

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Шарафутдинова Айдара Рафисовича

«Особенности осадконакопления отложений тюменской свиты на основе результатов литолого-фациального анализа и методов машинного обучения»

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

**Актуальность диссертационной работы** обусловлена необходимостью поиска решения проблемы освоения трудноизвлекаемых остаточных запасов нефти на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки. Ключевым фактором, определяющим низкую выработку запасов нефти, выступает высокая неоднородность продуктивных пластов. И в этой связи недоучет литолого-фациальных особенностей отложений при формировании модели продуктивного пласта является одной из основных причин формирования обширных зон с недренируемыми запасами. Применение методов машинного обучения для классификации литолого-фациальных обстановок по данным геофизических исследований скважин (ГИС) является своевременным и востребованным направлением, позволяющим повысить достоверность межскважинной корреляции и обоснованно выделять зоны остаточных запасов.

**Объектом диссертационного исследования** являются терригенные отложения тюменской свиты среднеюрского возраста в пределах центральной части Приуральской нефтегазоносной области (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). На 6 месторождениях НГО, в основном, отмечается высокая степень выработанности активных запасов нефти, снижающаяся динамика добычи и высокая обводненность добываемой продукции. Породы-коллекторы характеризуются высокой степенью анизотропии фильтрационно-емкостных свойств по площади и разрезу. Залежи структурные с элементами литологического, тектонического и стратиграфического экранирования.

Примененный комплексный подход к интеграции геологических, геофизических и промысловых данных, использование современных методов математического моделирования и геостатистического анализа позволили автору сформировать детальную модель условий осадконакопления отложений тюменской свиты центральной части Приуральской НГО, установить закономерности распределения геолого-физических свойств продуктивных толщ и обосновать оптимальные параметры моделей машинного обучения, обеспечивающие выделение фациальных тел и определяющие достоверный результат классификации терригенных отложений тюменской свиты по данным ГИС, что определяет **научную новизну диссертационного исследования**.

### **Теоретическая и практическая значимость.**

По результатам работы выявлены особенности условий осадконакопления терригенных пластов тюменской свиты в пределах центральной части Приуральской нефтегазоносной области и показано влияние литолого-фациальных обстановок на распределение коллекторских свойств отложений.

Практическая значимость работы связана с возможностью дальнейшего использования разработанных соискателем алгоритмов машинного обучения для выявления литолого-фациальных особенностей отложений тюменской свиты на основе данных ГИС. Автором на основе фациальных и геолого-гидродинамических моделей определены факторы, контролирующие распределение остаточной нефтенасыщенности продуктивных пластов на месторождениях Приуральской НГО.

Результаты диссертационного исследования легли в основу рекомендаций по совершенствованию системы разработки Новомостовского, Яхлинского, Потанай-Картопьянского, Лазаревского, Ловинского и Пайтыхского месторождений Приуральской нефтегазоносной области, а также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «УГНТУ» при подготовке студентов по специальностям 21.05.02 «Прикладная геология»

(специализация «Геология нефти и газа») и 21.05.03 «Технология геологической разведки» (специализация «Геофизические методы исследования скважин») и направлению подготовки бакалавров 05.03.01 «Геология» (профили «Геология», «Нефтегазовая геология и геофизика»).

#### **Оценка содержания диссертации, ее завершенности.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников из 105 наименований. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков, 6 таблиц, 1 приложение.

В **первой главе** диссертационной работы представлен обзор результатов геологоразведочных работ на рассматриваемой территории Приуральской НГО, литолого-стратиграфическая характеристика тюменских продуктивных отложений, анализ тектонического строения, а также освещена актуальность применения методов машинного обучения в задачах нефтегазовой геологии.

Раздел 1.1. содержит сведения о геолого-геофизической изученности и особенностях геологического строения центральной части Приуральской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

*Здесь и далее – курсивом показаны замечания и вопросы по разделам диссертации.*

*В подразделе 1.1.1. Геолого-геофизическая изученность отсутствует описание результатов геологоразведочных работ и научных исследований, выполненных после 2010 г. Последний абзац подраздела «В настоящее время проводятся дополнительные доразведочные работы, направленные на выделение пропущенных перспективных ловушек углеводородов, а также изучаются выше- и нижележащие пласты» вызывает ряд вопросов: Выше- и нижележащие пласты относительно чего? На каких площадях проводятся дополнительные работы? Имеется терминологическая неточность – на пропущенные перспективные ловушки ставятся поисково-оценочные работы.*

Раздел 1.2. озаглавлен «Значение литолого-фациальных особенностей отложений при детализации геологического строения исследуемых объектов», хотя в разделе приводится лишь краткая информация о задачах литолого-фациального анализа (ЛФА) в целом, а также краткая история развития метода.

*Соискатель пишет, что «методы математического моделирования и геостатистического анализа становятся все более актуальными для оценки литолого-фациальных характеристик отложений». Однако не показывает примеров их практического применения в этих целях, ограничиваясь указанием возможностями визуализации и прогнозирования поведения флюидов в резервуарах при различных геологических условиях, но как это относится к литолого-фациальному анализу?*

В разделе 1.3. приводится достаточно полное и системное описание возможностей применения искусственного интеллекта и методов машинного обучения в решении задач нефтегазопроисковой и нефтегазопромысловой геологии.

Выводы к главе логично суммируют основные геологические особенности региона и обосновывают необходимость применения комплексного литолого-фациального анализа с элементами машинного обучения.

**Вторая глава** диссертации содержит сведения о методическом обосновании комплексного литолого-фациального анализа продуктивных отложений: с использованием кернового материала, данных ГИС и сейсморазведки.

При изучении кернового материала автором обосновано применение петрохимических модулей для выделения закономерностей изменения вещественного состава пород, показано как анализ гранулометрического состава и минерального состава глинистого цемента позволяют оценить изменение гидродинамической активности среды осадконакопления, описаны особенности структурного и текстурного анализа.

Для анализа по скважинам, пробуренным без отбора керна, предложен хорошо апробированный метод электрометрических моделей фаций В.С. Муромцева. Авторский

вклад заключается в адаптации этого метода для последующего машинного обучения – формировании эталонных кривых для выделяемых фациальных групп.

Для оконтуривания фациальных тел предложена методика, включающая анализ карт эффективных толщин и расчет атрибута спектральной декомпозиции. Применяемый метод спектральной декомпозиции сейсмических данных позволяет разложить исходный сейсмический куб на частотные компоненты с последующим RGB-смещением, получив итоговый атрибут, который анализируется по стратиграфическим или пропорциональным срезам между сейсмическими горизонтами. Автор указывает (стр. 53), что «полученный атрибутный куб сопоставлен с результатами анализа кернового материала и данных ГИС. Распределение спектров сигнала достоверно коррелируется с полученной ранее литолого-фациальной моделью исследуемой площади». Между тем, количественной оценки, позволяющей судить о достоверности результатов спектральной декомпозиции сигнала (к примеру, коэффициента корреляции между спектральными аномалиями и фациями, выделенными на основании изучения керна), в работе не приводится.

В п. 3 Выводов ко второй главе указано «сформированы концептуальные литолого-фациальные карты для каждого из продуктивных пластов», однако эти карты в главе не представлены, они приведены в следующей, третьей, главе.

В третьей главе представлены собственно результаты комплексного литолого-фациального анализа терригенных отложений тюменской свиты, на основе которых выявлены закономерности изменения условий осадконакопления отложений тюменской свиты исследуемой территории.

Соискателем на основе интеграции данных изучения керна, анализа кривых ГИС и спектральной декомпозиции сейсмических данных создана региональная литолого-фациальная модель интервала отложений тюменской свиты центральной части Приуральской НГО, выделены группы фациальных обстановок, установлены закономерности их пространственно-временного распространения. Следует заметить, что в подразделе 3.3 автором выделяется 14 групп фаций (таблица 3.1), а в подразделе 2.2 – 8 обстановок осадконакопления с эталонными кривыми электрометрических моделей (таблица 2.1). Как обеспечивается соответствие между этими классификациями?

Построены фациальные карты пластов Ю<sub>2-6</sub>. Чем обосновывается надежность выделения границ фациальных тел на неразбуренных участках и вне границ площадей 3D-сейсморазведки?

Анализ распределения гранулометрического состава и минералов глинистого цемента по продуктивным пластам позволил автору выявить снижение доли каолинита и увеличение гидрослюд вверх по разрезу, что трактуется как результат трансгрессии и сокращения областей денудации. При этом не указывается какое количество образцов было проанализировано для оценки распределения отложений по размеру фракций (рисунок 3.1) и минерального состава цемента (рисунок 3.2) по каждому пласту / каждому месторождению. Без этого невозможно оценить статистическую значимость наблюдаемых различий.

По итогам анализа соискателем выделяется два типа разреза, характеризующихся особенностями условий осадконакопления: «морской», соответствующий Ловинской, Яхлинской, Новомостовской и частично Пайтыхской площадям, и «континентальный» – в пределах Лазаревской, Понтанай-Картопынской и южной части Пайтыхской площадей.

**Четвертая глава** описывает методику выделения фациальных тел в разрезе с использованием алгоритмов машинного обучения, а также анализ влияния фациальных особенностей на коллекторские свойства отложений тюменской свиты и выработку запасов нефти. На взгляд рецензента, раздел было бы целесообразно разделить на две самостоятельных главы: первая – включающая методическую часть (разделы 4.1 и 4.2), вторая – результаты практической реализации методики (разделы 4.3 и 4.4).

В разделе 4.1 соискатель обосновывает применение методов машинного обучения для кластеризации разрезов по литолого-фациальным признакам, отмечая, что комплексное

использование нескольких методов ГИС повышает эффективность классификации отложений по условиям осадконакопления. В этой связи проведен анализ исходной скважинной информации – охват скважин различными методами ГИС, характеризующими различные физические свойства отложений. В основу выборки скважин легли методы, общий процент охвата которых превысил 90%. Также в качестве дополнительного – взята кривая плотностного гамма-каротажа. Автором разработан алгоритм автоматизированной подготовки базы данных LAS-файлов, включающий проверку наличия и качества кривых ГИС в продуктивном интервале, описана процедура нормировки. Таким образом была подготовлена общая база данных для выделения в разрезах скважин литолого-фациальных тел. Формирование обучающей и тестовой выборок выполнено на скважинах с отбором керна (3% от общего фонда), что признается автором недостаточным для соблюдения статистических рекомендаций. Как соискателем оценивается репрезентативность столь малой выборки для рассматриваемой территории, характеризующейся существенной фациальной изменчивостью? Также целесообразно привести данные о количестве образцов (интервалов), приходящихся на каждый класс в обучающей выборке, это важно для оценки дисбаланса классов.

В разделе 4.2 детально описан процесс обучения и анализа точности предсказаний на основе пяти моделей машинного обучения: метода опорных векторов, алгоритма ближайших к соседям, наивного Байесовского классификатора, метода Случайного леса и нейросетевой модели. Большая часть моделей машинного обучения имеет высокую долю сходимости с обучающей выборкой, отличие результатов классификации заключалось в единичных небольших по толщине интервалах. Итоговая кривая классификации была сформирована на основе принятия средневзвешенного значения и имеет наибольшую сходимость с результатами комплексного ЛФА отложений. Таким образом соискателем подобрана оптимальная методика классификации отложений по разрезу скважин на основе алгоритмов машинного обучения.

В разделе 4.3 рассмотрено влияние фациальных обстановок, а также тектонических нарушений, на распределение фильтрационно-емкостных свойств тюменских продуктивных отложений. Результаты фациальной классификации интегрированы автором в трехмерные геолого-гидродинамические модели. Построены трехмерные фациальные модели месторождений исследуемой территории. Установлены особенности распределения коллекторских свойств отложений тюменской свиты по фациальным зонам: они отражены в сводной таблице с характеристиками неоднородности коллекторских свойств (таблица 4.4) и в наборе графических материалов (рисунки 4.19 и 4.20). К рисункам 4.19-4.20 неверно приведены названия: «Гистограмма распределения коэффициента пористости ...» (?). На этих же рисунках допущена ошибка в подписи к фациальным картам – «Фациальная фаций ...». Почему соискатель не приводит значения коллекторских свойств фациальных зон отдельно по каждому продуктивному пласту Ю<sub>2-7</sub> (таблица 4.4)?

Раздел 4.4 содержит анализ промысловых характеристик работы скважин в привязке к фациальным зонам. В качестве анализируемых характеристик были выбраны усредненные за три месяца данных по среднемесячным дебитам нефти и обводненности продукции, а также накопленная добыча нефти. С целью выявления зон остаточных запасов проведен анализ распределения текущих подвижных запасов нефти месторождений.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Автореферат диссертации отражает ее содержание.

**На защиту вынесены следующие положения:**

1. Особенности условий осадконакопления отложений тюменской свиты центральной части Приуральской нефтегазоносной области, выделенные на основе комплексного анализа данных описания кернового материала, геофизических исследований скважин, а также результатов интерпретации сейсморазведочных работ.

2. Алгоритмы машинного обучения, позволяющие выделить фациальные особенности отложений в разрезах скважин на основе комплексного применения данных проведенных в них геофизических исследований.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность результатов исследования и рекомендаций обеспечивается использованием достаточного количества фактического материала, применением актуальных методов обработки первичных данных, а также методов статистического и математического анализа геолого-геофизических данных и современного программного обеспечения.

### **Степень достоверности полученных результатов.**

В работе учтены результаты предыдущих научных исследований по объекту и предмету изучения. Достоверность полученных соискателем геологических моделей согласуется с общими представлениями о геологическом строении и развитии исследуемой нефтегазоносной области и обосновывается сходимостью результатов интерпретации геолого-геофизических данных, полученных разными методами.

### **Публикации и апробация работы.**

Основные результаты и положения диссертационной работы, полученные автором, изложены в 11 опубликованных работах (в т.ч. 3 – в изданиях из перечня ВАК, 3 – в изданиях, индексируемых Scopus), апробированы на 12 всероссийских и международных конференциях, а также научно-технических совещаниях ТПП «Урайнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь». Соискатель является автором 2 РИД – программ для ЭВМ.

### **Общие замечания к работе.**

1. На взгляд рецензента наименование работы не в полной мере отражает ее содержание: 1. не показана региональная привязка изучаемого объекта – тюменских отложений – к центральной части Приуральской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции; 2. существенная часть диссертации посвящена методическим вопросам (обоснование методики комплексного литолого-фациального анализа, разработка методики выделения фациальных тел с использованием алгоритмов машинного обучения), что определяет значимость работы, и о чем следовало бы указать в названии.

2. Соискателем не акцентировано внимание на двух важных вопросах – фактологическая база исследований и личный вклад автора. Знакомясь с текстом диссертации, постепенно, из разных разделов, узнаешь об использовании данных ГИС по 2091 скважине, кернового материала – по 64 скважинам. Но окончательно так и остается неясным – какой общий объем материалов был использован (к примеру, и объемы 3D-сеймики, и объемы и виды исследований керна и др.)? Касательно личного вклада, то из текста диссертации очевидно, что представленная работа является частью более крупного(ых) проекта(ов) (в рамках реализации программы развития научного центра мирового уровня при поддержке Минобрнауки России, работ с дочерними обществами ПАО «ЛУКОЙЛ»). К примеру, соискателем приводится указание, что результаты микроскопического и лабораторного изучения керна предоставлены ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» (стр. 33, 60). В этой связи особенно важно подчеркнуть личное участие автора и его личный вклад в получении научных результатов и их обосновании.

3. Имеется общее замечание технического характера – расшифровка цветовых обозначений фациальных обстановок приведена единожды (глава 3, таблица 3.1), при этом отдельных рисунков, с отсылкой к этим условным обозначениям, более 15 (!), в том числе, размещенных в другой главе. Это сильно затрудняет чтение и интерпретацию графических материалов.

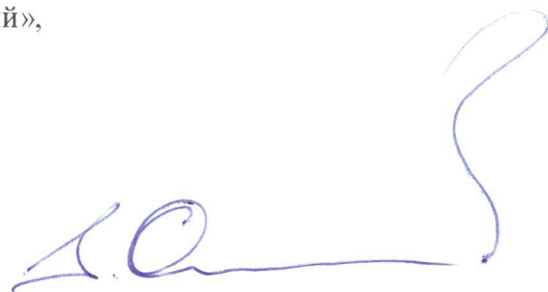
Несмотря на вышеуказанные замечания, необходимо отметить, что диссертация Шарафутдинова Айдара Рафисовича «Особенности осадконакопления отложений тюменской свиты на основе результатов литолого-фациального анализа и методов

машинного обучения» является законченной научно-квалификационной работой, структура ее логична и последовательна, выводы достаточно раскрыты и обоснованы.

Диссертационная работа Шарафутдинова А.Р. соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842) к кандидатским диссертациям, обеспечивает решение научной задачи, а именно выявления закономерностей распределения условий осадконакопления отложений тюменской свиты ряда месторождений центральной части Приуральской нефтегазоносной области, имеющей существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Я, Осипов Александр Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Осипов Александр Викторович  
кандидат геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.12 – «Геология, поиски  
и разведка нефтяных и газовых месторождений»,  
доцент, декан нефтегазового факультета  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе»  
117485, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23  
телефон: +7 (495) 255-15-10 доб. 2313  
e-mail: osipovav@mgri.ru



25.05.2026

