

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
нефтегазовой геологии и геофизики им.
А.А. Трофимука Сибирского отделения
Российской Академии Наук
профессор, д.т.н.

И.Н.Ельцов
28 мая 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской Академии Наук на диссертационную работу Буторина Александра Васильевича «Изучение детального строения ачимовского нефтегазоносного комплекса на основе спектральной декомпозиции сейсмического волнового поля», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Сложность строения ачимовских горизонтов (наклонное залегание, литологическая неоднородность), а также существенное различие коллекторов по фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС) повышает требования к процессам обработки и интерпретации данных сейсморазведки. Важным является и то, что существенно сократился банк значительных по размерам нефтегазовых месторождений при возрастании доли сложных литологических, неструктурных объектов.

Таким образом, формируется необходимость в увеличении точности сейсмических исследований. При этом изменение систем наблюдений по плотности и длинам расстановок часто не приводит к требуемым результатам. Одним из существенных моментов здесь является ориентированность сейсморазведки на структурные построения, которые находятся на пределе своих возможностей. Как следствие, возникает потребность в развитии динамической обработки сейсмических данных, использующей большое число различных параметров, извлекаемых из наблюдаемого волнового поля (энергии, амплитуды, спектры и пр.). К настоящему времени для многих исследователей в России и за рубежом, является очевидным, что без развития динамического анализа сейсмической записи невозможно исследовать латеральную неоднородность сложных резервуаров, к которым относятся и месторождения ачимовского нефтегазоносного комплекса. Именно динамический анализ и углубленное изучение волновой картины могут

обеспечить повышение точности (детальности) прогноза физических характеристик среды, когда одних только обобщенных, геометрических образов уже недостаточно для построения точных и достоверных геологических моделей.

Развитие методов и приемов динамического анализа может выполняться с различных позиций. Одним из традиционных подходов является спектральный анализ, который не только получил широкое распространение в различных прикладных областях человеческой деятельности, способствуя научно-техническому прогрессу, но и сам существенно развился. Здесь следует отметить, что развитию современного спектрального анализа способствовали задачи сейсморазведки, потребовавшие повышения точности спектральной декомпозиции для локальных сигналов. Именно это привело к появлению вейвлет-преобразования, которое применяется автором диссертационной работы для повышения детальности при изучении строения ачимовского нефтегазоносного комплекса. Хотя им используется хорошо развитая к настоящему времени теория, но ее прикладные аспекты в области решения конкретных сейсмогеологических задач совершенно еще не разработаны. Поэтому в работе предлагаются разнообразные технологические и методические решения, обладающие научным обоснованием.

В таком контексте и с учетом представительного объема апробации предлагаемого подхода к динамическому анализу сейсмического волнового поля, можно утверждать, что предложенные автором способы интерпретации спектральных данных для ачимовского типа отложений обладают несомненной практической ценностью, научной новизной и содержат признаки решения актуальной научной задачи, имеющей большое значение для нефтегазовой отрасли.

2. Цель и задачи исследований

Главной целью диссертационного исследования являлась разработка и обоснование применимости подходов к интерпретации результатов спектральной декомпозиции сейсмического волнового поля для детального прогнозирования внутреннего строения продуктивного ачимовского комплекса и выделения перспективных объектов.

Достижение упомянутой цели основывалось на решении ряда задач:

- Сравнительный анализ методик спектральной декомпозиции на примере целевого ачимовского пласта.
- Определение основных характеристик геологического разреза, влияющих на характер спектральных аномалий волнового поля, на примере математической модели ачимовского пласта.
- Выбор наиболее информативных способов анализа спектрального состава сейсмических записей и их сравнение со стандартными методами динамической интерпретации.

- Определение строения целевого ачимовского интервала на основе комплексирования геологической информации по скважинам и результатов изучения спектрального состава волнового поля.

- Картирование перспективных объектов ачимовской толщи в пределах Ноябрьского региона.

3. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется следующим:

- Впервые для ачимовского типа отложений предложены и развиты способы интерпретации результатов спектральной декомпозиции, основанной на вейвлет-преобразовании.

- Впервые получена детальная схема распространения перспективных объектов в пределах Ноябрьского региона по результатам регионального обобщения сейсмической и геологической информации, установлена зависимость распространения коллектора в разрезе от наличия областей лавинной седиментации.

- Впервые разработан метод визуализации названный «цифровой RGB анализ» и реализованный в виде отдельного программного модуля.

- Обоснован оптимальный алгоритм RGB-представления результатов спектральной декомпозиции, а также предложен подход к интерпретации многомерных данных, основанный на получении цифрового RGB-представления, что позволяет без потери качества анализировать RGB-массивы без использования специализированного ПО.

- Обоснована эффективность интерпретации спектральных данных при помощи частотного куба, позволяющего анализировать динамические характеристики целевого отражения. Разработанный метод анализа (атрибут) получил название «спектральная кривая» и был реализован как отдельный программный модуль.

4. Научно-практическая значимость результатов исследований

- Повышение геолого-экономической эффективности геологоразведочных работ (ГРР) в районах со сложным, литологически неоднородным строением среды и месторождениями, обладающими коллекторами с различными ФЕС.

- Алгоритм визуализации результатов RGB-смешивания позволяет перейти к количественному анализу результатов, что являлось невозможным ранее в существующих программных комплексах.

- На основании результатов спектральной декомпозиции получены новые сведения о строении ачимовских отложений в рамках изучаемого региона, которые обосновывают предположения об остановках седиментации продуктивного пласта, подтверждаемые скважинными данными. Результаты были распространены на весь Ноябрьский регион, что позволило построить детальную схему распространения перспективных геологических тел внутри ачимовской толщи.

- Построенная схема наиболее перспективных участков создает условия для планирования дальнейшей разведки региона с высоким потенциалом открытия залежей.

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждается значительным объемом экспериментов по имитационному моделированию волновых полей для сред ачимовского типа, представлением результатов выполненных исследований на научно-практических конференциях высокого уровня, значительной практической апробацией на ряде месторождений компании ПАО «Газпром нефть» на стадии построения концептуальной геологической модели пласта и на этапе мониторинга эксплуатационного бурения.

6. Оценка содержания и степени завершенности диссертационного исследования

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Объем работы составляет 141 страницу машинописного текста, включая 69 рисунков и 8 таблиц. Список литературы насчитывает 47 наименований.

Во введении рассматривается актуальность и степень проработанности темы исследований, формулируется цель, излагаются задачи и научная новизна выполненных исследований, их научная и практическая значимость, личный вклад, использованные методы и методология, защищаемые положения, достоверность и степень апробации результатов исследований на конкретных месторождениях ПАО «Газпром нефть».

В основном тексте диссертации излагается следующее.

В 1-й главе «Геологический обзор» рассматриваются основные этапы развития представлений об ачимовской свите, кратко приводится информация о геологических особенностях и строении ачимовской толщи на изучаемом месторождении, которое находится на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа. Более детально в ней представлена сейсмогеологическая характеристика ачимовской толщи, включая привязку данных геофизических исследований скважин к волновому полю, палеогеографический анализ и особенности амплитуд сейсмических сигналов, приуроченных к отражениям от ачимовской толщи.

Во 2-й главе «Спектральная декомпозиция волнового поля» даны теоретические и методические предпосылки, необходимые для получения адекватных результатов спектральной декомпозиции. Кратко приводятся сравнительные характеристики Фурье и вейвлет-преобразований, формулируются требования к используемым вейвлетам и приводятся способы визуализации результатов спектральной декомпозиции.

В 3-й главе «Исследование особенностей непрерывного вейвлет-преобразования на модельных данных» детально анализируются особенности применяемого преобразования. Для проведения исследований была

сформирована модель выклинивающегося пласта переменной акустической жесткости, отвечающая реальным условиям выклинивания ачимовских горизонтов, и на ее основе получено синтетическое волновое поле. В рамках этой модели выполнено исследование спектральных характеристик модельного поля и определены основные факторы, влияющие на возникновение частотных аномалий

В 4-й главе “Практическое применение метода спектральной декомпозиции на реальных материалах” рассматривается методика обработки данных, описаны основные подходы к анализу результатов спектральной декомпозиции, а также предложена оптимизация алгоритма RGB-представления. Такой подход позволил дифференцировать технологию спектральной декомпозиции на два типа: (1) качественного анализа и визуализации; (2) количественной оценки спектральных параметров. Оба типа технологии прошли тестирование на модельных и реальных данных, а также сравнение с существующими стандартными подходами.

5-я глава “Результаты анализа геологических объектов ачимовской толщи Ноябрьского региона” полностью посвящена исследованию проблемы строения и распределения коллекторских свойств ачимовской толщи на изучаемом месторождении с применением метода спектральной декомпозиции. Описанные результаты позволили выделить геологические тела внутри продуктивного пласта и составить основу для модели, использованной при планировании бурения. Последующее бурение показало высокую степень достоверности прогноза и подтвердило построенную модель. Это позволило экстраполировать полученные результаты на весь Ноябрьский регион в рамках изучения перспективности ачимовских отложений. Итогом явился детальный план распространения геологических объектов по всему региону.

В заключении излагаются основные научные и практические результаты исследований, формулируются защищаемые положения, приводится авторское видение перспективных в будущем направлений применения разработанных подходов динамического анализа при обработке и интерпретации сейсмических данных.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Автореферат соответствует тексту диссертации, в нем излагаются основные результаты, обосновывающие защищаемые положения. Научная новизна и защищаемые положения изложены корректно.

8. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати. Материалы, включенные в состав диссертационной работы, опубликованы в 9 статьях, докладах и тезисах (в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК).

Результаты исследований, составляющих основу диссертации, докладывались на значительном числе научных и научно-практических конференций (общее число 15). В том числе: 6-я международной геолого-

геофизическая конференция и выставка «Санкт-Петербург 2014: Геонауки – инвестиции в будущее» (EAGE) (г. С-Петербург, 2006 г.); Научно-практическая конференция «Сейсмические технологии» (ИФЗ РАН, Москва, 2014 г.); 4-я международной научно-практической конференции ЕАГО «Нефтегазовая геология и геофизика» (Калининград, 2014 г.); Российская нефтегазовая техническая конференция SPE (Москва, 2015 г.); Increasing the Knowledge about Oil and Gas Reservoir (Baku, Azerbaijan, 2015 г.); Российская нефтегазовая техническая конференция SPE (Москва, 2016 г.).

Основные результаты опубликованы в журналах “Геофизика”, “Нефтяное хозяйство”, “Journal of Geological Resource and Engineering”.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

9. Замечания и пожелания

1. Необходимо уточнить, что автор понимает под термином «клиноциклит». В публикациях термин «клиноциклит» трактуется по-разному. В первом случае под клиноциклитами понимаются линзовидные тела с раздувом толщины на склоне, которые разделяются клинопокровами (Михайлов, Павлова, Шлезингер и др.). Такие геологические тела никакого отношения к циклитам не имеют. Во втором случае под клиноциклитами понимают геологические тела-циклиты клиновидной формы (Карогодин и др.).

2. Вместо термина «абиссаль» лучше использовать термин «псевдоабиссаль». На территории Западной Сибири в мезозойское время, как справедливо отмечает автор, существовал эпиконтинентальный бассейн. Вся территория эпиконтинентального моря, даже относительно глубоководные районы, относилась к области шельфа. Под абиссалью обычно понимают зоны морского дна с глубинами более 3000 м, которые к шельфу совершенно не относятся. Термин «псевдоабиссаль», как раз означает зону Мирового океана, представляющую собой глубоководную внутришельфовую депрессию. С этой точки зрения термин «шельфовый блок» тоже не совсем корректен, потому как псевдоабиссаль тоже шельф. Поэтому можно рекомендовать автору использовать термин «мелководно-шельфовый».

3. Раздел 5.1.1 «Подбор современных аналогов». Приведенные автором современные аналоги обстановок, в которых формировались отложения ачимовской толщи, как таковыми аналогами не являются. Единственное, что можно назвать общим, это формирование конусов выноса у западного побережья Северо-Американского континента и в раннемеловом бассейне Западной Сибири. Самым главным отличием вышеупомянутых древних обстановок является существование в готеривском и валанжинском веках в Западно-Сибирском бассейне обширных прибрежных равнин, временами заливавшихся морем и областей мелкого моря. Ачимовские отложения

формировались у подножия аккумулятивного склона, который был удален от областей питающей суши на несколько сот километров. Высота склона не превышала нескольких сотен метров. У побережья Северной Америки, из-за крайне малой ширины шельфа, осадки практически сразу попадают на континентальный (а не на аккумулятивный) склон высотой несколько километров. Морфология каньонов на континентальном склоне, их размеры и величина вреза существенно отличаются от более скромных по своим размерам врезам питающих каналов на аккумулятивном склоне. Морфология конусов выноса будет также отличаться ввиду большой высоты склона, близости питающей суши, которая характеризуется высотой гор более 4 км, а также широким развитием на континентальном склоне дизъюнктивных нарушений, которые усложняют морфологию шлейфов и конусов выноса и т.п. и т.д. Сравнительный анализ можно проводить между любыми объектами, но перечисленные автором объекты (каньон Партингтон, каньон Пионер) аналогами древних обстановок раннемелового бассейна Западной Сибири не являются.

4. Приводится не совсем верная интерпретация S-преобразования как некоторой методики, являющейся переходной к вейвлет-анализу. В то же время данное преобразование появилось существенно позже вейвлет-преобразования и являлось его некоторой альтернативой, позволившей связать оконное преобразование Фурье с локально-масштабным подходом вейвлетов.

5. К такому же типу неточностей относится и утверждение, «что применение в качестве базисных вейвлетов реальных, т.е. извлеченных из волнового поля, сигналов невозможно» (стр. 51). Дело в том, что некоторый реальный сигнал может быть взят в качестве материнской функции для создания вейвлета (именно, это и было когда-то сделано A.Grossmann и J.Morlet в 1984), но такая работа достаточно сложна. Поэтому более простой путь состоит в подборе требуемого вейвлета среди уже существующих.

6. В тексте диссертации имеются мелкие грамматические ошибки (неверное согласование окончаний и пр.).

Одновременно следует отметить, что устранение указанных недостатков, несомненно, улучшило бы восприятие представленного текста диссертации. В то же время их наличие не снижает значимости выполненных исследований и полученных результатов.

10. Вывод

Диссертационная работа, представленная Буториным Александром Васильевичем по теме «Изучение детального строения ачимовского нефтегазоносного комплекса на основе спектральной декомпозиции сейсмического волнового поля» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные технологические и методические решения, имеющие важное народнохозяйственное значение для нефтегазовой геологии Западной Сибири и развития России. Основные результаты диссертационной работы прошли

апробацию на российских и международных конференциях. Опубликованные автором диссертации работы отражают основные научные результаты.

Автореферат содержит основные результаты и выводы научного исследования, отражает личный вклад автора в изучение проблемы, демонстрирует научную новизну и практическую значимость проведенного исследования.

Диссертация соответствует критериям, установленным п 9 Положения о присуждении учёных степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 и изменения, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 года № 335) для учёной степени кандидата наук, а ее автор Буторин Александр Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв обсуждены на заседании лаборатории «Динамических проблем сейсмики», где с экспертизой работы выступал доктор наук Г.М. Митрофанов, а также на объединенном «Геофизическом семинаре» отделения геофизики ИНГГ СО РАН 28 апреля 2018 года (протокол № 3), где присутствовало 32 научных сотрудника (из них 9 докторов наук и 15 кандидатов наук по данной специальности). Отзыв одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Отзыв составлен:

Ведущий научный сотрудник лаборатории

«Динамических проблем сейсмики»

ИНГГ СО РАН,

доктор физ.-мат. наук



Митрофанов Георгий Михайлович
раб. телефон +7(383)330 90 16,
630090 Новосибирск, пр. Коптюга, 3,
e-mail: MitrofanovGM@ipgg.sbras.ru