ОТЗЫВ

на автореферат **Гарифуллиной Чулпан Айдаровны** по теме диссертационной работы: "**Экспериментальное исследование физико-химических процессов при закачке в пласт и утилизации CO_2**" на соискание ученой степени кандидата наук по специальности: 2.8.4 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" (технические науки)

1. Актуальность работы

Диссертационная работа Ч.А. Гарифуллиной посвящена актуальной проблеме исследования физико-химических и геохимических процессов, сопровождающих закачку диоксида углерода в пластовые системы и его утилизацию.

Актуальность работы определяется развитием технологий CCS и CCUS, а также необходимостью учета взаимодействия CO_2 с пластовой водой и породой. Эти процессы могут приводить к изменению минерального состава, пористости и проницаемости коллектора, возникновению солеотложений и других технологических осложнений, влияющих на эффективность и безопасность закачки CO_2.

Практическую значимость постановки задачи повышает проведение исследований для характерных нефтенасыщенных и водоносных горизонтов нижнего карбона и девона Урало-Поволжья.

2. Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы заключается в комплексном экспериментальном исследовании взаимодействия в системе «CO_2 – пластовая вода – горная порода» в условиях, приближенных к пластовым, с использованием дробленого керна и составных керновых моделей. Предложенный подход позволяет идентифицировать геохимические процессы и оценивать их влияние на фильтрационные свойства пород.

Автором получены оценки процессов растворения и переосаждения минералов, выявлены риски солеотложений и снижения проницаемости. Отдельным результатом является экспериментальная оценка способа утилизации CO_2 на металлосодержащих наполнителях с получением водорода.

Практическая значимость результатов определяется возможностью их использования при проектировании и мониторинге закачки CO_2, оценке геохимических рисков и выборе условий реализации технологий CCS и CO_2-МУН.

3. Использованный автором подход к решению задач

Для решения поставленных задач использован комплексный экспериментально-аналитический подход, включающий лабораторные исследования взаимодействия CO_2 с металлическими наполнителями, пластовой водой и керновым материалом.

Исследования природных пористых сред проводились при пластовых давлениях и температурах с использованием реальных проб пластовой воды, дробленого керна и составных керновых моделей. Контролировались изменения состава воды, газовой фазы, минерального состава пород и их фильтрационных свойств.

Экспериментальные результаты дополнительно интерпретировались с использованием гидрогеохимического моделирования, что позволило уточнить характер процессов, протекающих непосредственно в пластовых условиях и при последующей дегазации.

4. Наиболее значимые результаты работы

К наиболее значимым результатам работы следует отнести:

1. подтверждение возможности утилизации CO_2 на металлосодержащих наполнителях с достижением степени утилизации до 86 % и содержания водорода в газовой фазе до 83 %;

2. установление интенсивного растворения карбонатных минералов в породах нижнего карбона и выявление риска обратного осаждения солей при снижении давления;
3. установление отсутствия существенного влияния остаточных углеводородов на характер исследованных геохимических процессов в водо- и нефтенасыщенных интервалах близкого минерального состава;
4. выявление влияния растворения, переноса и переосаждения глинистых минералов на проницаемость девонских терригенных коллекторов, особенно в менее проницаемых интервалах;
5. разработку практических рекомендаций по учету выявленных геохимических процессов при проектировании и мониторинге закачки CO_2.

5. Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов обеспечивается значительным объемом лабораторных исследований, включая контрольные эксперименты, использованием утвержденных методик и ГОСТ при анализе пластовой воды и минерального состава пород, а также сопоставлением экспериментальных данных с теоретическими представлениями и результатами геохимического моделирования.

Дополнительную обоснованность выводам придает использование реальных пластовых вод и кернового материала, проведение экспериментов при условиях, соответствующих исследуемым объектам, и комплексный контроль изменения состава флюидов, пород и фильтрационных свойств.

6. Замечания по работе

При общей положительной оценке диссертационной работы по автореферату можно высказать следующие замечания.

1. Значительная часть количественных выводов о влиянии геохимических процессов на проницаемость получена в экспериментах продолжительностью порядка нескольких недель - одного месяца. В то же время процессы геологического хранения CO_2 рассчитаны на значительно более продолжительные временные интервалы. В автореферате было бы полезно более подробно обосновать возможность переноса выявленной динамики изменения проницаемости на более длительные сроки либо четче обозначить границы применимости полученных количественных зависимостей. Следует отметить, что сам автор относит количественную оценку кинетики и исследование кратко- и долговременных эффектов к перспективным направлениям дальнейшей работы.
2. Полученные пороговые значения проницаемости, определяющие характер перераспределения глинистого материала, в частности диапазоны 500–800 мД и около 1000 мД, имеют значительный практический интерес. Однако из автореферата не в полной мере понятно, насколько эти величины являются специфичными для исследованных образцов и их минерального состава и в какой степени могут быть распространены на соответствующие горизонты в целом. Представляется целесообразным более явно указать область применимости данных критериев и влияние литолого-петрографической неоднородности на их значения.
3. В автореферате приведена укрупненная технико-экономическая оценка способа утилизации CO_2 с металлосодержащими наполнителями, причем расчеты выполнены применительно к экономическим условиям 2022 г. С учетом высокой чувствительности подобных технологий к стоимости сырья, энергии, водорода, транспортировки CO_2, реализации побочных продуктов и стоимости выбросов представляется полезным дополнить оценку анализом чувствительности

основных экономических показателей к указанным параметрам. Это позволило бы более полно определить диапазон условий потенциальной конкурентоспособности предложенного метода.

4. При значительном объеме экспериментальных исследований в автореферате сравнительно мало внимания уделено количественной оценке экспериментальной неопределенности и воспроизводимости отдельных результатов. Приведение разброса результатов повторных опытов, погрешностей определения состава флюидов и минеральной фазы, а также неопределенности измерения изменения проницаемости позволило бы более строго оценить значимость некоторых сравнительно небольших эффектов и повысило бы убедительность количественных выводов.

Высказанные замечания носят преимущественно уточняющий и дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки выполненной работы.

Заключение

В целом, диссертационная работа Гарифуллиной Ч.А. "Экспериментальное исследование физико-химических процессов при закачке в пласт и утилизации CO_2" имеет большое научное и практическое значение, соответствует всем требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, ее автор Гарифуллина Ч.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (технические науки).

Я, Афанаскин Иван Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Ведущий научный сотрудник
лаборатории научного инжиниринга
отдела комплексного моделирования
разработки месторождений нефти и газа
департамента нефтегазового инжиниринга
Передовой инженерной нефтяной школы
ГАОУ ВО «Альметьевский государственный
технологический университет «Высшая школа
нефти», кандидат технических наук по
специальности 25.00.17 – «Разработка и
эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений» И.В. Афанаскин

Дата составления «11» августа 2026 г.

Подпись Афанаскин Ивана Владимировича заверяю:

Начальник отдела кадров Светлана Акдасовна Норкина

Почтовый адрес:
423462, Россия, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Советская, 186А.
Адрес электронной почты: info@agni-rt.ru
Телефон: +7 (8553) 31-09-50 (доб. 54000)