

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра геофизики

**«Методика и результаты построения скоростной модели среды по
данным ВСП скважины 356-3П Хоронохского участка»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направления 21.03.01 нефтегазовое дело
профиль «геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического ф-та
Круглова Ивана Александровича

Научный руководитель

к.ф.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

к.ф.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2023

Введение. Цель выпускной квалификационной работы – рассказать об эффективности и актуальности метода ВСП на примере скважины №356-3П. Данная цель предполагает решение следующих задач: Получение скоростной характеристики разреза для продольных и поперечных волн, обоснования привязки сейсмических отражений, изучение околоскважинного пространства. Четыре пункта возбуждения (один ближний и три дальних ПВ) в обсаженной скважине. Шаг измерения по стволу скважины 10м. Интервал исследования 1720-10м.

Источник возбуждения: группа (2шт) невзрывных пневматических источников «Малыш» объемом 2.2 литра, размещенных в шурфах на глубине 1 метр.

Производственные наблюдения велись по стандартной методике при подъеме зонда. Каждый ПВ отрабатывался за отдельную спуско-подъемную операцию.

Поисково – разведочная скважина №356-3П Визиренского ЛУ наклонная

Наземная регистрирующая аппаратура – комплекс модульной цифровой скважинной аппаратуры АМЦ-ВСП-3-48М серии №51 с дополнительным модулем гамма-каротажа ГК-ВСП.

Бакалаврская работа: 61 страница 10 источников

Тема: Методика и результаты построения скоростной модели среды по данным ВСП скважины 356-3П Хоронохского участка.

Структура работы: Введение, краткая геолого-геофизическая характеристика, теоретические основы ВСП, Сейсмокартотажные работы ВСП. Получение скоростной характеристики разреза для продольных и поперечных волн, заключение.

Предмет исследования: скв.356-3П и ее скоростная модель среды

Метод исследования: Вертикальное Сейсмическое Профилирование, получение скоростной характеристики с использованием 4 пунктов возбуждения на примере скв. 356-3П Хоронохского участка.

Целью является показать эффективность и актуальность метода ВСП

Задачами являются:

- Определение скоростной характеристики изучаемого разреза
- Изучение околоскважинного пространства
- Обоснование привязки сейсмических отражений

Поставленные цели достигаются решением следующих задач:

Изучение краткой геолого-геофизической характеристики участка работ, а именно:

- Изучение геолого-геофизической характеристики
- Рассмотрение геолого-геофизической изученности района работ (проводимые ранее исследования на участке)
- Изучение литолого-стратиграфической характеристики района работ
- Изучение тектоники района работ
- Изучение нефтегазоносности района работ

Основное содержание работы. Рассмотрение теоретических основ ВСП также является важнейшей задачей данной бакалаврской работы. Данная задача подразумевает под собой:

- Рассмотрение основных положений распространения сейсмических волн, т.е.
 1. Знание процесса распространения сейсмических волн в реальных средах.
 2. Способы анализа сложных волновых полей.
 3. Типы и параметры используемых волн
- Изучение особенностей ВСП
- Изучение особенности технологии приема колебаний
- Рассмотрение метода ВСП с источником у устья скважины (50-150м)
- Рассмотрение аппаратуры и технологии работ ВСП

- Рассмотрение организации работ ВСП
- Рассмотрение методики и скоростной характеристики для продольных и поперечных волн
- Интерпретация результатов ВСП

Основное содержание работы:

В административном отношении участок, где пробурена скважина № 356-3П Хоронохская, находится на юге Хоронохского участка, который в свою очередь находится на западе Республики Саха (Якутия) в пределах Ленского района. В орографическом отношении рассматриваемая территория расположена в пределах Приленского структурно-денудационного плато Среднесибирского плоскогорья. Рельеф местности представляет собой холмисто-грядовую поверхность с преобладанием основных водораздельных гряд северо-восточного простирания, имеющих плоскую или округлую форму. Склоны пологие и обрывистые. Абсолютные отметки рельефа составляют 200-470 м, относительные превышения достигают 100-150 м местами и более. Климат района резко континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха. Абсолютный минимум составляет -61°C , а самая высокая температура $+35^{\circ}\text{C}$. Разность температур самого холодного и самого тёплого месяцев достигает $45-65^{\circ}\text{C}$. Значительные низкие температуры воздуха способствуют образованию островной многолетней мерзлоты. Снежный покров образуется в первой половине октября и сохраняется в течение 220–250 дней, высота его к концу зимы достигает 60–90 см.

К настоящему времени на территории Хоронохского участка выполнен обширный комплекс геолого-геофизических исследований: геологическая съемка различного масштаба, гравиметрические, аэромагнитные, электроразведочные и сейсморазведочные работы.

Испытания пластов подсолевого комплекса проведены практически во всех скважинах Хоронохского участка. В Нижнепеледуйской скв. 753 установлено

опрокинутое залегание подсолевого карбонатного комплекса, а в хамакинском горизонте выделены водонасыщенные коллекторы с эффективной толщиной 5.2 м

Согласно тектонической карте нефтегазоносных провинций Сибирской платформы, разработанной и изданной коллективом авторов СНИИГГиМС под руководством В. С. Старосельцева в 2001 г; участок исследований расположен на юго-западе Сибирской платформы в районе юго-восточного борта Непско-Ботуобинской антеклизы – Непского свода, а, судя по сдвоенному разрезу скважины 356-3П, она находится уже в пределах Предпатомского регионального прогиба.

Непско-Ботуобинская антеклиза и Предпатомский региональный прогиб относятся к надпорядковым структурам в составе Сибирской платформы и, в свою очередь, осложнены рядом более мелких структур I и II порядков. Непско-Ботуобинскую антеклизу, осложняют Непский свод и Мирнинский выступ, а Предпатомский прогиб – Нюйско-Джербинская и Березовская впадины.

Согласно карте нефтегазоносности сибирской платформы, исследуемый участок работ расположен вблизи зоны сочленения Предпатомской и Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НГО) Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Скважина 356-3П, вскрывшая сдвоенный разрез – отложения автохтона и аллохтона, представляет нефтегазоносность Предпатомской НГО.

В осадочных образованиях Предпатомского бассейна выделяют четыре мегарезервуара: рифейский, ниже-вендский, выше-вендско-нижнекембрийский и кембрийский, которые (за исключением рифейского) экранируются соответственно верхненепским, вышеусольским и средневерхнекембрийским флюидоупорами.

Знание процесса распространения сейсмических волн в реальных средах. В реальных средах распространение сейсмических волн

характеризуется различными типами волн, обширными зонами интерференции волн.

Чем детальнее исследование, тем более разнородной предстает перед нами среда, соответственно картина волн в таком случае также будет более сложной.

Таким образом, теоретическая изученность процессов распространения волн не дает должных результатов и ответа на практике.

В значительной степени исследования распространения волн проводились именно с поверхности, а данных, полученных таким способом, было недостаточно. Все вышеперечисленные факторы привели к развитию наблюдений во внутренних точках среды, т.е. в скважинах, и в конечном счете к созданию метода вертикального сейсмопрофилирования (ВСП).

При решении различных задач возможности сейсмических наблюдений зависят от направленности линий наблюдения по отношению к неоднородностям разреза. Однако для изучения процесса распространения сейсмических волн, определения их природы, стратиграфической привязки, изучения отражающих и поглощающих свойств разреза благоприятными являются наблюдения по линии пересекающие неоднородности разреза. Для горизонтального и полого залегания такой линией является вертикаль

ВСП позволяет наблюдать и изучать процесс образования и распространения сейсмических волн в реальной среде и формирование волнового поля, все это позволяет нам расчленять волновое поле на поля отдельных волн и получать более полные сведения о среде, например, мы можем проследить, как из короткого импульса рождается волновое поле.

При наблюдениях по вертикали мы имеем отличные от наземных исследований характеристики (как динамические, так и кинематические) волн, а также сами области существования волн. Поэтому при ВСП сами характеристики волн часто являются надежным критерием распознавания типов волн.

Для успешной регистрации упругих колебаний по профилю внутри среды необходимо создать плотный контакт сейсмоприемников с вмещающей горной породой. С этой целью сконструированы специальные прижимные устройства, которые отличаются по своей форме, силе прижима, управлению с поверхности земли, например, прижимы рессорного типа для работы в обсадной колонне. В условиях неустойчивой терригенной верхней части разреза для сцепления сейсмоприемников с вмещающей горной породой применяют контактные смеси, включающие песок, шлам, которые засыпаются в скважину после размещения в ней гирлянды приборов.

Продольное вертикальное сейсмическое профилирование с вертикальной траекторией лучей является системой наблюдений, в которой источник колебаний располагается вблизи (50–150 м) устья скважины. Данная система наиболее эффективна для изучения структуры волновых полей в реальных средах. В ВСП источник колебаний подобен источнику в наземной системе наблюдений, а пункты приема находятся на вертикальном профиле и разделяют изучаемую среду относительно координат этих пунктов на две части – покрывающую и подстилающую толщи. Такое расположение сейсмоприемника внутри среды определяет главную особенность волнового поля сейсморазведки ВСП в пределах одной сейсмограммы регистрируются две разделенные по знаку кажущей скорости группы волн: проходящие к скважинному прибору от наземного источника и границ раздела покрывающей толщи сверху (падающие вниз) и от глубинных границ раздела снизу (восходящие вверх). Падающие вниз волны образуются как отраженные от земной поверхности, других границ раздела верхней части разреза и занимают существенное место в общей структуре волнового поля сейсмограммы ВСП.

В целом структура сейсмической записи на ВСП с ближнего пункта взрыва является благоприятной для отдельного прослеживания и определения траекторий различных типов волн. Это обстоятельство

позволяет использовать данную систему наблюдений ВСП для решения разнообразных задач. Например, данные продольных ВСП применяются для разработки методики синтеза систем МОГТ, регионального изучения глубинных отложений и поверхности кристаллического фундамента.

Цифровая регистрирующая аппаратура, применяемая для работ в скважинах, похожа на стандартную сейсмостанцию. Основное отличие, определяющее сложность цифровой аппаратуры ВСП, заключается в том, что основные блоки аппаратуры располагаются в скважине и должны работать при высоких температурах. Скважинная сейсмостанция состоит из двух частей, наземного блока и блока скважинных приборов [4]. В верхней части прибора расположен электромотор и редуктор, обеспечивающие работу прижимного механизма. Капсула с сейсмоприемниками и электронные схемы приборов, расположены в нижней части зонда. В современных конструкциях прибора капсула с сейсмоприемниками смонтирована в середине модуля.

Схема наблюдений ВСП, как и в обычной сейсморазведке, определяется положением пунктов возбуждения (ПВ) и расстановкой пунктов приема (ПП). Для стандартной технологии ВСП приемная расстановка расположена в скважине и смещается по вертикали, занимая различные положения по глубине. Возбуждение сейсмического сигнала происходит с поверхности Земли и может осуществляться различными типами источников. Расположение ПВ на расстоянии близком от устья глубокой скважины (50-100 метров) характерно для стандартного ВСП.

Минимальный шаг между пунктами приема обычно равен расстоянию между регистрирующими модулями в скважинном зонде (10-20 метров).

Смещения зонда по скважине определяется конструкцией скважинного зонда и техническими требованиями на проведение работ. Часто приборы смещается на расстояние равное длине скважинного зонда, так чтобы при

соседних стоянках одна точка двух расстановок повторялась при двух различных взрывах

Длина записи. Время прихода полезной отраженной волны зависит от скоростной характеристики среды и положения точки регистрации в скважине. Наибольшие времена прихода полезных отраженных волн регистрируются в том случае, когда сейсмоприемник расположен около поверхности Земли. При стандартных работах ВСП время регистрации не превышает длину записи наземной сейсморазведки. Иногда при работах ВСП стоит задача изучения поперечных волн, скорости которых приблизительно в 1.4 раза ниже, чем скорости продольных волн. В таком случае может потребоваться увеличение длины записи.

Шаг дискретизации. Обычно шаг дискретизации полевой аппаратуры согласовывается с частотным диапазоном сейсмического сигнала. Для наземных сейсмических работ шаг дискретизации выбирается равным 1, 2 или 4 м/сек. Для скважинной аппаратуры простота и стабильность электронных схем скважинных приборов является определяющей. Поэтому для цифровой скважинной регистрирующей аппаратуры шаг дискретизации записи может не быть кратным 1 м/сек. Для расширения частотного диапазона записи стараются использовать минимально допустимый шаг дискретизации.

Скважинный сейсмический зонд обычно состоит из 3 - 4 приборов, смонтированных друг за другом. Количество скважинных модулей в одном зонде определяет технологию спускоподъемных операций на устье скважины. Вес приборов и межприборных перемычек не позволяет спускать в скважину более 3-4-х приборов без использования специальных подъемных механизмов. Существуют ограничения на пропускную способность каротажного кабеля.

Полевые сейсмокаротажные работы ВСП выполнены одним отрядом в соответствии с геолого-техническим заданием по разработанной методике.

В качестве регистрирующей аппаратуры на скважине № 356-3П Хоронохская применялся комплекс модульной цифровой аппаратуры для сейсмических скважинных исследований АМЦ-ВСП-3-48М.

Технологическое программное обеспечение аппаратуры осуществляет взаимодействие всех частей аппаратуры, контролирует исправное функционирование и метрологические показатели скважинных модулей, управляет технологическими операциями подготовки и проведения сбора данных, осуществляет контроль, препроцессинг и визуализацию данных, а также переформатирование исходных данных в стандартные форматы.

Цифровая обработка материалов ВСП выполнена на рабочей станции RISC 6000 с использованием пакета программ ProMAX VSP и на PC QuadCoreIntel по программе Визуального Интерактивного 2D моделирования сейсмических горизонтов (VimSeis). Обработка записей ВСП опиралась на граф обработки, являющийся базовым при обработке данных из ближнего и дальних ПВ.

В результате обработки материалов ВСП с ближнего пункта возбуждения построена скоростная модель разреза скважины. На планшете, иллюстрирующем кинематические характеристики разреза, приведены стратиграфические разбивки, кривые ГИС, вертикальные годографы продольной и поперечной волн, графики средней ($V_{ср}$), пластовых ($V_{пл}$) и интервальных рассчитанных по акустике скоростей. Уровень приведения соответствует альтитуде стола ротора и равен 472.66 м.

Пластовые скорости распространения продольных и поперечных волн были получены путем решения обратной кинематической задачи, по годографам падающих продольных и поперечных волн. При определении скоростей учитывалось преломление на границах горизонтально-слоистой

среды. Границы пластов выделялись с учетом интерпретации промыслово-геофизических материалов, точек излома годографа падающей продольной волны и наличия значимых отражений на сейсмограмме ВСП. Детальность расчленения разреза на интервалы по данным ВСП, в которых можно оценить кинематические и динамические параметры волн, существенным образом зависит от шага наблюдения по глубине. Известно, что для достоверной оценки скоростей разных типов волн в изучаемом интервале разреза количество измерений в нем должно быть не менее 3-5 и величина приращений времен регистрации волн в данном интервале должна быть не менее $(3-5) dT$, где dT - шаг дискретизации. Наблюдения ВСП на скважине № 356-3П выполнялись с шагом 10 м, шаг дискретизации – 1мс, минимальная величина интервалов, для которых определялась скорость, составляла 30 м. .

Интервальные скорости рассчитаны по данным ВСП и акустического каротажа. Уровень пластовых скоростей в целом по скважине сопоставим с уровнем средних значений интервальных скоростей, определённых разными методами.

Заключение. Выводы по разделам:

1) К настоящему времени на территории Хоронохского участка выполнен обширный комплекс геолого-геофизических исследований: геологическая съемка различного масштаба, гравиметрические, аэромагнитные, электроразведочные и сейсморазведочные работы. В общих чертах изучен литологический состав и структурно-тектонические особенности верхней части разреза осадочного чехла.

2) Знание процесса распространения сейсмических волн в реальных средах. В реальных средах распространение сейсмических волн характеризуется различными типами волн, обширными зонами интерференции волн.

Чем детальнее исследование, тем более разнородной предстает перед нами среда, соответственно картина волн в таком случае также будет более сложной.

3) Цифровая обработка материалов ВСП выполнена на рабочей станции RISC 6000 с использованием пакета программ ProMAX VSP и на PC QuadCoreIntel по программе Визуального Интерактивного 2D моделирования сейсмических горизонтов (VimSeis).

Обработка записей ВСП опиралась на граф обработки, являющийся базовым при обработке данных из ближнего и дальних ПВ. В результате обработки материалов ВСП с ближнего пункта возбуждения построена скоростная модель разреза скважины.