

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Яблокова Александра Викторовича «Алгоритмы определения скоростного строения верхней части геологического разреза на основе помехоустойчивого спектрального анализа многоканальных данных поверхностных волн и обращения дисперсионных кривых фазовых скоростей с применением искусственной нейронной сети», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. – Геофизика

Ознакомившись с содержанием диссертации, автореферата и научными работами автора, опубликованными в открытой печати, считаю необходимым отметить следующее. Диссертационная работа посвящена решению актуальных и практически значимых вопросов совершенствования математического и программно-алгоритмического обеспечения сейсморазведки по методу многоканального анализа поверхностных волн. Отметим, что данный метод закреплён в списке методов инженерно-геологических изысканий для строительства [СП 446.1325800.2019]. Основные результаты достигнуты в части оптимизации математических процедур при решении обратной задачи для определения скоростного строения геологической среды с одновременным повышением точности расчёта дисперсионных кривых скорости поверхностных волн.

Дисперсия сейсмических волн поверхностного типа используется в решении задач сейсмологии уже более полувека для изучения строения земной коры и верхней мантии. Широкое применение метод нашёл и в инженерной сейсмологии, в том числе и при строительстве ответственных сооружений. Однако в области продуктивных глубин геологоразведочного масштаба при поиске полезных ископаемых применение поверхностных волн на сегодняшний день не столь распространено. Данное обстоятельство позволило автору на основе научного обобщения имеющихся теоретических и экспериментальных материалов, сформулировать и предложить новые алгоритмические подходы к анализу данных сейсморазведочной геофизики.

Сообразно целям и задачам диссертационного исследования сформулированы защищаемые положения, обладающие достаточными признаками научной новизны. Отметим, что основные результаты работы опубликованы соискателем (в соавторстве) в научных журналах из перечня ВАК, включая и международные издания.

Структурно рукопись объёмом в 145 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, 79 рисунков, 15 таблиц, списка литературы, который включает 116 первоисточников, и списка иллюстративного материала на 9 страницах. Введение достаточно чётко формулирует цель, основные задачи, актуальность и практическую значимость диссертационного исследования, уже отмеченные выше.

В первой главе выполнен обзор научной литературы, рассмотрены вопросы постановки задач сейсморазведки на поверхностных волнах. Достаточно подробно описаны теоретические основы и основные этапы метода многоканального анализа поверхностных волн – выделение дисперсионной кривой поверхностной волны по экспериментальным данным и решение обратной задачи восстановления скоростного разреза геологической среды по определённой ранее дисперсионной кривой.

Вторая глава посвящена разработке нового автоматизированного алгоритма определения дисперсионной кривой по данным многоканальных сейсмических измерений. На основе модельных и реальных экспериментальных данных продемонстрирована эффективность развиваемого автором метода в задаче автоматического пикирования фундаментальной моды поверхностной волны рэлеевского типа в координатах «фазовая скорость – частота». В результате сравнения с другими известными методами показано, что авторский алгоритм на основе вейвлет-преобразования Стоквелла позволяет улучшить показатели точности результатов, в том числе при наличии помех.

В третьей главе предлагается новый способ решения обратной задачи поверхностных волн в основе которого лежит применение современных методов машинного обучения. Как известно, задача определения упругих параметров слоистой геофизической среды по наблюдаемой дисперсионной кривой поверхностной волны не имеет однозначного решения. Таким образом, сегодня существует целый набор методов приближенного решения этой задачи, которые накладывают те или иные априорные ограничения на искомую модель среды. В диссертации предложен ещё один метод, заключающийся, по сути, в оптимизации функционала невязки между экспериментальной дисперсионной кривой и модельной, полученной в предположении горизонтальной слоистости одномерного геологического разреза. К несомненным достоинствам разработанного в диссертационной работе метода инверсии на основе применения искусственных нейронных сетей следует отнести более высокую скорость вычислений при значительных объёмах первичной информации и точность определения скоростных свойств геологического

разреза в сравнении с известными методами глобальной оптимизации.

В заключительной главе проведена апробация разработанных алгоритмов на массивах реальных сейсмических данных, полученных, в частности, на месторождении углеводородов в Западной Сибири. Результаты сопоставлены с геологическими моделями, построенными ранее по данным других геофизических методов, продемонстрирована возможность успешного применения авторских подходов для решения ряда практически значимых прикладных задач.

В заключении сформулированы основные научные результаты, выводы и перспективы дальнейших исследований, включая и возможность создания на основе разработанных алгоритмов полностью автоматизированного программного комплекса поверхностно-волновой сейсморазведки, который исключает влияние субъективного мнения оператора-обработчика на искомую модель геологической среды.

Помимо погрешностей стиля изложения материала, а также недостаточного качества оформления математических записей в ряде случаев, к работе имеется несколько замечаний:

– при выполнении модельных и экспериментальных исследований автор ограничивается рассмотрением только фундаментальной моды поверхностной волны Рэлея, тогда как учёт высших мод мог бы повысить устойчивость решения обратной задачи и разрешение итогового геологического разреза;

– заключительные 9 страниц текста диссертационной работы содержат перечисление названий рисунков, что не добавляет информативности, вместо этого целесообразно было бы приложить разработанные лично автором программные коды либо их наиболее значимые фрагменты.

В то же время, несмотря на указанные замечания, считаю, что в диссертационной работе соискатель продемонстрировал необходимую квалификацию ученого-геофизика, прежде всего в области методов обработки данных сейсморазведки и разработки алгоритмов решения обратных задач на основе современных компьютерных систем.

Всё вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что диссертация Яблокова А.В. «Алгоритмы определения скоростного строения верхней части геологического разреза на основе помехоустойчивого спектрального анализа многоканальных данных поверхностных волн и обращения дисперсионных кривых фазовых скоростей с применением искусственной нейронной сети» представляет собой цельное, законченное квалификационное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к

кандидатским диссертациям, а её автор, Яблоков Александр Викторович, заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. – Геофизика.

Рецензент согласен на включение и дальнейшую обработку своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета.

Собисевич Алексей Леонидович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора ИФЗ РАН.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук.

Адрес: 123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1

Телефон: +7 (499) 254-90-80.

Эл. почта: alex@ifz.ru

Рецензент:

чл.-корр. РАН

А.Л. Собисевич

18.03.2022 г.