

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

«Разработка и применение нового комплекса критериев выделения
нефтегазоперспективных объектов по данным сейсморазведки»

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ
ПОДГОТОВЛЕННОЙ
НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

аспиранта 3 курса
направления 05.06.01 «Науки о Земле»
геологического факультета
Санниковой Елены Павловны

Научный руководитель
Доктор геол. - мин. наук, профессор _____ С. И. Михеев

Саратов 2018

*Доклад представлен на заседании
государственной экзаменационной комиссии
05.07.2018 г.*

Научная квалификационная работа посвящена проблеме обоснования новых подходов к повышению эффективности сейсморазведки.

Данная проблема имеет большое практическое 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.

Актуальность выбранной темы определяется, помимо прочего, рассмотрением вибрационного способа возбуждения упругих колебаний, который имеет при поисках и разведке нефтегазовых месторождений наибольшие масштабы применения как в нашей стране, так и за рубежом.

Цель работы:

Основная цель работы заключалась в теоретико-экспериментальном обосновании и практическом применении новых технико-методических приемов сейсмического метода и сейсмических критериев нефтегазоносности разреза.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие частные **задачи**:

- обобщить и проанализировать опубликованные данные по теоретическим и экспериментальным основам о сейсморазведки с позиций поиска возможных путей повышения эффективности метода при решении нефтегазопоисковых задач;

- на основе сбора и анализа опубликованных данных сформулировать основные положения обоснования оптимальных управляющих сигналов;

- на базе анализа результатов экспериментальных опытных работ и теоретических исследований рассмотреть на примере конкретной территории

методику и результаты обоснования оптимальных параметров источника сейсмических колебаний;

- экспериментальным путем изучить особенности и природу проявления в вибросейморазведке эффекта повторного возбуждения, приводящего к искажениям регистрируемых волновых полей;

- разработать новые техноко-методические приемы вибросейса; повышающие геологическую эффективность метода;

- на основе применения разработанных технико-методических приемов и критериев осуществить прогноз нефтегазоперспективных объектов в доманикоидных отложениях на одной из разведочных площадей Бузулукской впадины.

Научную новизну выполненных при подготовке научной работы составляют:

- предложенный системный подход к обоснованию оптимальных параметров вибрационного источника сейсмических колебаний на базе экспериментальных опытно-методических и теоретических исследований во временной и спектральных областях;

- результаты экспериментального изучения закономерностей и природы проявления эффекта повторного возбуждения в вибросейсе как фактографическая основа разработки способов исключения связанных с этим эффектом искажений;

- новый подход к прогнозированию нефтегазоносности разреза, базирующийся на комплексировании атрибутов сейсмической записи, рассматриваемых как критерии нефтегазоносности разреза и вычисленных на базе линейных и нелинейных моделей изучаемых сред;

- уточненная оценка перспектив нефтегазоносности среднефранско-турнейского НГК в Бузулукской впадине.

- комплекс технико-методических приемов вибросейса, повышающий геологическую эффективность метода (способ теоретического

обоснования оптимальных параметров свипа в спектральной области, выделение аномалий сейсмических атрибутов с использованием количественного критерия, программно-алгоритмическое обеспечение для выделения и анализа нелинейных составляющих волнового поля).

При выполнении исследований использовался уникальный полевой материал, позволяющий реализовывать расширенную, недоступную при общепринятом подходе динамическую интерпретации данных не только в рамках традиционных линейных моделей сред, но и в рамках принципиально новых нелинейных моделей сред.

Автор лично построил и проанализировал более 50 математических моделей наблюдаемых в вибросейсе сейсмических полей, разработал и применил новое программно-алгоритмическое обеспечение для выделения в наблюдаемых полях сейсмических волн нелинейных составляющих, определения дифференциальных и интегральных характеристик сейсмозаписей, вычислил с применением разработанного программно-алгоритмического обеспечения и проинтерпретировал более 300 разрезов динамических атрибутов, предложил новый комплекс критериев выделения нефтегазоперспективных объектов, базирующийся на комплексном использовании дифференциальных и интегральных характеристик наблюдаемых волновых полей, самостоятельно осуществил прогноз нефтегазоперспективных объектов для среднефранско-турнейского НГК Бузулукской впадины по комплексу динамических и кинематических атрибутов записей ОГТ.

При выполнении работы были привлечены следующие методы исследования: математическое моделирование сейсмических волновых полей, динамический и кинематический анализ сейсмических данных, методы математической статистики, полевые сейсмические наблюдения.

При выполнении исследований использовался уникальный полевой материал, позволяющий реализовывать расширенную, недоступную при

общепринятом подходе динамическую интерпретации данных не только в рамках традиционных линейных моделей сред, но и в рамках принципиально новых нелинейных моделей сред.

На защиту выносятся:

1. Технология прогнозирования нефтегазоносности разреза, основанная на статистическом анализе критериев нефтегазоносности в качестве которых используется комплекс дифференциальных и интегральных динамических и кинематических атрибутов сейсмической записи, вычисляемых в рамках линейных и принципиально новых нелинейных моделей изучаемых сред.
2. Системный подход к обоснованию оптимальных параметров вибрационного источника сейсмических колебаний на базе экспериментальных опытно-методических и теоретических исследований во временной и спектральных областях повышающий качество полевых материалов вибросейса и информативность итоговых временных разрезов ОГТ.
3. Новые данные о строении среднефранско-турнейского НГК в Бузулукской впадине, полученные в результате применения разработанных технико-методических приемов вибросейса и заключающиеся в оценке изменчивости данного НГТ по латерали, выделении нефтегазоперспективных участков.

Доказательство первого защищаемого положения базируется на рассмотрении теоретических и экспериментальных основ атрибутивного анализа в сейсморазведки. Детальный анализ информативности дифференциальных и интегральных характеристик сейсмической записи показывает неоднозначность их геологической интерпретации, возможность субъективных суждений и выводов о строении и свойств разреза. Для повышения объективности анализа и выделения аномальных зон в вычисленных полях атрибутов сейсмической записи автор вслед за А.А.Никитиным предложил использовать количественный критерий

выделения аномалий. Согласно такого подхода I -й объект рассматривается как аномальный если значение геофизического признака для него (y_i) превышает некоторое пороговое значение $y_i > y_{пор}$.

Значение $y_{пор}$ вычисляется исходя из нормальности распределения анализируемого геофизического признака. В большинстве ситуаций это теоретически обоснованно. Практически порог $y_{пор}$ определяется заданием вероятности

$$\gamma = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{y_{пор}} e^{-x^2/2} dx$$

где $x = (y_{пор} - \bar{y}) / (\sigma_y \sqrt{2})$.

В нашем случае амплитуды аномалий оказались невелики в связи с чем значение γ задавалось равным 90%, что соответствовало пороговому значению 1.28.

Для повышения надежности выводов помимо обычных приемов динамического анализа сейсмических данных, основанных на вычислении и изучении соответствующих атрибутов для каждой точки временного разреза, автор научной квалификационной работы предложил использовать интегральные характеристики целевого интервала разреза. Потенциальная эффективность такого подхода определяется тем, что выделить по данным сейсморазведки отдельные нефтенасыщенные доманикоидные слои, вследствие их небольшой толщины, чаще всего невозможно. Действительно, их толщины обычно существенно меньше используемых длин волн, что делает картирование таких слоев проблематичным. Например, один из наиболее употребительных критериев – критерий Вайса определяет как предел разрешения значение мощности слоя равное $\lambda / 8 = V / 8 f_0$. Здесь V – скорость распространения волны, f_0 – частота максимума амплитудного спектра. Отдельные отражения от кровли и подошвы горизонта можно различать до тех пор, пока его мощность не станет меньше $1/8$ длины волны.

Эта величина получила название критической мощности. Если мощность пласта меньше критической, то длина полупериода отраженного сигнала (расстояние между экстремумами, соответствующими кровле и подошве пласта) перестает зависеть от мощности пласта. Для среднечастотной сейсморазведки критическая мощность изменяется от 15 м до 25 м. Считается, что при толщине слоя, превышающего указанное значение, отражения от кровли и подошвы слоя различимы. Однако, чаще всего, такое условие не выполняется.

В связи с вышесказанным и целесообразно анализировать интегральные характеристики группы пластов, которые, в случае насыщения их углеводородами должны определенным образом изменяться.

Идея применения такой оценки при поисках залежей углеводородов нелинейных моделях сред основана на том, что наиболее энергетически выраженные нелинейные составляющие волнового поля формируются в многокомпонентных пористых, трещиноватых и проницаемых флюидонасыщенных горных породах [Жуков, Шнеерсон, 2000, 2005; Кузнецов, 2004; Михеев, 2003 и др.].

Необходимая для вычисления энергии волн-гармоник программа LOCAL была разработана и отлажена автором совместно с программистом ФГУП НВНИИГГ Мифтаховым Р.В. В основу программы положено интегрирование модулей наблюдаемых амплитуд сейсмической записи в скользящем пространственно-временном окне заданного размера. В рассматриваемом случае при вычислениях использовалось пространственно-временное окно с размерами $n=30$, $k=3$ (здесь n – количество отсчетов по времени, k – количество трасс). Данное окно по результатам перебора его размеров оказалось оптимальным с позиции достижения наиболее контрастного выделения внутриформационных неоднородностей в целевом интервале разреза при сохранении детальности результатов.

Эффективность выделения нелинейных волн доказывается автором на значительном (более 50) количестве математических моделей сейсмических

полей. Впервые показано, что выделение таких волн сопровождается появлением специфических квазигармонических помех вне основного максимума функции автокорреляции.

Второе защищаемое положение доказывается результатами обширных теоретических и экспериментальных исследований в области виброрейса. Им предшествовал сбор и критический анализ теории и особенностей практического применения виброрейса.

Вибрационная сейсморазведка основывается на возбуждении колебаний переменными нагрузками, длительность которых существенно больше времен распространения отраженных или преломленных волн до разведываемых границ раздела. В вибрационной сейсморазведке основное применение получили нагрузки, представляющие собой квазигармонические частотно-модулированные сигналы (ЧМ). Ширина и интенсивность основных максимумов корреляционной функции, а также уровень корреляционных шумов определяют эффективность приема в вибрационной сейсморазведке. Поэтому естественно стремление к выбору таких управляющих сигналов, корреляционные функции которых в наибольшей степени удовлетворяли бы вышеуказанным требованиям.

Автором рассмотрены основные модификации квазигармонических сигналов, показаны их преимущества и недостатки, а также критерии и современные подходы к обоснованию оптимальных свипов. Особое внимание уделено анализу эффективности виброрейса в частотной области. Продемонстрированы преимущества и недостатки такого подхода по сравнению с анализом во временной области. Сделан вывод о целесообразности комплексного использования временных и частотных характеристик как взаимодополняющих друг друга. Тем самым обоснована необходимость системного подхода к обоснованию оптимальных параметров вибрационного источника сейсмических колебаний. Такой подход наиболее эффективен на базе экспериментальных опытно-методических и теоретических исследований так как последние не в полной

мере учитывают воздействующие на данные виброрейса факторы. Поэтому основным критерием правильности теоретических выводов является их подтверждение данными опытно-методических работ. Это демонстрируется на примере волновых картин и количественных оценок качества записей, полученных на территории Бузулукской впадины.

Новые данные о строении среднефранско-турнейского НГК в Бузулукской впадине (третье защищаемое положение) заключаются в оценке изменчивости данного НГТ по латерали, выделении нефтегазоперспективных участков. Они базируются на детальном комплексном анализе большого количества дифференциальных и интегральных сейсмических атрибутов. При выполнении работ основное внимание было уделено тем из них, которые наиболее хорошо себя зарекомендовали в практике геологоразведочных работ. К таким, в частности, относятся атрибуты, базирующиеся на преобразовании Гильберта. Последнее, представляет широкие возможности анализа различных свойств сейсмической записи, значительно расширяя возможности геологической интерпретации данных сейсмического метода. В нашем случае вычислялись такие получившие наиболее широкое признание специалистов, характеристики как мгновенная амплитуда, мгновенная частота и мгновенная фаза вычисление и анализ дифференциальных характеристик наблюдаемых волновых полей (производных сейсмической записи по времени и по пространственной координате X). Кроме того, вычислялись и интерпретировались дисперсии амплитуд в пределах задаваемых временных окон, затухание упругих волн и акустический импеданс, характеристики волн-гармоник и субгармоник.

Оценивая результаты выполненного динамического анализа в целом приводит к выводу, что в оценках перспектив нефтеносности, полученных с использованием разных динамических атрибутов, часто наблюдается несоответствие. Наблюдающиеся расхождения оценок, вероятно, объясняются большим количеством факторов, по разному сказывающихся в

полях тех или иных динамических атрибутов. Например, на оценки частот может сказываться не только наличие или отсутствие в породах углеводородов, но и соотношения толщин тонких слоев. На оценку затухания влияние, помимо нефтегазонасыщенности пород, могли оказать повышение пористости и трещиноватости и т.д.

Для повышения надежности выводов помимо обычных приемов динамического анализа сейсмических данных, основанных на вычислении и изучении соответствующих атрибутов для каждой точки временного разреза, автор предложил использовать интегральные сейсмические характеристики целевого интервала разреза. Поэтому окончательные выводы об изменчивости среднефранско-турнейского НГК в Бузулукской впадине и наличии нефтегазоперспективных участков сделаны по комплексу атрибутов сейсмической записи.

Полученные в результате выполненных исследований методические результаты работы могут быть использованы при нефтегазопроисковых работах отечественными и зарубежными сервисными геофизическими компаниями в любых сейсмогеологических условиях. Уточненная оценка перспектив нефтегазонасыщенности среднефранско-турнейского НГК может быть положена в обоснование первоочередных объектов геологоразведочных работ на территории Бузулукской впадины.

Уважаемые слушатели, благодарю вас за внимание.