

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Морозюка Олега Александровича на диссертацию Бондаренко Алексея Александровича на тему: «Обоснование комплексной технологии пароциклического воздействия на призабойную зону пласта при скважинной добыче сверхвязкой нефти», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

1. Актуальность темы диссертации

Вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), в частности запасов сверхвязкой нефти (СВН), сопряжено с применением тепловых методов. Пароциклические обработки (ПЦО) добывающих скважин являются одним из успешных способов добычи таких нефтей. Однако, существует ряд факторов, которые могут снижать эффективность ПЦО. К таким факторам относятся: малая нефтенасыщенная толщина пласта (увеличение теплопотерь и паронефтяного отношения), наличие крупных тектонических нарушений (потери тепла, отсутствие паровой камеры и охвата пласта тепловым воздействием), расчлененность пласта и наличие непроницаемых пропластков в разрезе пласта (экранирование роста паровой камеры, снижение охвата пласта тепловым воздействием), выпадение АСПО из нефти в пласте (ухудшение фильтрационно-емкостных свойств пласта, снижение продуктивности скважин). Очевидно, что повышение эффективности тепловых методов возможно за счет развития и совершенствования технологий извлечения СВН с учетом отмеченных выше факторов.

В этой связи диссертационная работа Бондаренко А.А., направленная на обоснование комбинированной технологии теплового и физико-химического воздействия на ПЗП для повышения эффективности добычи СВН является весьма актуальной.

2. Научная новизна диссертации

В работе экспериментально установлено, что для условий рассматриваемого объекта металлы Мо в составе водорастворимого прекурсора аммония молибденовокислого в реакциях каталитического акватермолиза обладает большей каталитической активностью относительно Ni, Fe и Cu, что подтверждается снижением вязкости и перераспределением группового состава исследуемой нефти.

На основе физико-математического моделирования (на примере одного из объектов СВН) качественно установлено, что совместная закачка пара и аммония молибденовокислого (в качестве прекурсора катализатора акватермолиза) позволяет снизить плотность органических отложений в ПЗП на 50% и повысить добычу нефти более чем на 20%.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты исследований не противоречат фундаментальным принципам и механизмам воздействия на пласт и нефтеизвлечения при применении тепловых и физико-химических методов воздействия на пласт. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается результатами экспериментальных и численных исследований, выполненных автором в соответствии с общепринятыми подходами. Экспериментальные исследования выполнены на современном лабораторном оборудовании, с использованием флюидов и кернового материала изучаемого объекта, в условиях максимального термобарического подобия.

ОТЗЫВ

4. Научные результаты, их ценность

К ключевым результатам диссертационного исследования Бондаренко А.А., представляющим ценность для науки и практики, следует отнести следующее:

1. Включение в реакцию акватермолиза сверхвязкой нефти (водонефтяное соотношение 0,3, температура 250°C, давление 7 МПа) водорастворимого прекурсора катализатора $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ в концентрации 5% масс. по нефти подтверждает, что переходный металл Мо проявляет большую каталитическую активность относительно Ni, Fe и Cu.

2. Посредством численных расчетов качественно установлено, что применение горизонтальных скважин с боковыми перфорационными каналами и водорастворимого прекурсора катализатора акватермолиза на основе молибдена позволяет повысить эффективность ПЦО скважин более чем на 20% относительно классической ПЦО без каталитического воздействия (в условиях изучаемого объекта).

Также, ценность результатов исследований заключается в возможности использования их для дальнейшего синтеза катализаторов (различного типа) для условий объекта диссертационного исследования.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании методического подхода к выбору переходных металлов для использования их в составе каталитических химических композиций в реакциях акватермолиза.

Практическая значимость работы заключается в совершенствовании технологии ПЦО, за счет применения горизонтальных скважин с тонкими перфорационными каналами, пробуренными от основного материнского ствола, и комбинированном воздействии на ПЗП паром и катализатором на основе молибдена, что позволяет снизить риск возможного негативного воздействия АСПО на ФЕС коллектора, увеличить эффективность теплового воздействия, и повысить технологическую эффективность ПЦО скважин при разработке залежей СВН.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Сформированный автором алгоритм подбора переходных металлов для использования их в составе каталитических композиций в реакциях акватермолиза может использоваться в научных центрах/лабораториях при сопровождении проектов по реализации ПЦО скважин для залежей СВН.

Выполненные исследования могут лечь в основу для дальнейшего синтеза прекурсоров катализаторов (различного типа) для рассматриваемого в работе объекта, с последующим промышленным применением.

7. Замечания и вопросы по работе

– Не до конца понятен процесс выбора прекурсоров для рассматриваемого объекта. Автор отмечает, что учитывал опыт исследований по другим объектам, но, при этом в главе 1 отмечается, что параметры/свойства конкретного объекта влияют на эффективность того или иного прекурсора/катализатора. Все-таки, по каким параметрам осуществлялся выбор прекурсоров? И какие конкретно параметры/свойства исследуемого объекта учитывались при выборе прекурсоров? В анализе (глава 1) делался упор на реагенты, показавшие эффект при

температуре до 200С. При выборе прекурсоров учитывался опыт, где эффект получен при 240-250С. Какие все-таки критерии (параметры и их диапазоны) выбора прекурсора необходимо использовать для выбора прекурсоров для конкретного объекта?

– Отсутствует информация о влиянии растворенного газа в нефти на процесс акватермолиза. В исследованиях используются дегазированные модели нефти, но в реальных пластовых условиях нефть насыщена газом и имеет другие реологические свойства. Как наличие газа в нефти повлияет на процесс акватермолиза, и будет ли в этих условиях эффективен подобранный прекурсор катализатора?

– Эффект от акватермолиза необходимо сравнивать при высоких температурах, соответствующих ПЗП после ПЦО. В работе автор в основном анализирует/отмечает эффект от акватермолиза при 20°С (не соответствует пластовой при ПЦО), при этом не приводит анализ эффекта (снижение вязкости) в пластовых температурных условиях при ПЦО (150-250°С – температура в ПЗП после закачки пара). Необходимо сравнить вязкость нефти при 150-250°С для следующих вариантов: нефть без акватермолиза, нефть с некаталитическим акватермолизом, нефть с каталитическим акватермолизом с различными прекурсорами. В этом случае можно оценить «реальный» эффект от акватермолиза в пластовых условиях при ПЦО. Из рисунка 57 следует, что даже при температуре 80°С вязкость исходной нефти и нефти после некаталитического и каталитического акватермолиза имеют близкие значения, что говорит о гораздо большей чувствительности вязкости нефти к тепловому воздействию чем к акватермолизу. При реализации ПЦО, после этапа закачки пара (300°С), в ПЗП будет формироваться зона с высокой температурой 250-50°С (в зависимости от расстояния). В этих условия дальнейший акватермолиз (в том числе с катализаторами) будет мало эффективен, так как вязкость нефти уже существенно изменится от температурного (теплового) воздействия. Более того, как установлено автором, влияние акватермолиза на вязкость нефти происходит при температуре выше 150°С (рисунок 68) и при выдержке не менее 6 часов (рисунок 69).

– В работе не приведены численные значения вязкости нефти, полученные по результат исследований (например, в табличном виде). Кривые вязкости приводятся только в виде рисунков, по которым невозможно оценить абсолютные значения вязкости (особенно при температуре 40-80С), в том числе ее изменение после акватермолиза. Невозможно оценить/проверить относительные величины снижения вязкости, которые автор приводит в тексте диссертации. Например, на стр. 107 автор отмечает *«после выдержки в течение 6 ч вязкость нефти при температурах 40С, 60С и 80С снижается на 23%, 37% и 24% соответственно относительно некаталитического воздействия»*, при этом невозможно оценить достоверность этих величин по рисунку 69.

– В работе не приведены результаты фильтрационного эксперимента (динамика вытеснения нефти, перепада давления, объема закачки пара и др.). Невозможно оценить корректность его выполнения. Не указано на каком этапе вытеснения отобрана проба нефти для анализа группового состава (рисунок 74). Также, отсутствует анализ причин вероятного отложения АСПО в керновой модели. Наиболее распространенными причинами являются: равенство температуры пласта и температуры насыщения нефти парафином, снижение температуры пласта (или в стволе скважины) ниже температуры насыщения. Нагрев нефти как раз помогает бороться с выпадением АСПО. Необходимо дать развернутые пояснения по этим вопросам.

– Не полностью обоснован выбор модели акватермолиза (в т.ч. с катализаторами) для его моделирования (рисунок 79, 81). В полной мере не описаны причины разного характера распределения высокомолекулярных компонентов нефти (рисунок 80). На каком основании в модели учтено выпадение высокомолекулярных компонентов нефти? И какие лабораторные параметры, установленные автором в работе, использовались для учета этого процесса? Какие кривые вязкости (и их изменение после акватермолиза) использовались в модели, если исследования выполнялись в диапазоне 20-80°С?

– Не обосновано принято описание молярного соотношения «легких» и «тяжелых» компонентов в модели (формула 5, таблица 19) по значениям изменения вязкости нефти (тем более замеренным при температуре 20°C). Нет информации как определялась концентрация компонента «легкая нефть» в таблице 19. Корректнее было бы для определения кинетических параметров реакции использовать результаты группового анализа нефти, представленные на рисунке 72.

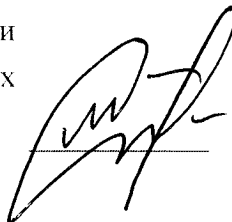
Однако, обозначенные замечания не снижают научной и практической ценности работы.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Обоснование комплексной технологии пароциклического воздействия на призабойную зону пласта при скважинной добыче сверхвязкой нефти», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Бондаренко Алексей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук** по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент

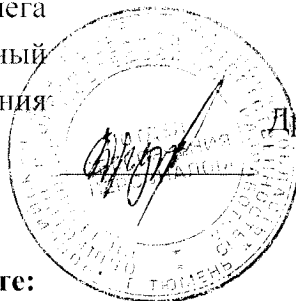
Старший эксперт управления НИОКР в области исследования керна и пластовых флюидов Центра исследований керна ООО «РН-Геология Исследования Разработка», кандидат технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, доцент



Морозюк Олег Александрович

26 июня 2026 г.

Подпись Морозюка Олега Александровича заверяю: главный специалист Отдела обеспечения персоналом ООО «РН-ГИР»



Дружинина Наталья Александровна

Сведения об официальном оппоненте:

Общество с ограниченной ответственностью «РН – Геология Исследования Разработка»

Почтовый адрес: 625048, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42

Официальный сайт в сети Интернет: <https://tnnc.ru/>

Эл. почта: omorozuk@gmail.com

Телефон: +7(919) 455-42-99