

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

Кафедра геофизики

**Метод сейсмической локации бокового обзора при решении задач поиска и
разведки месторождений углеводородов**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
Профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Белоуса Евгения Дмитриевича

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

дата, подпись

С.И. Михеев

Заведующий кафедрой
К. г.- м.н., доцент

дата, подпись

Е.Н. Волкова

Саратов 2020 год

Введение. Выпускная квалификационная работа посвящена проблеме повышения информативности данных сейсморазведки методом отражённой глубинной точки (МОГТ). Данный метод вследствие высокой детальности и точности построений является ведущим в комплексе геологоразведочных работ на нефть и газ. Поэтому совершенствование и оптимизация технологии МОГТ имеет большое народнохозяйственное значение, так как позволяет значительно сократить материальные затраты на выявление новых месторождений углеводородного сырья, повысить надежность подготовки структур к глубокому бурению, сосредоточить поисково-разведочные работы на наиболее важных направлениях. Основная цель бакалаврской работы заключалась в анализе результатов полевых испытаний принципиально новой технологии, названной сейсмической локацией бокового обзора (СЛБО). Данная технология, в отличие от наиболее распространенной технологии МОГТ, основана на применении не отраженных, а рассеянных волн. Если в МОГТ рассеянные волны рассматриваются как помехи, то в СЛБО их регистрируют и используют как источник дополнительной информации о строении и свойствах разреза. Физической основой СЛБО является свойство нефтегазовых пластов переизлучать энергию падающих волн в виде рассеянных волн. Технология СЛБО является инновационной российской разработкой (создана в ООО "Геоакустик" и ФГУП ГНЦ РФ "ВНИИгеосистем", Москва, 2010 г.), характеризуется существенной новизной, отражена в опубликованных источниках в незначительных объемах. Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие частные задачи: 1) собрать, систематизировать и проанализировать опубликованные данные о сейсмическом локаторе бокового обзора. На этой основе выявить преимущества и недостатки СЛБО; 2) собрать, обобщить и проанализировать архивные геолого-геофизические данные о геологическом строении территории проведения опытно-методических работ по испытанию СЛБО; 3) собрать, систематизировать, проанализировать и описать результаты полевых экспериментов с применением технологии СЛБО. Выпускная

квалификационная работа написана по материалам, собранным в АО «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики» и в Саратовском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»).

Количество разделов : 2

1. Общие сведения о технологии СЛБО –СЛОНГ.
2. Оценка возможностей использования СЛБО и СЛОНГ для прогнозирования трещинных коллекторов в отложениях доманикоидного типа на территории Бузулукской впадины.

Основное содержание работы. Технология «Сейсмический локатор бокового обзора (СЛБО)» создана в 1990 г. специально для изучения трещиноватости геологической среды на нефтегазовых месторождениях. Технология СЛБО отличается от стандартных тем, что используются рассеянные сейсмические волны, ранее не применявшиеся в сейсморазведке. Рассеянные волны (РВ) являются прямым индикатором трещиноватости геосреды, а энергия сейсмических сигналов этих волн отождествляется с интенсивностью открытой трещиноватости геосреды в области 1-й зоны Френеля. История разработки СЛБО связана с возникшей в 1980-х годах потребностью в технологии полевых геофизических исследований для оперативного обнаружения локальных зон трещиноватости, образующихся в массиве горных пород в результате проведения сверхмощных подземных взрывов в скважинах и штольнях. В те годы не только сейсморазведка, но и в целом полевая геофизика и геохимия, включая и аэрокосмические методы, не позволяли с достаточной достоверностью и, главное, точностью пространственно локализовать зоны аномально высокой трещиноватости на площадях в десятки и сотни кв. км и до глубин 3-4 км. Авторы убедились в этом, проведя в 1989-1991 гг. широкомасштабные комплексные полевые исследования на тестовых объектах (полигонах), где ранее были выполнены сверхмощные взрывы в скважинах.

Поэтому для решения поставленных задач нами был выбран принципиально новый подход к изучению геосреды, основанный, во-первых, на использовании сейсмических рассеянных волн, образующихся на ансамблях открытых трещин, и, во-вторых, на принципе бокового обзора нижнего полупространства, применяемого в радиолокации на самолетах и спутниках, и гидролокаторах на морских судах и т.п. Физико-геологические основы СЛБО. В регистрируемом сейсмическом волновом поле, искусственно возбужденном с дневной поверхности, присутствует большое количество разнообразных типов упругих волн: преломленных, отраженных, поверхностных, рефрагированных, дифрагированных, рассеянных, обменных и т.д. Их образование связано с тремя основными физическими явлениями, сопутствующими распространению упругой волны в горной среде: преломлением, отражением и $P \leftrightarrow S$ -обменом. При решении традиционных геологических задач отражение волн на границе пластов является наиболее важным свойством геосреды, так как порождаемые при этом отраженные волны считаются наиболее информативными. Методика наблюдения СЛБО во многом отличается от стандартных сейсморазведочных наблюдений методом ОГТ, проводимых в модификации 2D и 3D. Это отличие обусловлено рассмотренными выше условиями формирования зеркально-отраженных и рассеянных волн. Кинематические и динамические особенности рассеянных волн определяют основные методические требования при выполнении полевых наблюдений. Наиболее важными из них являются: 1) возможность выделения энергетически слабых рассеянных волн в общем сейсмическом волновом поле за счет супервысокой кратности синфазного накопления (суммирования) сейсмических сигналов рассеянных волн; 2) максимально возможное разделение по кинематическим параметрам интенсивных зеркально-отраженных волн и слабых рассеянных волн за счет наиболее эффективного подавления первых и выделения вторых; 3) изучение каждой точки исследуемого объема с различных направлений луча обзора. Схема наблюдения в методе СЛБО отличается от стандартно используемых профильных (2D) или площадных (3D) наблюдений МОГТ. Основной

особенностью наблюдений СЛБО является то, что на дневной поверхности создают схему двухпозиционного локатора, состоящую из площадных систем (антенн) излучения и приема, так называемых апертур излучения (АИ) и приема (АП), которые располагают за пределами площади обзора на определенных удалениях от нее. Этап подготовки геолого-геофизической информации включает следующие виды обработки материалов :1) анализ скоростной характеристики разреза; 2) расчет статических поправок в пункты излучения и приема СЛБО осуществляют по материалам специального изучения ЗМС; 3) расчет коэффициентов для учета эффекта преломления луча обзора; 4) Оцифровка структурных карт целевых горизонтов для представления латерального распределения трещиноватости в продуктивных отложениях. Геологическое истолкование или интерпретация данных СЛБО является завершающим этапом исследований, выполняемых для решения прикладных геологических задач. Как в целом для геофизических исследований, так и для СЛБО «геологическая интерпретация» не является достаточно формализованной процедурой по сравнению с предыдущими - наблюдением и обработкой. Данный этап исследования является творческим, и в этом процессе реализуются субъективные знания специалистов в области физики, геологии и смежных науках. Поэтому получаемые решения геологических задач носят вероятностный характер и зачастую являются многовариантными, в связи с чем все развитие прикладной геофизики (аппаратурное, методическое и т.п.) направлено на повышение геологической эффективности и, в первую очередь, на повышение достоверности результатов исследований. Выводы и заключения об использовании СЛБО для решения задач поисков и разведки месторождений нефти и газа. Обобщение вышеприведенной и другой, содержащейся в известных публикациях информации, ее содержательный анализ позволяет, по мнению автора настоящей квалификационной работы, сделать следующие выводы и заключения. Проведение геологоразведочных работ только методом СЛБО как самостоятельным методом исследований не целесообразно по ряду

объективных причин. Последние можно разделить на две группы: 1) методические, связанные с несовершенством технологии и возможностью получить малодостоверные данные; 2) геологические, связанные с односторонним анализом свойств изучаемых интервалов разреза и локальных объектов. Остановимся далее на краткой характеристике сформированных групп. Методические. Получению надежных данных с помощью технологии СЛБО препятствуют следующие факторы: используемые в технологии рассеянные волны имеют очень низкую энергию по сравнению с обычно применяемыми в практике геологоразведочных работ зеркально отраженными волнами, проигрывая по этому показателю на один-два порядка. «Амплитудная невыразительность» этих волн значительно затрудняет надежность их выделения и анализа, тем более, на фоне значительно превосходящих их по энергии отраженных волн; энергия сейсмических сигналов рассеянных волн отождествляется с интенсивностью открытой трещиноватости в области 1-ой зоны Френеля. Размер этой зоны при решении нефтегазоперспективных работ достигает нескольких километров, то есть разрешенность получаемых данных низкая, что снижает их практическую значимость. Данные СЛБО искажаются большим количеством волн-помех различной природы: волны сейсмической эмиссии, глубинные техногенные шумы и т.п. Искажающее влияние указанных и других помех на данные СЛБО с очевидностью велико, но, в отличие от общепринятых технологий, особенности их проявления в результатах прогнозных построений не изучены; при рассмотрении теоретических основ СЛБО игнорируется такой очевидный искажающий фактор как многократное рассеяние, значительно усложняющий геологическую интерпретацию наблюдаемого поля рассеянных волн; для достижения надежных результатов необходимо расставлять источники и приемники на участках с относительно ровным рельефом и однородной зоной малых скоростей. На практике найти такие участки проблематично. Геологические. авторами технологии трещиноватость пород рассматривается односторонне исключительно как фактор, повышающий оценку нефтегазоперспективности изучаемых интервалов

разреза и локальных объектов. Между тем, повышенная трещиноватость пород может приводить к разрушению залежи из-за создания условий для миграции углеводородов в перекрывающие интервалы разреза, в частности, из-за ухудшения свойств покрышек. Поэтому, не отрицая в целом актуальность изучения трещиноватости при поиске, разведке и разработке месторождений углеводородного сырья все же укажем, что более значимой является проблема прогноза характера флюидонасыщения пород которая решается другими методами. Наиболее эффективной среди них является пространственная сейсморазведка МОГТ – 3D; СЛБО разработан специально для выделения и определения мест возникновения зон повышенной открытой трещиноватости. В результате полученные с его помощью данные имеют односторонний характер и содержат лишь одну оценку свойств пород - трещиноватость. Краткая геолого-геофизическая характеристика территории исследований. Ключевский и Солдатовский участки, где проводились сейсмические работы, расположены в пределах Кулешовско-Бобровско-Покровской зоны поднятий Бузулукской впадины (юго-восточный склон Волго-Уральской антеклизы). Бузулукская впадина представляет собой сложную отрицательную структуру округлой формы, внедрившуюся в юго-восточный склон Волго-Уральской антеклизы со стороны глубокопогруженной Прикаспийской синеклизы. Непосредственно в пределах участка залежи нефти и газа приурочены к девонским, каменноугольным и пермским отложениям. В них выделяется 8 нефтегазоносных комплексов (НГК): эмско-нижнефранский терригенный (I), среднефранско-турнейский карбонатный (II), верхнетурнейско визейский терригенный (III), верхневизейско-башкирский карбонатный (IV), верейский терригенно-карбонатный (V), средне-верхнекаменноугольный карбонатный (VI), нижнепермский терригенно-карбонатный (VII) и верхнепермский карбонатный (VIII). Тип залежей преимущественно пластово-сводовые и массивные. В качестве перспективных на территории работ выделяется 2 верхнепротерозойских нефтегазоносных комплекса, включающих отложения рифея (боровская и леонидовская свиты) и венда (каировская и

шкаповская свиты) т.к в этих горизонтах прослеживается наличие отложений доманикового типа. Отложения доманикового типа развиты в Бузулукской впадине почти на всей ее территории. Зона максимального развития этих отложений связана с осевой частью Камско-Кинельской системы прогибов. Максимальный интервал их развития составляет от саргаевского горизонта до турнейского яруса включительно. Анализ геологической и геофизической (ГИС) информации Мухано-Ероховского прогиба (МЕП) в части, к которой относятся участки исследований позволил ранее специалистам ФГУП «ВНИГНИ» выделить зоны с различным строением разреза и распределением в нём отложений доманикового типа : зона развития доманиковых фаций в верхнем девоне и турне; зона развития доманиковых фаций во франском ярусе и доманикоидов в фамене и турне. Толщи пород, включающие отложения доманикового типа, представляют собой сложное, часто линзовидное, тонкое (1-20 см) переслаивание доманикитов, доманикоидов и небитуминозных пород. Пачки, сложенные таким переслаиванием, имеют мощность от первых метров до 50-60 м. В их составе выделяется три группы литотипов, различающихся по текстуре, по содержанию Сорг, по значению индекса продуктивности и пр. Отражающий горизонт (ОГ) Т (C_{1t})– приурочен к кровле размытых карбонатных отложений кизеловского горизонта турнейского яруса. Прослеживается повсеместно, характеризуется неустойчивыми амплитудно-частотными характеристиками; ОГ Д (D_{3fm}) – сопоставляется с подошвой известняков пониженной плотности в верхней части фаменского яруса, отраженная волна не выдержана по амплитудному и частотному составу, не имеет однозначной стратиграфической привязки. Мощность описываемого карбонатного комплекса составляет 350-1200 м. Минимальные значения соответствуют осевой зоне МЕП, максимальные бортовой зоне Мухано-Ероховского прогиба. В СГК выделяется 2 подкомплекса: франско-фаменский (характерно наличие франских и фаменских рифов) и турнейский (наличие карбонатной клиноформы во внутренней бортовой зоне МЕП). Анализ данных сейсморазведки в Бузулукской впадине показал, что отложения доманикового

типа часто бывают нарушены системой пологих дислокаций, создающих условия для формирования тектонических ловушек и зон повышенной трещиноватости. В этой связи, как уже отмечалось, большой интерес для поисков залежей в отложениях доманикового типа представляют участки и интервалы, в которых развиты зоны повышенной трещиноватости пород, прослои и линзы трещинно-поровых коллекторов. Карбонатный комплекс, содержащий доманиковые отложения, представлен карбонатно-терригенной толщей пород, заключенной в интервале от кровли карбонатных отложений турнейского яруса до кровли терригенных девонских отложений – размытых отложений тиманского яруса. Ему соответствует интервал сейсмической записи между отражающими горизонтами Т (С_{1t}) и Д (Д_{3fm}). Для выполнения обработки материалов сейсморазведки МОГТ-2Д по технологии СЛБО требуется информация, получаемая после проведения стандартной обработки по методике ОГТ: 1) Сейсмограммы ОПВ с введенными статическими поправками; 2) Временной разрез ОГТ после миграции; 3) Скоростные характеристики. Анализ результатов обработки и интерпретации рассеянных волн на Ключевском и Солдатовском участках Бузулукской впадины. Далее анализируя профили OMP 69 KS, OMP 70 KS, OMP 71 KS, OMP 72 KS, OMP 75 KS, OMP 76 KS, OMP 79 KS, OMP 80 KS, OMP 9 97 KS. На рассмотренных выше участках одновременно проявляются все три отмеченных признака наличия нефтегазовых месторождений и поэтому вероятность нахождения на них УВ является очень высокой. Это подтверждается так же тем, что при опробовании на одном из участков в Бузулукской впадине при наличии трех указанных признаков достоверность подтверждения прогноза составила 100% по десяти опробованиям. Представилось интересным выяснить, как эти участки соотносятся с распределением трещиноватости на площади исследований. Наибольший интерес представляет распределение трещиноватости для интервала между ОГ Д_{3kn} и ОГ С_{1t}, в котором наиболее вероятны доманикоидные отложения. Трещиноватость в указанном интервале оценивалась по вертикали, и бралось среднее значение. Шаг по горизонтали

определялся значениями CDP. Интерполяция данных между профилями по площади проводилась методом кригинга. Оценивались значения в узлах сетки, считалось, что исходные данные не содержат пространственного тренда. Для интерполяции в точке использовались значения в 16-и ближайших к ней из 4-х секторов (всего 64 выборочных значений). Применена линейная модель, с параметрами Slope=1, Aniso=1, 0. Полученные результаты в совокупности с участками СЗТ и положительных значений СЛОНГ приведены на рисунке 20, из которого видно, что положительные значения СЛОНГ находятся на участках повышенной трещиноватости или рядом с ними, что свойственно расположению добывающих скважин на известных месторождениях. Исходя из совокупности всех изложенных фактов, наиболее нефтегазоперспективными являются участки повышенной трещиноватости, включающие СЗТ 072-1 и 079-2.

Заключение. В ходе бакалаврской работы, был выполнен анализ результатов полевых испытаний принципиально новой технологии, названной сейсмической локацией бокового обзора (СЛБО). Данная технология, в отличие от наиболее распространенной технологии МОГТ, основана на применении не отраженных, а рассеянных волн. Если в МОГТ рассеянные волны рассматриваются как помехи, то в СЛБО их регистрируют и используют как источник дополнительной информации о строении и свойствах разреза. Были собраны, систематизированы и проанализированы опубликованные данные о сейсмическом локаторе бокового обзора. На этой основе были выявлены преимущества и недостатки СЛБО. Обобщены и проанализированы архивные геолого-геофизические данные о геологическом строении территории проведения опытно-методических работ по испытанию СЛБО. Систематизированы, проанализированы и описаны результаты полевых экспериментов с применением технологии СЛБО.