данных для проектирования средств ЭХЗ.

В задачу геофизических исследований входило:

- определение рельефа поверхности скальных пород и мощности перекрывающих их дисперсных грунтов;
- расчленение разреза дисперсных пород на слои различного литолого-петрографического состава, расчленение разреза скальных пород по трещиноватости.

Для решения задач по расчленению разреза дисперсных пород, применялась сейсморазведка МПВ.

*Методики и объемы геофизических работ.* Геофизические работы выполнены по стандартной методике в соответствии с требованиями действующих инструкций. При производстве геофизических работ использовались серийно выпускаемые приборы, аппаратура и инструменты, обеспечивающие устойчивость и надлежащую точность измерений при данных физико-географических и климатических условиях. На всю геофизическую аппаратуру, применяемую при проведении геофизических работ, были представлены сертификаты поверок, соответствия. При выполнении сейсморазведочных работ методом МПВ применялся комплект телеметрической сейсморазведочной системы «ТЕЛСС - 3».

Аналоговый канал регистрации сейсмических данных ТЕЛСС-3 построен на принципиально новом 32-х разрядном аналого-цифровом преобразователе фирмы Texas Instruments, разработанного специально для применения в сейсморегистрирующих системах. Микросхема включает в себя входной усилитель с изменяемым коэффициентом усиления, мультиплексор, позволяющий осуществлять коммутацию сигналов при проведении тестирования и собственно дельта-сигма модулятор с цифровым фильтром. Таким образом, за счет увеличения интеграции удалось уменьшить габариты полевого модуля, повысить надежность системы.

Станция предназначена для производства сейсморазведочных работ методами преломленных и отраженных волн при проведении сейсмических исследований. Станция реализует принцип телеметрии: оцифровка сигнала осуществляется непосредственно в пунктах приема. Оцифровка осуществляется при помощи цифровых модулей, которые соединены между собой косой, содержащей общий цифровой канал на всю расстановку. Один модуль оцифровывает 4 канала: два до модуля и два после. Таким образом, сейсморазведочная система состоит из совокупности цифровых модулей и кос,

соединяющих эти модули. Такая система не имеет ограничений на количество каналов. Зарегистрированный сигнал передается через цифровой интерфейс либо по кабелю, либо при помощи беспроводной сети на компьютер. Компьютер обеспечивает управление цифровыми модулями, последующую обработку информации, отображение результатов. В процессе работы сейсмограммы отображаются на экране компьютера, что позволяет оценивать уровень сигналов и помех, выбирать соответствующее усиление и количество накоплений. Запись сейсмической информации производится на жёсткий диск компьютера в формате SEG-Y. Обслуживание сеймостанции производится одним оператором. Конструкция модулей обеспечивает её надёжную эксплуатацию в жёстких полевых условиях и в широком диапазоне температур.

*Сейсморазведка методом МПВ.* Для решения задач сейсмического микрорайонирования были выполнены работы сейсморазведкой МПВ, с целью получения информации о строении верхней части грунтовой толщи.

При регистрации упругих колебаний использовалась 48 канальная расстановка, длиной 94 м, шаг между сеймоприемниками составлял 2 м. При регистрации продольных волн, возбуждение упругих колебаний производилось ударным способом вертикальным ударом 5–10 кг кувалды на 5 пунктах возбуждения.

**Обработка и интерпретация результатов геофизических работ.** Полевые геофизические материалы содержат количественные значения тех или иных физических параметров поля, сведения об их изменениях в пространстве и во времени, полученные с определенной технической и методической погрешностью. Эти данные часто осложнены помехами (которые, кстати, могут представлять самостоятельный интерес):

- природными (вариации полей вследствие разной космической, солнечной и земной активности, неоднородности поверхностных геологических образований, наложения аномальных физических полей от геологических

неоднородностей или полезных ископаемых, расположенных на разных глубинах);

- техногенными (электромагнитными, тепловыми, упругими, радиоактивными).

Выделение из наблюдаемых полей, осложненных множеством помех, нормальных и получение аномальных полей – сложная техническая и вычислительная проблема. Она решается в ходе обработки, как правило, компьютерных материалов с помощью разных физико-математических приемов выделения полезной информации на фоне помех и трансформации ее в разнообразные аномальные параметры.

Интерпретация материалов геофизических исследований основывается на решении так называемых прямых и обратных задач.

Под прямыми задачами понимают нахождение элементов поля для заданной модели геологической среды при детерминированном положении источников поля. Строгие решения возможны для ограниченного набора моделей, которыми аппроксимируются те или иные характерные геологические структуры и геологические тела. Простейшие модели – это плоский контакт между горными породами с различными физическими свойствами, слоистые геологические тела, тела в виде сферы и другое.

Обратную геофизическую задачу можно сформулировать следующим образом: в результате измерений становится известным пространственное распределение элементов того или иного поля, необходимо воссоздать модель геологической среды.

*Обработка полученного материала.* Окончательная обработка и интерпретация полевых материалов геофизических исследований проводилась в камеральной группе. Обработка сейсморазведочных данных методом переломленных волн проводилась в программном комплексе «RadExPro» (разработчик – ООО «Деко-Геофизика СК», РФ).

Обработка данных производилась следующим образом:

- ввод данных в систему;
- введение геометрии в сейсмические трассы;
- скоростной анализ;
- фиксирование первых возбуждений (пикировка);
- загрузка годографов в модуль программы Easy Refraction;
- построение преломляющей границы.

Для улучшения качества сейсмических записей на различных стадиях обработки проводились дополнительные процедуры повышения соотношения сигнал/помеха: частотная фильтрация, автоматическая регулировка усиления (АРУ). Интерпретация проводилась на протяжении всего периода работ, по мере обработки полевого материала и исходных геологических данных.

*Изображение системы наблюдений на карте-схеме.* Для того, чтобы интерпретационная часть программы работала, необходимо ввести в нее параметры системы наблюдений, в результате чего профиль со всеми пунктами возбуждения (ПВ) будет изображен на карте-схеме района работ “Area”. В последующем, каждая сейсмограмма (а также соответствующие годографы и результаты вычислений) должны быть привязаны к этим ПВ. На карте можно изобразить и другие профили, однако, совместная обработка данных разных профилей и интерпретация данных в плане не предусмотрено. Поэтому, взаимное расположение профилей на карте носит лишь формальный характер. Тем не менее, при обработке данных площадных наблюдений рекомендуется располагать профили в плане, так как есть, чтобы легче ориентироваться при последующей обработке результатов.

*Ввод сейсмограмм в программный комплекс.* Для каждой сейсмограммы с определенного ПВ создается свой поток “Flow”, первой процедурой в котором должно быть чтение сейсмограммы **Data Input**. Обязательно надо связать сейсмограмму (файл) с уже определенным в “Area” ПВ, в противном случае годограф, построенный по этой сейсмограмме, не сможет участвовать в интерпретации. Для этого в меню “**Input Data**” щелчком левой клавиши мыши по кнопке “**Source**” входим в подменю и выбираем соответствующий источник



возбуждения. Следует правильно указать также шаг наблюдений и число трасс. Другая обязательная процедура – **Screen Display**. В данной процедуре выбираем удобные для корреляции волн масштабы изображения трасс и коэффициенты усиления. И можно приступить к корреляции (пикированию) волн.

*Корреляция волн и построение годографов.* Щелкнув по пункту меню **“Run”** в окне потока *“Flow”*, с выбранными и настроенными процедурами-модулями обработки Вы попадаете в окно изображения сейсмограммы, где можно производить корреляцию волн (пикирование, построение годографов) . Для этого войдите в пункт меню **“Tools/ Pick”** и щелкните по пункту **“New pick”**. Далее можно пикировать вступления или экстремумы волн. Пикировать можно вручную **“Hand pick”** – пикировать вступления волн по каждой трассе вручную, или можно пикировать в полуавтоматическом режиме **“Auto fill”**, когда программа автоматически прослеживает волны по заданному признаку между двумя пикировками интерпретатора. Режим пикировки задается во всплывающем окне меню **“Tools” - “Pick” – “Picking mode”** (подробнее см. соответствующий раздел основной части руководства). Пикировка осуществляется щелчком левой клавиши мыши при подведенном в выбранную точку маркера – в указанной точке появится крестик. Повторный щелчок левой клавишей в пределах той же трассы передвигает крестик в новое место, щелчок в пределах новой трассы поставит новый крестик. Ошибочно поставленный крестик можно убрать двойным щелчком правой клавиши мыши, или можно нажать по правой клавише мыши при подведенном к этому крестику маркеру, и передвинуть ее по данной же трассе в точку с другим временем. Полностью удалить неудачный годограф можно простым нажатием на клавишу **“Delete”**. Когда пикировка закончена, годограф нужно сохранить в базе данных программы – войдите в пункт меню **Tools-Pick-Save**. Годограф должен сохраняться в директории (в базе данных программы), соответствующем текущему потоку (следовательно, и определенному ПВ). В принципе, годограф можно сохранить и в любом другом директории, но тогда при интерпретации

данных он будет считаться полученным с того ПВ, где сохранен. Поэтому так можно делать лишь с целью достижения определенных эффектов. В программе предусмотрена также возможность сохранения годографов в виде текстовых файлов для последующего использования их в других интерпретационных программах (**Tools - Pick – Export pick**). По одной сейсмограмме можно пикировать сколько угодно годографов, естественно, сохранить их нужно под разными именами, желательно хорошо продуманными, чтобы в последующем не запутаться.

*Определение скоростей и построение преломляющей границы с помощью модуля Easy refraction, с последующей интерпретацией.* Модуль позволяет обрабатывать годографы первых вступлений и строить преломляющие границы методом  $t_0$  (Reciprocal method). Внешний вид модуля разделен на две основные секции – работа с годографами (Time curve selection) и работа с моделью среды (Model section).

Панель работы с годографами разделена на две части – непосредственно окно, в котором происходит работа с годографами и дерево, содержащее все загруженные годографы. В дереве загруженные годографы группируются по номерам пунктов возбуждения.

Панель работы с моделью также разделена на две части – окно, в котором отображаются преломляющие границы, рельеф дневной поверхности, скорости распространения волн и дерево в котором отображаются все построенные преломляющие границы.

Окно работы с годографами и окно работы с моделью синхронизированы по координате X таким образом, что изменение масштаба или панорамирование одного из окна приводят к аналогичным изменениям в другом.

В дереве объектов годографы и преломляющие границы отображаются в виде чекбоксов. Если в чекбоксе стоит метка, то соответствующий годограф/граница отображаются в текущий момент на экране, а если не стоит – то не отображается.

Окно работы с годографами разделено на две части – непосредственно окно в котором отображаются годографы и дерево, содержащее все загруженные годографы. В дереве загруженные годографы относятся к своему пункту возбуждения.

Окно работы с моделью содержит дерево, содержащее все построенные преломляющие границы.

В модуле реализовано два режима выделения годографа – левой и правой кнопкой мыши, при выделении годограф окрашивается в красный и синий цвет, соответственно. В случае, если выделены два годографа и они имеют взаимные точки, то на экране двумя прицелами отображается время взаимной точки, определенное по красному годографу. Также в нижнем статус баре отображается значение разности времен во взаимных точках.

В строке состояния главного окна модуля Easy refraction отображается общее количество загруженных годографов, координаты X и Y текущего положения курсора, а также разница взаимных времен двух выделенных годографов (в случае, если выделенные годографы имеют взаимные точки).

*Загрузка пикировок в модуль Easy Refraction.* При нажатии пункта меню Load from RadExPro DB открывается диалоговое окно загрузки пикировок. Для работы в модуле Easy refraction годографы первых вступлений должны быть сохранены с правильно заполненными заголовками SOU\_X и REC\_X.

*Выделение преломляющей границы.* Следующим шагом необходимо выделить границу преломления на загруженных пикировках. Выделение границы преломления производится цветом.

*Построение преломляющей границы с последующей интерпретацией.* После выделения границы преломления на загруженных пикировках нажимаем кнопку “Automatic inversion” и программа автоматически строит границу.

В результате мы получили информацию о строении верхней части грунтовой толщи исследуемого участка. Нам удалось определить преломляющую границу и мощности вышележащих дисперсных грунтов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, инженерная геофизика отличается от других разделов геофизики как предметом исследований, так и способами исследований. Сформулированное в данной дипломной работе назначение инженерной геофизики дает основание рассматривать ее в качестве науки, призванной изучать верхнюю часть литосферы как среду обитания человека. При этом речь идет о выяснении особенностей залегания геологических тел и определении их свойств, а также свойств и состояния массивов горных пород и грунтовых толщ со всеми присущими им неоднородностями.

Основная цель работы, построение поверхности скальных пород, была достигнута. Для достижения цели нам потребовались данные сейсморазведки МПВ и программный комплекс «RadExPro».

Так же в ходе работы были выполнены следующие задачи:

- разобрались с основными методами инженерной геофизики;
- ознакомились с оборудованием необходимым для проведения инженерно-геофизических работ;
- изучили алгоритм работы программного комплекса «RadExPro»;
- построили геологическую границу с помощью программного комплекса «RadExPro».

В качестве основания для работы был взят материал, собранный при прохождении производственной практики в организации ПАО «ВНИПИгаздобыча». Инженерные геофизические работы проводились в восточной части России на Чаяндинском НГКМ.