

ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата технических наук **Алексеевой Полины Артемовны**  
на тему: «Выделение и прогноз свойств палеорусел по сейсмическим данным  
с использованием нейронной сети и методов спектрального анализа» по  
специальности 1.6.9. «Геофизика»

Актуальность избранной темы определяется ее направленностью на повышение качества интерпретации данных сейсморазведки в сложных палеоконтинентальных отложениях тюменской свиты, которые относятся к трудноизвлекаемым запасам. Выбор схемы разбуривания этих отложений в условиях сложной картины распределения коллектора, включая положения палеорусловых тел и является очень сложной и актуальной задачей.

Целью работы является разработка методов прогноза положения и свойств палеорусел в отложениях тюменской свиты по сейсмическим данным с помощью сверточных нейронных сетей.

Ниже приводится степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна:

Защищаемое положение №1. Выделение палеорусел на горизонтальных-седиментационных срезах сейсмического куба возможно за счёт применения сверточных нейронных сетей, при обучении которых используется комбинация различных схем спутниковых снимков с изменённой амплитудой изображения. Автор показала эффективность такого подхода на модельных и практических примерах.

Защищаемое положение №2. Коэффициенты при параболической аппроксимации зависимости квадрата максимальной амплитуды от квадрата циклической частоты могут служить дополнительными

атрибутами для перехода к количественному анализу свойств маломощных русел. В работе приводятся теоретические основы предлагаемых атрибутов и примеры применения этих атрибутов для понимания волновой картины для выделения маломощных палеорусел и их количественной оценки.

Защищаемое положение №3. Применение свёрточных нейронных сетей и коэффициентов при параболической аппроксимации максимальной амплитуды увеличивает скорость и достоверность интерпретации сейсмических данных на территории со значительным количеством русловых объектов, характеризующихся различными амплитудно-частотными характеристиками. Это положение также считается обоснованным, так как полученные результаты применения такой технологии хорошо согласованы с модельными примерами и имеющимися скважинными исследованиями.

В первой главе диссертации автор приводит обзор существующих технологий для анализа сейсмических изображений в целях выделения однородных участков – задача сегментации изображений. Детально рассмотрены свёрточные нейронные сети, показаны их особенности и возможности по выделению русловых тел. Нужно отметить, что предложенная автором схема обучения свёрточных нейронных сетей на основе Google-схем, построенных на основе Google карт, существенно улучшило качество выделения палеорусел по сейсмическим изображениям и можно сделать вывод, что именно этот прием был основой успешности данной работы. Он реально помог в выделении русловых фаций в условиях смешивания сейсмического сигнала от различных типов фаций.

В качестве рекомендации для будущих работ автора, предлагается написать отдельную обзорную статью по всем применяющимся методам выделения палеорусел с их критическим описанием с выделением положительных и отрицательных сторон. Такая статья могла бы более

обоснованно определить необходимость разработки автоматического выделения русел и определить возможные подходы и алгоритмы.

Кроме этого, автору предлагается отметить отдельное направление количественного нейросетевого выделения фациальных тел по объемному распределению волнового поля с использованием скважинных данных (классификация с учителем). Также рекомендуем автору обратить внимание на направление с обучением нейронных сетей на основе моделирования русловых тел с расчетом сейсмического поля, как показано на рисунке 1.

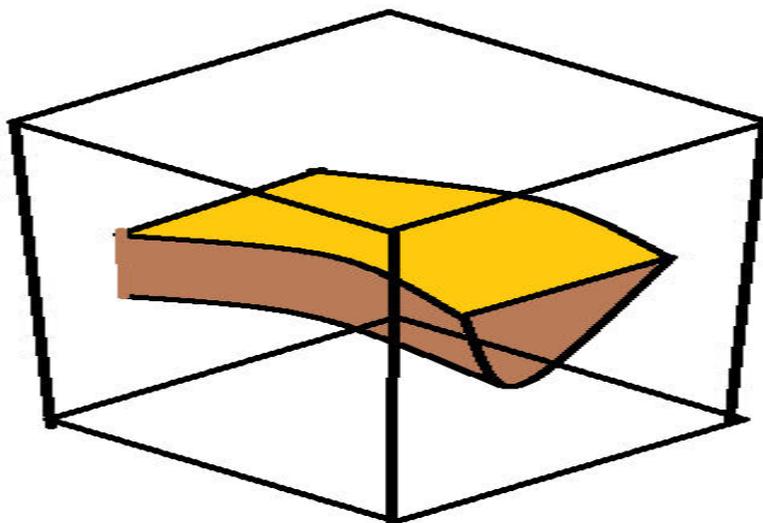


Рис. 1. Пример элемента модели речной сети при моделировании сейсмического поля для обучения нейронной сети.

Во второй главе достаточно детально рассмотрены теоретические основы технологии спектральной декомпозиции. В этой части работы отражены сильные и слабые стороны этой технологии. Кроме этого, обоснован и предложен новый подход определенного вида анализа в виде фазовой декомпозиции с RGB визуализацией результатов. Этот подход отражает возможности по выделению маломощных русловых тел, что является очень важным и актуальным результатом исследований.

Имеется ряд замечаний по оформлению этой главы – в формулах не все переменные имеют описание, например, в формулах 4, 5, 6 непонятно, что обозначают переменные  $h$ ,  $V$ , хотя об этом можно предположить по тексту. Также автором иногда игнорируется описание рисунков, например, отсутствует описание, что означают элементы рисунка а), б), в) и г) на рисунке 56, хотя это также можно предположить.

В этой главе автор очень скрупулёзно обосновывает свой подход по применению фазовой декомпозиции на основе математического описания волновых процессов и моделирования различных ситуаций и сравнительного анализа результатов с широко применяемым подходом амплитудно-частотной декомпозиции. Также нужно отметить интересные модельно - математические исследования по описанию отражений в пласте, что позволило автору предложить новые атрибуты  $K$ ,  $G$ ,  $L$  и выполнять оценку количественных регрессионных зависимостей между этими атрибутами и упругими свойствами русел.

Третья глава работы посвящена практическому применению предложенных технологий. Автор приводит эффективность множественного прогноза с использованием нескольких атрибутов как входные данные для нейросетевого прогноза и суммирования результата. Этот прием показал свою эффективность для получения достоверного выделения русловых тел с оценкой вероятностей положения этих тел. Также в этой главе автором обоснована эффективность применения атрибутов  $K$ ,  $G$  и  $L$ .

Можно дать рекомендацию, что такой метод многократных прогнозов можно также использовать для оценки разброса вариантов прогноза (стандартное отклонение) по разным атрибутам что может помочь в оценке точности и достоверности прогноза. Также можно получить оценки вида  $P_{10}$ ,  $P_{50}$ ,  $P_{90}$ , если использовать достаточно большое количество входных атрибутов и получить статистически большое количество вариантов прогноза.

Имеется хорошая перспектива применения предложенной технологии нейросетевых прогнозов с использованием других атрибутов с контрастным выделением палеорусел типа **eXchroma (Schlumberger)** или **Faults Simulation RGB**.

В целом, диссертационная работа производит положительное впечатление, характеризует автора как сложившегося исследователя и показывает его возможности по решению сложных практических задач с использованием нейронных сетей и других элементов искусственного интеллекта.

Вместе с тем, указанные замечания, которые в основном имеют редакционный характер или рекомендаций для будущих исследований, не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9 – «Геофизика» (по техническим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Алексеева Полина Артемовна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор кафедры разведочной геофизики  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

ПРИЕЗЖЕВ Иван Иванович

Дата: 01 ноября 2022 г.

Контактные данные:

тел.: \_\_\_\_\_, e-mail: \_\_\_\_\_

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Адрес места работы:

119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корп. 1

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»),  
факультет геологии и геофизики нефти и газа, кафедра разведочной геофизики  
и компьютерных систем

Тел.: \_\_\_\_\_; e-mail: \_\_\_\_\_

Подпись работника факультета геологии и геофизики нефти и газа ФГАОУ  
ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»  
Приезжева И.И. удостоверяю: