ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гарифуллиной Чулпан Айдаровны «Экспериментальное исследование физико-химических процессов при закачке в пласт и утилизации CO_2», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

Диссертация Гарифуллиной Ч.А. посвящена экспериментальному изучению физико-химических и геохимических процессов, протекающих при закачке диоксида углерода в пласт и при его химической утилизации на металлических наполнителях. Работа выполнена в лаборатории Инновационного нефтегазового недропользования Центра научно-технических исследований Передовой инженерной нефтяной школы АГТУ ВШН под руководством д.т.н., профессора РАН И.М. Индрупского.

Актуальность и практическая значимость работы

Тема диссертации напрямую связана с реализацией технологий CCS, CCU и CCUS — ключевых направлений снижения выбросов парниковых газов в условиях ужесточения климатического регулирования. Автор обоснованно указывает, что подземное захоронение CO_2 является наиболее масштабируемым решением по сравнению с химической утилизацией, однако требует глубокого понимания геохимических процессов в системе «CO_2 – пластовая вода – горная порода» для прогнозирования рисков и обеспечения безопасности хранения. Практическая значимость подтверждается полученным патентом РФ на изобретение (RU 2 863 283 C1) и прямой ориентацией результатов на условия продуктивных горизонтов нижнего карбона и девона Урало-Поволжья.

Научная новизна и содержание работы

В работе можно выделить два взаимосвязанных экспериментальных направления:

- Впервые выполнена полная оценка компонентного баланса и технико-экономический анализ метода утилизации CO_2 на металлических наполнителях (отходах металлообработки) с генерацией водорода без нагрева и катализаторов; достигнута степень утилизации CO_2 до 86,6% при доле водорода в газовой фазе до 83%.
- Разработана оригинальная экспериментально-аналитическая методика, сочетающая опыты с дробленым керном и составными керновыми моделями для реальных пластовых условий отложений нижнего карбона и девона.
- Идентифицированы конкретные геохимические процессы (растворение и переосаждение кальцита, галита, глинистых минералов, окисление пирита) и показано отсутствие значимого влияния остаточных углеводородов на характер этих процессов при сопоставлении водо- и нефтенасыщенных интервалов.
- Обоснованы практические рекомендации: для карбонатных и терригенных пород нижнего карбона с карбонатным цементом выявлены повышенные риски солеотложений при снижении давления, тогда как для терригенных коллекторов девона ключевым риском

признано снижение проницаемости за счёт переотложения глинистых минералов в зонах проницаемости менее 1000 мД.

Сочетание экспериментов на дробленом керне (для идентификации процессов) и на составных керновых моделях (для оценки динамики фильтрационно-емкостных свойств) представляет методически продуманный и комплексный подход.

Апробация и публикационная активность

Результаты работы прошли апробацию на 12 научных конференциях в 2021–2025 гг., включая международный форум «Нефть и газ» (РГУ им. Губкина) и Российскую нефтегазовую техническую конференцию SPE. По теме диссертации опубликовано 6 статей в изданиях, входящих в базы Web of Science и Scopus, а также получен патент РФ — это свидетельствует о высоком уровне признания результатов научным сообществом.

Связь работы с проектом ПАО «Татнефть» на участке Тукаевский-1

Особую практическую значимость диссертация приобретает в свете того, что ПАО «Татнефть» в мае 2025 года стало первым и на данный момент единственным в России обладателем лицензии на строительство и эксплуатацию промышленного подземного хранилища CO_2 – на участке Тукаевский-1 в Нижнекамском, Тукаевском и Заинском районах Татарстана. Проект предусматривает улавливание CO_2 из отходящих газов НПЗ «ТАНЕКО» и Нижнекамской ТЭЦ-2 с последующей закачкой в глубокозалегающие водоносные горизонты; расчётная емкость структуры оценивается в десятки миллионов тонн CO_2.

Экспериментальный материал диссертации напрямую относится к геологическим объектам этого региона: исследованные автором горизонты нижнего карбона и девона являются характерными продуктивными и вмещающими толщами Урало-Поволжья.

Таким образом, диссертация фактически формирует научную базу для геохимического обоснования безопасности первого в стране промышленного проекта такого масштаба: до появления данной работы подобные комплексные оценки геохимических рисков на реальном керновом материале выполнялись в российской практике крайне ограниченно. Кроме того, «Татнефть» рассматривает закачку CO_2 не только для захоронения, но и для повышения нефтеотдачи пластов, а также развивает направление биоконверсии CO_2 в ценные продукты – это соответствует защищаемым положениям диссертации о сходстве геохимических процессов в водо- и нефтенасыщенных интервалах и дополняет линию исследования по утилизации CO_2 на металлических наполнителях с генерацией водорода.

Замечания и вопросы к автору

При в целом высокой оценке работы можно выделить ряд моментов, требующих уточнения на защите:

- Эксперименты на составных керновых моделях выполнены только для девонских песчаников (кыновский и пашийский горизонты), тогда как для карбонатных и терригенных пород нижнего карбона оценка динамики проницаемости отсутствует – целесообразно пояснить, планируется ли распространение методики на эти объекты.

- Продолжительность экспериментов с керновыми колонками (14–15 суток на этап) невелика относительно требуемого горизонта прогноза долгосрочной стабильности хранения CO_2 в пласте (десятки лет и более) — необходимо пояснить, как результаты лабораторных экспериментов сопоставляются с геохимическим моделированием (глава 4, PHREEQC) для обоснованной экстраполяции на такие сроки.
- В защищаемом положении 3 утверждается качественное и количественное сходство процессов для водо- и нефтенасыщенных интервалов «близкого минерального состава» — целесообразно уточнить границы применимости этого вывода при значительной вариации минерального состава коллектора.

Заключение

Диссертационная работа Ч.А. Гарифуллиной отличается высокой степенью экспериментальной обоснованности, выраженной прикладной направленностью и полным соответствием паспорту специальности 2.8.4. Работа содержит новые научные результаты, имеющие как теоретическое, так и непосредственное практическое значение для проектирования технологий CCS и CCUS в условиях месторождений Татарстана и Урало-Поволжья, в том числе для первого в России промышленного проекта подземного хранения CO_2 на участке Тукаевский-1 ПАО «Татнефть». Высказанные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертации и могут быть сняты в ходе дискуссии на защите. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Гарифуллина Чулпан Айдаровна, заслуживает присуждения искомой степени.

Я, Пичугин Олег Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заместитель директора-руководитель департамента
нефтегазового инжиниринга
Передовой инженерной нефтяной школы (ПИНШ)
ГАОУ ВО «Альметьевский государственный
технологический университет «Высшая школа нефти»,
кандидат физико-математических наук О.Н. Пичугин

Дата 13.08.2026 г.

Адрес: 423462, Россия, Республика Татарстан, г.Альметьевск, ул. Советская, 186А
E-mail: o.pichugin@agni-rt.ru
Телефон: +7 8553 310950 (доб. 54083)

Подпись Пичугина Олега Николаевича заверяю:

Начальник отдела кадров Светлана Акдасовна Норкина