

О Т З Ы В

научного руководителя на диссертацию ЦАРЕВА РОМАНА ИЛЬИЧА
«Методология малоглубинной сейсморазведки на месторождениях калийных солей»
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных
ископаемых»

Диссертационная работа Р.И. Царева выполнена на кафедре геофизики ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». Увлеченность автора наукой в области геофизики проявлялась со студенческих лет. Особый интерес проявлял к изучению распространения упругих волн в изотропных и анизотропных средах. Во время обучения на кафедре Роман Ильич стремился к самостоятельному решению актуальных научных вопросов, показал высокий уровень знаний, творческих способностей, инициативность и принципиальность. Он успешно выполнил индивидуальный план аспиранта, сдал кандидатские экзамены и защитил научно-квалификационную работу, в 2019 г. получил диплом с присвоением квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Диссертация Царева Р.И. посвящена актуальной теме – совершенствованию технологии малоглубинной сейсморазведки на месторождениях калийных солей на примере Верхнекамского месторождения солей. Условия для проведения сейсморазведки на месторождениях калийных солей сложные, что связано с относительно малой глубиной исследований, слабой контрастностью акустических свойств в целевом интервале, сложным геологическим строением и тектоникой, а также присутствием неконсолидированной верхней части разреза. Редкая сеть разведочного бурения и необходимость оставлять водозащитные целики вокруг ствола скважин не позволяют с достаточной точностью строить геологический разрез в межскважинном пространстве. Поэтому проведение сейсморазведки является необходимым инструментом для получения информации, которая позволит повысить безопасность эксплуатации калийных месторождений и снизить потери запасов полезного ископаемого.

Диссертационная работа хорошо структурирована, в ней подробно рассмотрен объект исследований – соляная толща Верхнекамского месторождения солей. Целью работы является совершенствование технологии проведения полевых работ и обработки данных, разработка методики поисков геологических нарушений при проведении сейсморазведочных работ.

В рамках диссертации проведены специальные сейсморазведочные исследования, анализ результатов которых лежит в основе разработанной технологии проведения полевых работ. Указаны основные недостатки применяемых в настоящее время источников упругих колебаний. Автор предлагает использовать взрывной источник упругих волн при малоглубинных сейсморазведочных работах для поисков и разведки рудных месторождений, с применением одиночных сейсмоприемников с шагом по профилю 2–5 м и длиной расстановки не менее 700 м. Применение взрывного источника обосновано тем, что энергии механического и импульсного порохового источника недостаточно для изучения соляной толщи в условиях сложного строения верхней части разреза и рельефа.

Автором построена тонкослоистая геолого-геофизическая модель Верхнекамского месторождения солей на основе данных акустического каротажа. В работе предлагается проведение сейсмического моделирования на основе предложенной модели, что позволит оценить применимость сейсморазведки к разным геологическим условиям, установить перспективность метода для поисков тектонических дислокаций и учесть эффекты интерференции элементарных и многократных отражений, влияние поверхностных волн, дисперсии и конверсии типов волн. Царев Р.И. проделал огромную работу по сейсмическому моделированию. В общей сложности построено более 80 тонкослоистых

моделей с присутствием типичных для Верхнекамского месторождения пликативных и дизъюнктивных тектонических дислокаций. Моделирование позволило выявить ограничения сейсморазведки и перспективные направления для развития метода в условиях соляной тектоники.

В диссертационной работе рассмотрены основные аспекты обработки сейсморазведочных данных, предложена технология, основанная на совместном использовании данных сейсморазведки и данных акустического каротажа или вертикального сейсмического профилирования. Автор предлагает использовать минимальный набор процедур обработки, направленный только на выделение полезного сигнала. Многократное использование пространственно-временной (когерентной) фильтрации исключается по причине искажающего (вытягивающего) эффекта. Сформулирована концепция, состоящая в том, что, если на исходных данных с амплитудной коррекцией и полосовой фильтрацией присутствуют гидографы отраженных волн, то их стоит ожидать и на итоговом временном разрезе. Предложен алгоритм привязки с данными акустического каротажа и результатами моделирования.

В диссертации подробно описана и обоснована методика динамической интерпретации, которая позволяет объективно выделять различные тектонические дислокации при проведении сейсморазведки на рудных месторождениях. В основе методики поисков тектонических дислокаций лежит регрессионный анализ сейсмических атрибутов. Работы проведены в два этапа. На первом этапе атрибутному анализу подвергались результаты моделирования на основе имитации плоской волны. Выявлены основные атрибуты, реагирующие на определенные дислокации известного размера. На втором этапе анализ проведен на синтетических данных, полученных с применением сферической волны. Автор установил, что некоторые атрибуты реагируют на наличие дислокаций закономерно – положительно, либо отрицательно. Каждый из атрибутов реагирует на неоднородность только в некоторых случаях, при определенных размерах и углах залегания. В результате выявлены атрибуты устойчиво реагирующие на определенные дислокации, которые добавлены в суммарный сейсмический атрибут. Установлено что каждому типу дислокации соответствует свой суммарный сейсмический атрибут. Наиболее однозначно наибольшим количеством атрибутов выделяются протяженные зоны складчатости и зоны замещения мощностью более 40 м. Остальные неоднородности фиксируются менее закономерно. Для реализации алгоритма методики поисков тектонических дислокаций разработано программное обеспечение AtAn, позволяющее вести регрессионный анализ набора сейсмических атрибутов по нескольким расчетным схемам. Царев Р.И. установил влияние размеров складок на изменение значений сейсмических атрибутов. Для апробации предлагаемой методики проведены опытные испытания на специальном полигоне. В рамках работ использованы технологии и методики, предлагаемые в диссертации, на опытном участке выделен интервал соляной толщи и зона интенсивной складчатости.

Предлагаемая технология проведения полевых сейсморазведочных работ и обработки полученных материалов, а также методика динамической интерпретации данных внедрены в процесс разведочных работ на Верхнекамском месторождении солей.

Диссертационная работа «Методология малоглубинной сейсморазведки на месторождениях калийных солей» выполнена на высоком научном уровне и является законченным научно-исследовательским трудом. Решены актуальные научные и прикладные задачи, позволяющие повысить достоверность получаемых результатов при проведении сейсморазведки на Верхнекамском месторождении солей. Выводы и результаты обоснованы, диссертационную работу можно квалифицировать как направление, имеющее научно-прикладное значение. Работа базируется на достаточном количестве экспериментальных данных и примерах успешного решения поставленных задач. Технологии и методики, предлагаемые автором, внедрены в процесс сейсморазведочных работ на Верхнекамском месторождении солей.

Автореферат изложен по защищаемым положениям и соответствует основному содержанию диссертации. По теме диссертации автором опубликовано 24 научных статьи, из них 10 работ в рецензируемых изданиях ВАК и 11 работ, индексируемых в Scopus и Web of Science. Результаты исследований доложены на восьми международных научно-практических конференциях. В рамках работы над диссертацией автор разработал алгоритм атрибутного анализа, получено свидетельство о государственной регистрации программы AtAn. Совместно со специалистами АО «ВНИИ Галургии» соискатель принял непосредственное участие в разработке «Способа шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений», получен патент на изобретение. Помимо этого, Царев Р.И. принимал участие в разработке программного обеспечения GodFind, FastMineProc и EJ.

Диссертационная работа соответствует требованиям, изложенным в пунктах 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и является завершенным научным трудом. Работа Царева Р.И. соответствует заявленной специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» и отрасли технических наук.

Считаю, что Царев Роман Ильич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Я, Костицын Владимир Ильич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета по делу Царева Романа Ильича и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель,
профессор, исполняющий обязанности
заведующего кафедрой геофизики
Пермского государственного национального
исследовательского университета,
доктор технических наук по специальности
25.00.10 «Геофизика, геофизические методы
поисков полезных ископаемых»,
заслуженный работник высшей школы РФ,
контактный телефон: +7 902 472 35 73
электронная почта: geophysic@psu.ru

В.И. Костицын

Владимир Ильич Костицын

26.08.2021г.

Подпись В.И. Костицына удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета
Пермского государственного национального
исследовательского университета,
контактный телефон: +7 (342) 239-62-17
электронная почта: antropova@psu.ru

Е.Н. Антропова Елена Петровна Антропова

