

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

Кафедра геофизики

**«Оценка помехоустойчивости  
сложных полевых интерференционных систем,  
использованных при сейсморазведочных работах МОГТ-2D  
на Белогорском лицензионном участке»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 501 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического факультета

**Горбунова Александра Николаевича**

**Научный руководитель**

к. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Э.С. Шестаков

**Зав. кафедрой**

к. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2017

**Введение.** В настоящее время сейсморазведочные работы методом отраженных волн, как правило, выполняются с применением различных форм группирования сейсмоприемников. Причинами этого являются

- недостаточная чувствительность одиночных приборов, устанавливаемых в пунктах геофизических наблюдений (ПГН);
- заметное различие в условиях установки сейсмоприемников в различных ПГН;
- влияние интенсивных поверхностных волн-помех.

Весьма часто для возбуждения упругих колебаний используются групповые источники. Целесообразность их применения обусловлена следующими причинами:

- невозможность или нецелесообразность увеличения мощности единичного излучателя;
- заметное различие условий возбуждения в разных точках расположения источников;
- ослабление интенсивности поверхностных волн-помех за счёт пространственного рассредоточения источников.

По отношению к полю упругих колебаний группы источников и приёмников образуют интерференционные системы (ИС), а их совместное использование порождает сложные интерференционные системы (СЛИС).

Выбор оптимальных параметров группирования приёмников и источников упругих колебаний опирается на теорию ИС и должен исходить из характеристик волнового поля и в частности – характеристик волн-помех. Однако в настоящее время их изучение практически не проводится, параметры группирования выбираются "...по опыту работ прежних лет", а их оптимальность в проектной документации на проведение сейсморазведочных работ никак не обосновывается. Поэтому представляет интерес оценить эффективность группирования источников и приёмников упругих колебаний, применявшихся при проведении сейсморазведочных работ на конкретной площади. Для этой цели руководство ОАО «Заприкаспий-

геофизика» на условиях конфиденциального использования предоставило мне некоторые материалы по работам МОГТ-2D на Белогорском лицензионном участке (название участка изменено). К сожалению, оказалось невозможным получить скоростную модель территории исследований и динамические характеристики волнового. Поэтому в данной работе речь может идти лишь об оценке потенциальной помехоустойчивости группирования. *Целью данной выпускной квалификационной работы является оценка помехоустойчивости сложных полевых интерференционных систем (ИС), использованных при проведении сейсморазведочных работ на Белогорском лицензионном участке.* Для оценки будет использоваться аналитический аппарат энергетической теории ИС.

Предполагается решение следующих задач:

- рассмотрение аналитического аппарата энергетической теории ИС;
- рассмотрение используемого программно-алгоритмического обеспечения, используемого при оценке помехоустойчивости сложных ИС;
- рассмотрение условий проведения сейсморазведочных работ на конкретной площади и применяемой методики;
- выполнение расчётов и оценка помехоустойчивости использованных сложных ИС.

**Основное содержание работы.** Дипломная работа посвящена оценке помехоустойчивости сложных полевых интерференционных систем, использованных при сейсморазведочных работах МОГТ-2D на Белогорском лицензионном участке.

В первом разделе, **общая характеристика сейсмического волнового поля**, рассказывается об извлечении информации о геологическом строении изучаемого лицензионного участка из временных разрезов многократного профилирования. На одиночных сейсмограммах регистрируется широкий спектр разнообразных волн-помех. Запись на сейсмограммах метода отраженных волн можно охарактеризовать как достаточно сложную.

Динамические параметры сейсмических волн, т. е. их относительная интенсивность и спектральный состав колебаний определяются множеством факторов, включающих природу волн, особенности сейсмического источника, характеристики упругих и поглощающих свойств разреза. В качестве наиболее общих закономерностей можно выделить следующие. Относительная амплитуда отраженной волны зависит, прежде всего, от резкости отражающей границы (величины коэффициента отражения), и от ее глубины, т. е. эффекта геометрического расхождения. Влияние на амплитуду колебаний поглощения сейсмической энергии обычно менее заметно, так как горные породы на больших глубинах имеют сравнительно невысокие коэффициенты поглощения. Тем не менее, за счет частотно-избирательного характера поглощения происходит постепенное снижение видимой частоты колебаний с увеличением глубины отражающей границы и дистанции наблюдений. Из-за фильтрующих свойств геологической среды при пользовании обычных сейсмических источников относительно высокочастотными, с видимой частотой до 60-80 Гц, являются волны, отраженные или преломленные на неглубоких границах в ВЧР. Отражения от большинства границ на глубинах 2-5 км обычно имеют видимую частоту не выше 30-40 Гц, а при использовании поверхностных источников этот предел может снижаться до 20-25 Гц.

Интенсивность среднескоростных волн-помех, связанных с ВЧР, зависит от строения последней. В одних районах они не создают существенных помех, что позволяет наблюдать отраженные волны на дистанциях до 4-5 км и более, превышающих глубины исследуемых границ. В других сейсмогеологических условиях, когда в разрезе присутствуют неглубоко залегающие «жесткие» породы (известняки, песчаники, базальты и т. п.), сильные среднескоростные помехи могут ограничивать дистанцию, благоприятную для наблюдения полезных отражений, пределом в 1,5-2 км.

При наличии в ВЧР сильных кратнообразующих границ частичнократные отражения формируют интенсивный фон высокоскоростных волн-помех, маскирующих относительно слабые однократные отражения от глубоких границ.

При наличии слоистости (или неоднородности по вертикали) внутри полупространства вместо волны Релея возникает целая серия волн подобного типа с близкими свойствами. Эти поверхностные волны принято называть гармониками (модами) релеевского типа. Поверхностные волны релеевского типа при исследовании глубинного строения территории сейморазведкой формируют поле интенсивных помех. Поэтому для успешной борьбы с ними необходимо знание свойств этих волн.

При ведении сейсмических работ на поперечных SH волнах в слоистом (неоднородном по вертикали) полупространстве возбуждаются поперечные поверхностные волны, которые принято называть волнами Лява. Для волн релеевского типа и волн типа Лява характерна зависимость фазовой скорости распространения от частоты регистрации. Это явление принято называть частотной дисперсией.

Второй раздел работы, **основы энергетической теории интерференционных систем**, описывает свойства таких систем в пространственно-частотной области, а целевой функцией такой теории является коэффициент направленного действия (далее КНД). Этот коэффициент характеризует степень ослабления волны за счет действия интерференционной системы с входами, размещенными

в разных точках плоскости наблюдения и обладающими чувствительностью  $\mu_j$ . Максимально возможную энергию сигнала той же волны можно получить, собрав все входы этой системы в одну точку.

Далее в разделе показан расчет КНД одиночных и сложных интерференционных систем.

Для описания параметров интерференционных систем используется понятие амплитудно-временного аналога (АВААВА содержит распределение чувствительности и запаздываний некоторой идеально-регулярной волны на входах системы. На основании АВА может быть рассчитана одна и только одна точка на графике КНД исследуемой интерференционной системы. Для расчета всего графика требуется составление серии аналогов. Как правило, эта работа не является трудоемкой, поскольку на волновое поле в конкретных расчетах накладываются определенные ограничения (например – распространение плоских волн) и вычисление временных запаздываний происходит в процессе расчета КНД на ЭВМ. Легко видеть, что АВА не зависит от физической сущности интерференционной системы, а зависит только от параметров системы и волнового поля, т.е. отражает структуру интерференции. Однако АВА рассматривает лишь те характеристики интерференции, которые наиболее существенны в рамках энергетической теории, опуская при этом, к примеру, спектральный состав колебаний (последний описывается лишь формой импульса и преобладающим периодом). В этом смысле говорят, что амплитудно-временной аналог отражает главную структуру интерференции.

Таким образом, по заданным параметрам импульса ( $\kappa$ ,  $T$ ,  $\psi$ ) и серии амплитудно-временных аналогов можно рассчитать график КНД, описывающий свойства конкретной интерференционной системы. Разным параметрам импульса будут соответствовать и разные графики КНД.

Как известно, для подавления низкоскоростных волн-помех в сейсморазведке МОВ повсеместно используется интерференционный приём упругих колебаний – группирование сейсмоприёмников. Внедрение в практику полевых наблюдений маломощных источников сейсмических колебаний (малые заряды

ВВ, невзрывные импульсные и вибрационные источники) привело к широкому применению групповых излучателей. Параметры группирования источников выбираются исходя из максимального подавления низкоскоростных помех, т.е. группирование источников и приёмников решает одну и ту же задачу. При совместном применении группового источника и группового приёмника упругих колебаний образуется сложная интерференционная система (СЛИС).

В описании свойств интерференционных систем широкое применение нашла энергетическая теория, оперирующая в привычной пространственно-временной области и наиболее удобная с точки зрения синтеза систем. Однако в рамках этой теории слабо разработана проблема оценки свойств сложных интерференционных систем.

На кафедре геофизики Саратовского государственного университета был разработан новый подход к описанию взаимодействия компонент сложных интерференционных систем, опирающийся на идею Б.И. Беспятова об амплитудно-временном аналоге интерференционной системы. Суть этого подхода состоит в выделении главной структуры интерференции идеально-регулярных волн: каждый элемент интерференционной системы описывается двумя параметрами: чувствительностью (или, применительно к источникам колебаний, эквивалентной ей интенсивностью излучения); запаздыванием регулярной волны (оно может быть задано как запаздывание на  $i$ -том элементе по отношению к  $i - 1$  или к 1-ому элементу).

В развитие продуктивной идеи амплитудно-временного аналога для описания интерференционных систем предложено использовать амплитудно-геометрический аналог (АГА)

Рассматривая интерференционные системы как системы линейные и опираясь на присущий им принцип суперпозиции и вытекающий из него принцип взаимности, с помощью АГА можно построить корректный алгоритм оценки свойств сложных интерференционных систем.

Раздел третий рассказывает про **особенности применяемого программно-алгоритмического обеспечения.**

На кафедре геофизики Саратовского госуниверситета были разработаны программы расчета целевой функции энергетической теории интерференционных систем – коэффициента направленного действия – для сложных интерференционных систем.

Оптимальной формой визуализации результатов является графики КНД в билогарифмическом масштабе. Результаты фиксируются стандартными средствами компьютера: кнопкой Print Screen в буфере обмена создается образ экрана, содержащий эти результаты; в графическом редакторе Paint выделяется, сохраняется и выводится на печать данные результатов; собственно построение графиков выполняется в векторном графическом редакторе Corel Draw на билогарифмическом шаблоне «вручную».

Четвертый раздел является основным и содержит данные по **оценке помехоустойчивости сложной полевой интерференционной системы, использованной при проведении сейсморазведочных работ МОГТ-2D на Белогорском лицензионном участке**. Здесь описывается методика сейсморазведочных работ, целевым назначением которых являлось уточнение геологического строения и перспектив нефтегазоносности данного участка, выявления нефтегазоперспективных объектов для последующей детализации, подготовки паспортов. Полевые работы на Белогорском лицензионном участке проводились на современном технологическом уровне способом многократного профилирования симметричной системой наблюдений с использованием виброисточника. Выбор данной методики обусловлен тем, что она хорошо зарекомендовала себя в аналогичных сейсмогеологических условиях.

Далее приведена характеристика первичных сейсмических материалов, поступивших в обработку, которые были получены с применением полевой методики, описанной в предыдущей главе. Исходные полевые данные в целом по качеству были кондиционны и вполне пригодны для обработки.

В данном разделе так же показаны результаты расчетов КНД и оценка потенциальной помехоустойчивости сложной интерференционной системы, применявшейся на Белогорском лицензионном участке.

При проведении сейсморазведочных работ МОГТ-2D на указанном участке сложные полевые интерференционные системы формировались в результате использования двух видов группового источника упругих колебаний и групп сейсμοприёмников. К сожалению, сделать какие-либо выводы об эффективности рассматриваемых ИС не представляется возможным, поскольку отсутствуют сведения о соотношении амплитуд полезных волн и волн-помех в зонах их интерференции.

**Заключение.** В заключение следует отметить, что при подготовке данной работы были решены все поставленные перед ней задачи, а именно:

- рассмотрен аналитический аппарат энергетической теории интерференционных систем и обоснован выбор её для анализа направленных свойств полевых сложных ИС, использованных на Белогорском лицензионном участке;
- рассмотрено разработанное на кафедре геофизики Саратовского университета программно-алгоритмическое обеспечение оценки помехоустойчивости сложных ИС, а именно – программа KND\_SLIS\_2D\_graf;
- рассмотрена методика сейсморазведочных работ МОГТ-2D, выполненных на Белогорском лицензионном участке, по наблюдаемым сейсмограммам приближенно определены характеристики волн-помех поверхностного типа;
- рассчитаны и построены графики зависимости  $\sqrt{КНД} = f(D/\lambda^*)$ , оценена потенциальная помехоустойчивость использованных сложных ИС.

Таким образом, цель подготовки данной выпускной квалификационной работой – оценка помехоустойчивости сложных интерференционных систем (ИС), использованных при проведении сейсморазведочных работ на Белогорском лицензионном участке – достигнута.

Оценить эффективность рассматриваемых ИС не представляется возможным, поскольку отсутствуют сведения о соотношении амплитуд полезных волн и волн-помех в зонах их интерференции.