

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Мустафаева Мурата Кенесбаевича**

на тему «Геолого-технологическое обоснование освоения остаточных запасов нефти меловых и юрских отложений Бузачинского свода», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 2.8.3. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Диссертационная работа Мустафаева Мурата Кенесбаевича посвящена решению задач нефтегазопромысловой геологии – исследованию влияния фильтрационно-емкостных свойств, параметров пород продуктивных пластов меловых и юрских отложений нефтяных месторождений Бузачинского свода на степень выработки запасов. Работа выполнена на результатах исследования керна, петрофизических зависимостей и классификации коллекторов по индикатор гидравлической единицы (FZI) пластов меловых и юрских отложений, и несомненно является одним из наиболее интересных и значимых научно-практических направлений в области рационального освоения запасов нефти в сложных по геологическому строению месторождений.

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время понимание возможности более полного освоения запасов нефти непосредственно связано с изучением детального строения коллектора, гидродинамических и физико-химических процессов, происходящих в насыщенной флюидом порода-коллекторе. Работа посвящена совершенствованию существующих подходов к детализации геологического строения нефтяных месторождений, на основе разработанных методик, направленные на уточнение количественной оценки и прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов и структуры пустотного пространства породы. В этой связи я считаю, что представленное диссертационное исследование М.К. Мустафаева является актуальным.

**Научная новизна** представленной работы, на мой взгляд, заключается в дифференциации продуктивных пластов меловых и юрских отложений Бузачинского свода по параметру гидравлического потока, характеризующего количественное и качественное состояние пласта, с последующим уточнением геолого-гидродинамической модели залежи, а именно ее нижней границы и распределения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород-коллекторов.

**Цель работы** состояла в разработке методик, позволяющих прогнозировать фильтрационно-емкостные свойства, гидравлическую структуру порового

пространства, детализировать геолого-гидродинамическую модель залежей нефти и принимать обоснованные решения по эффективному освоению запасов нефти.

**Предмет исследования** – неоднородные песчано-алевритовые с глинисто-карбонатным и карбонатным цементом пласты меловых и юрских отложений Бузачинского свода. В диссертационной работе соискателем обозначены следующие **задачи**:

1. Разработка методического подхода оценки неоднородности по фильтрационно-емкостным свойствам продуктивных пластов нижнего отдела меловой и среднего отдела юрской систем Бузачинского свода.

2. Изучение влияния неоднородности пластов по фильтрационно-емкостным свойствам на характер распределения нефтенасыщенности.

3. Разработка новых подходов построения трехмерных геолого-гидродинамических моделей для повышения достоверности прогноза геологических и подвижных запасов нефти.

4. Проведение экспериментальных исследований и геолого-технологического обоснования по повышению степени выработки трудноизвлекаемых запасов нефти.

5. Внедрение предложенных рекомендаций по результатам детализации геологического строения и построения трехмерных геолого-гидродинамических моделей.

В основу диссертации положен широкий перечень фактических данных результатов исследования керна, результатов геофизического исследования скважин и обработки кривых капиллярных давлений, геолого-промысловых данных по скважинам собранных и систематизированных автором.

Решение поставленных **задач** реализовано соискателем путем обобщения и анализа результатов исследования 3200 стандартных цилиндрических образцов керна из 93 скважин (суммарная проходка с отбором керна равна 3283,33 м, средний вынос керна – 65,16 %), с использованием: различных методов статистической обработки данных, математических моделей, позволяющих аппроксимировать полученные зависимости с точностью, достаточной для практических целей, а также аналитических формул, позволяющих получить в ряде случаев тесные корреляционные связи между фильтрационными и емкостными свойствами, а также параметром FZI.

**Содержание диссертации.** Общий объем представленной к оппонированию работы 105 страниц. Диссертация М. К. Мустафаева иллюстрирована 80 рисунками, и содержит Введение, 4 главы, Заключение. Список использованных источников содержит 114 наименований.

**Глава 1** озаглавлена «Обзор научно-технической литературы и анализ промысловых данных по разведке и эксплуатации объектов нефтедобычи

Бузачинского свода». В главе представлен краткий обзор научно-технической литературы по изучаемой территории, региональный обзор, геологическое строение рассматриваемых месторождений, а также особенности выработки остаточных запасов нефти на примере месторождения Каламкас. Здесь автор диссертации с широким использованием научных литературных источников исследует основные геологические причины низкой и неравномерной выработки запасов нефти в отложениях мела и юры Бузачинского свода. В результате соискателем обозначено ряд научных задач для повышения эффективности выработки остаточных запасов нефти в условиях неоднородного литологического, минералогического и гранулометрического состава.

**Глава 2** посвящена лабораторным исследованиям кернового материала продуктивных пластов и совершенствованию подходов детализации геологического строения с использованием статистических методов.

В первой части главы соискателем представлены результаты обработки лабораторных исследований керна. В результате изучения геологического строения продуктивных пластов байосского и батского ярусов месторождения Каламкас предложена подход к дифференциации продуктивных пластов по ФЕС на основе использования комплексного параметра FZI, на основании которого выделены различные группы (классы) коллекторов для условий залегания байосского и батского ярусов среднего отдела юрской системы месторождения Каламкас. Для каждой выделенной группы коллекторов получены собственные корреляционные зависимости «проницаемость-пористость» и закономерности изменения комплексного параметра FZI от гранулометрического состава пород (содержания пелитовой фракции). Проведено сопоставление результатов выделения различных групп коллекторов в пределах байосского и батского ярусов среднего отдела юрской системы в пределах месторождения Каламкас с некоторыми результатами исследования образцов горных пород, выполненных с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Во второй части главы изучено влияние неоднородности по ФЕС на характер распределения насыщенности пластов. На основании приведенных расчетов представлена возможность оценки положения межфлюидных контактов при обосновании границ контура нефтеносности и распределения запасов нефти в пластах с широким диапазоном изменения ФЕС. С помощью данного способа оценки получены различные соотношения величин коэффициентов проницаемости  $K_{np}$  и пористости  $K_n$  при котором размеры капиллярного барьера в залежи будут превышать высоты 1,0; 1,5 и 2,0 м над уровнем принятого ВНК для условий залегания рассматриваемого месторождения Каламкас.

В целом необходимо отметить использование автором большого массива первичных данных, что повышает ценность исследования и уровень надежности

выводов главы 2. На мой взгляд, как оппонента, глава 2 обобщает значительный по охвату и глубине проработки объем исследований, и защищаемое положение 1 и 2 и п. 1 и 2 научной новизны на основе этой главы следует признать обоснованным и доказанными.

В главе 3 «Построение трехмерной модели и оценка запасов нефти с учетом детализации геологического строения пластов» автором для достоверного построения трехмерной модели предложен метод определения зон различного фильтрационного поля и как следствие участков локализации остаточных запасов нефти сложной конфигурации. Для определения зон распространения каждой из выделенной во главе 2 группы коллектора и последующей оценки окончательного поля проницаемости, автором использован комплексный параметр FZI по каждой скважине. Чтобы получить непрерывный параметр FZI по скважинам, в которых не выполнен отбор и лабораторное изучение керна, соискателем выполнено сопоставление результатов лабораторных исследований с материалами геофизических исследований скважин (ГИС) с помощью инструментов регрессионного анализа, в результате чего им получена аналитическая зависимость величины FZI и ГИС. На основе данной дифференциации в трехмерной геологической модели выделены четыре зоны, каждая из которых соответствует определенной группе коллекторов. Кроме того, моделирование поля нефтенасыщенности при наличии зон переходного насыщения является использованием J-функции на основе кривых капиллярных давлений (ККД). В пределах изучаемого байосского яруса специальные исследования керна в виде ККД методом полупроницаемой мембраны проведены на 42 образцах керна, отобранных из 6 скважин. При обработке результатов ККД объекта исследования М.К. Мустафаевым выявлено, что лучшая дифференциация J-функции и ККД наблюдается по значению комплексного параметра FZI, а не коэффициента пористости  $K_p$  образцов горных пород. Следовательно, для повышения достоверности построения трехмерной модели, автор считает, необходимым построение корреляционной зависимости  $J = f(K_v)$  для каждой группы, выделенной по комплексному параметру FZI. В связи с этим выполнена оценка комплексного параметра FZI с использованием результатов лабораторных исследований керна

Полученные результаты и выводы соискателя по учету комплексного параметра FZI при геолого-гидродинамическом моделировании следует поддержать. Главой 3 соискателем обоснован и доказан п. 3 научной новизны и п. 3 защищаемых положений представленной диссертационной работе.

Глава 4 диссертационной работы посвящена экспериментальному и геолого-технологическому обоснованию мероприятий по повышению выработки остаточных запасов нефти из пластов нижнего отдела меловой и среднего отдела

юрской систем Бузачинского свода. Автор предлагает решить эту проблему, в том числе путем исследования влияния температуры рабочего агента на коэффициент вытеснения сверхвязкой нефти. В ходе лабораторного исследования влияния температуры закачиваемой воды на коэффициент вытеснения сверхвязкой нефти получены следующие результаты: закачка горячей воды в пласты объекта исследования является перспективной технологией, направленной на повышение выработки остаточных ГРИЗ; динамика коэффициента вытеснения резко увеличивается при повышении температуры закачиваемой воды свыше 50 °С; установлена аналитическая зависимость между комплексным параметром FZI образцов керна и коэффициентом вытеснения сверхвязкой нефти при закачке горячей воды; снижение минерализации негативно влияет на коллекторские свойства: для высокопроницаемых – ухудшает незначительно, для среднепроницаемых – ухудшает в 4-50 раз, для низкопроницаемых – приводит к набуханию глин и полному закупориванию поровых каналов. В данной главе обосновано 4 защищаемое положение.

Оппонент считает важным отметить следующее:

**По степени обоснованности научные положения, выводы и рекомендации** диссертационной работы обеспечиваются использованием значительного объема данных фактического материала, их предварительным статистическим анализом на корректность и достоверность, а также использованием общепризнанных методик проведения экспериментов.

**Достоверность и научная новизна результатов диссертационного исследования** не вызывает сомнений. Автором диссертации сформулированы надежные подходы к изучению фильтрационно-емкостных свойств и гидравлической структуры порового пространства породы-коллектора меловых и юрских отложений Бузачинского свода.

Проведенные М. К. Мустафаевым исследования имеют важное **практическое значение** для обеспечения и обоснования выработки запасов нефти из сложных коллекторов месторождений Каламкас и Каражанбас.

Высокий уровень апробации работы подтвержден докладами на международных научно – практических конференциях: IV Международном научном симпозиуме «Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов» (ВНИИнефть, Москва, 2017 г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы и опыт разработки трудноизвлекаемых запасов нефтегазоконденсатных месторождений» (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, 2017 г.); Международной научно-практической конференции «Методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти» (Актау, 2018 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию горно-нефтяного факультета УГНТУ и 100-летию ученого

Спивака Александра Ивановича (УГНТУ, Уфа, 2023 г.); Международной научно-практической конференции «Освоение углеводородного потенциала – Зеленые технологии» (НЦМУ, УГНТУ, Уфа, 2024 г.); на XVII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники – 2024» (УГНТУ, Уфа, 2024 г.); IX Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Геолого-геофизические исследования нефтегазовых пластов» (с международным участием), посвященной 60-летию кафедры геофизики УУНиТ (Уфа, 2024 г.); I Международной научно-практической конференции «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений на поздней стадии» (АГНИ, Альметьевск, 2024 г.).

У оппонента по мере ознакомления и изучения диссертационной работы возникло несколько вопросов и замечаний:

1. В работе при анализе текущего состояния разработки и выработки остаточных запасов по основным объектам одного из рассматриваемых месторождений достаточно подробно приводится информация о текущем и утвержденном значении коэффициента извлечения нефти (КИН). При этом в тексте работы не указано каким образом были определены данные величины?

2. Рекомендуются в дальнейшем результаты выделения различных групп коллекторов с помощью комплексного параметра FZI сопоставить и увязать с литолого-фациальными разностями (фациями) объекта исследования.

3. В разделе 2.1.2 представлена информация по сопоставлению результатов выделения различных групп коллекторов с данными сканирующего электронного микроскопа. В качестве примеров рассмотрены несколько результатов для каждого рассматриваемого яруса месторождениям Каламкас. Необходимо указать какой общий объем исследований, проведенных с помощью электронного микроскопа?

4. В разделе 2.2 получены кросс-плоты коэффициентов проницаемости и пористости для различных размеров капиллярного барьера (от 1 до 2 м). В пределах выбранных объектов исследования могут капиллярные барьеры иметь другие размеры?

5. На рисунке 3.7 в тексте диссертационной работе приведен планшет скважины с синтетической кривой FZI. Из данного рисунка видно, что синтетическая кривая FZI имеет хорошую визуальную согласованность с результатами лабораторных исследований керна. При этом в работе не указана количественная мера согласованности синтетических и экспериментальных данных?

**В заключение** оппонент отмечает, что диссертационная работа М. К. Мустафаева является актуальной научной разработкой, и по содержанию

полностью соответствует паспорту специальности 2.8.3. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр». Научные положения и выводы диссертационной работы обоснованы и подтверждены сопоставлением результатов, полученных разными методическими подходами для продуктивных пластов мелового и юрского возраста Бузачинского свода. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями и критериями ВАК, установленными для кандидатских диссертаций. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

**Заключение по диссертационной работе.** Считаю, что приведенные оппонентом вопросы, замечания и отмеченные недостатки работы не снижают ее высокой научной и практической ценности в целом. Впечатление от диссертации у меня сложилось положительное. Хочу подчеркнуть взаимоувязанность глав и разделов, действительно связанных единым замыслом, и доступный язык изложения. Понимая глубину задачи, поставленной соискателем, хотел бы отметить, что её автор проявила настойчивость в доказательстве своих представлений о геологическом строении нефтяных месторождений Бузачинского свода на основе того массива геолого-геофизических данных, который ему удалось собрать и обработать. На мой взгляд, диссертационное исследование демонстрирует высокий квалификационный уровень в области нефтегазопромысловой геологии.

**Вывод:** Считаю, что диссертационная работа Мустафаева Мурата Кенесбаевича «Геолого-технологическое обоснование освоения остаточных запасов нефти меловых и юрских отложений Бузачинского свода», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 2.8.3. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-практическая задача повышения степени освоения остаточных запасов нефти на основе дифференциации продуктивных пластов по фильтрационно-емкостным свойствам и гидравлической структуре порового состава породы-коллектора. Рассматриваемая работа обладает научной новизной, внутренним единством.

Считаю, что по актуальности выбранной темы, научной новизне и практической значимости диссертационная работа соответствует критериям п. 9-14, установленным «Положением о присуждении ученых степеней ВАК РФ от 24.09.2013 № 842», для ученой степени кандидата наук, и имеет существенное значение для нефтегазовой отрасли, а ее автор Мустафаев Мурат Кенесбаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических

наук по специальности 2.8.3. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Официальный оппонент,

доктор геолого-минералогических наук, профессор,

заведующий лабораторией «Геология нефти, газа и гидроминерального сырья»

ФГБУН «Институт земной коры»

Сибирского отделения РАН



А.Г. Вахромеев

«08» 09 2025 г.

Вахромеев Андрей Гелиевич,

Доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – Гидрогеология, профессор (ВАК, специальность «Технология бурения и освоения скважин»), заведующий лабораторией «Геология нефти, газа и гидроминерального сырья» Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт земной коры» Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), почетный работник промышленности Иркутской области

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128,

Тел. 8-983-41-85-148

e-mail: andrey\_igp@mail.ru

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

