

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук Файзуллиной Зульфии Рустамовны на диссертационную работу Гафаровой Элизы Багаутдиновны «Подбор эффективных отечественных адсорбентов для глубокой осушки природного газа при производстве СПГ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Гафаровой Э.Б. посвящена подбору отечественных адсорбентов для процесса глубокой осушки природного газа при производстве СПГ.

Природный газ представляет собой углеводородную смесь, состоящую главным образом из метана, содержание которого составляет более 90–95 % и в небольших количествах содержатся высшие алканы C_{2+} . Также в природном газе присутствуют неорганические и кислые компоненты: вода, гелий, азот, диоксид углерода и сероводород. При сжижении природного газа или его транспортировке в магистральных трубопроводах при температуре ниже точки росы паров воды возможно образование клатратов – супрамолекулярных комплексов решетчатой кристаллической структуры, в которых молекула метана окружена пяти- или шестичленными кольцами из молекул воды. Такие комплексы их также называют кристаллогидратами, отлагаясь на поверхности труб или на встроенном оборудовании, нарушают условия их работы: например, в трубопроводах возможно образование не только отложений, существенно уменьшающих свободное сечение труб, но и пробок. В связи с этим удаление влаги из природного газа адсорбционным методом является одним из необходимых процессов при производстве СПГ. Следует отметить, что в свете глобальных экономических изменений и санкционных мер поиск и подбор эффективных сорбентов для процесса очистки и осушки природного газа **является важной и актуальной задачей.**

Достоверность и новизна результатов диссертации

Степень достоверности результатов проведенных исследований, изложенных в работе, достаточно полно и убедительно подтверждается результатами экспериментальных исследований с использованием современного научно-исследовательского оборудования, воспроизводимостью результатов физико-химических методов анализа, корректной обработкой данных и апробацией полученных результатов. Выполненная исследовательская работа согласуется с опубликованными в литературе экспериментальными данными и является оригинальной. **Научная новизна работы заключается в:**

- автором *установлены* особенности структуры и адсорбционных свойств адсорбентов на основе проведения комплексных сравнительных исследований современными физико-химическими методами состава, кристаллохимической и пористой структуры, термофазовых превращений, адсорбционных свойств промышленных отечественных и зарубежных адсорбентов, применяемых в осушке газов и показана эффективность использования отечественных промышленных адсорбентов при производстве СПГ;
- по результатам проведенных исследований *получены* кинетические зависимости процесса глубокой осушки газа с использованием отечественных адсорбентов на основе цеолитов А и Х в сравнении с применяемыми зарубежными цеолитными адсорбентами и установлена эффективность использования отечественных промышленных адсорбентов;
- на основе комплексных исследований кинетики адсорбции влаги и регенерации адсорбента, пористой структуры, термофазовых превращений адсорбентов и показана ведущая роль ОН-групп в структуре адсорбентов для образования межмолекулярных водородных связей и обеспечения высокой адсорбционной активности сорбентов глубокой осушки газа в сравнении с донорно-акцепторными центрами в адсорбентах *разработаны* модельные схемы механизма адсорбции влаги и регенерации адсорбента;
- методом дифференциально-термического анализа *установлены* особенности дегидроксилирования структуры отечественных и зарубежных адсорбентов на основе цеолитов А и Х.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций,
сформулированных в диссертации**

Представленные в диссертационной работе выводы, предложения производству и научные положения, изложенные соискателем, в целом подтверждены и вытекают из результатов проведенной научно-исследовательской работы. В рецензируемой работе соискателем исследовано влияние фазового и химического состава, параметров пористой структуры промышленных адсорбентов на показатели осушки газа; исследована термодесорбция влаги из промышленных адсорбентов; изучено состояние термодинамического равновесия при адсорбции влаги из газов; изучена кинетика адсорбции влаги из газов и регенерации адсорбентов; изучен процесс адсорбционной осушки в динамическом режиме; разработана модельная схема механизма адсорбции влаги и регенерации адсорбентов; определены оптимальные технологические режимы процесса адсорбционной глубокой осушки газа; обоснован выбор технологической схемы процесса адсорбционной осушки газа.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, представляется достаточной и обеспечена логикой построения научного исследования, отвечающей поставленным задачам,

обстоятельным анализом научных трудов отечественных и зарубежных авторов по тематике работы, а также успешной апробацией результатов исследования на научно-практических конференциях и полным отражением основных результатов в опубликованных автором научных трудах. Представленные в работе *выводы достоверны и обоснованы*, подвержены соответствующим экспериментальным материалом *и не вызывают сомнений*.

Ценность для науки и практики результатов работы

Ценность научных работ соискателя заключается в подборе эффективных отечественных адсорбентов для глубокой осушки природного газа при производстве СПГ и других процессов, требующих аналогичной степени осушки, на основе комплексного изучения адсорбционно – десорбционных свойств, фазовой и пористой структуры, химического состава, термической стабильности структуры отечественных и зарубежных промышленных адсорбентов.

Автором *установлена* роль и значимость межмолекулярных водородных связей и донорно-акцепторных свойств на основе проведенных комплексных исследований структурных особенностей адсорбентов методами дифференциального термического и рентгенофазового анализов и их адсорбционной активности в осушке газа. Показана ведущая и значимая роль межмолекулярных водородных связей в обеспечении высокой адсорбционной активности сорбентов в глубокой осушке газа. При температурах регенерации адсорбентов более 350 °С доля ОН-групп в их структуре уменьшается за счет дегидроксилирования структуры, адсорбционная активность по влаге снижается, а кристаллическая структура цеолитов сохраняется. Исследования в этой области способствуют расширению научных и практических знаний о глубокой адсорбционной осушке газа и поглотительных свойствах адсорбентов.

Установлены оптимальные технологические условия регенерации отечественных промышленных адсорбентов при их использовании в осушке газа при производстве СПГ. Результаты данных исследований могут быть использованы в промышленности для оптимизации технологических процессов осушки газа.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные положения диссертации Гафаровой Э.Б., в необходимом объеме, изложены в 21 научном издании, в том числе 12 статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, индексируемых в Web of Science, Scopus и RSCI. Результаты диссертационного исследования неоднократно проходили апробацию на всероссийских региональных, и международных конференциях, в том числе: Региональная научно-техническая конференция «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, 2019, 2020, 2022 г.), XII

Российская конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы нефтехимии» (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, г. Грозный, 2021 г.); Всероссийская научно-практическая конференция «Сжиженный природный газ: проблемы и перспективы» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, 2021, 2022, 2023 г.), Международная научно-практическая конференция «Переработка углеводородного сырья: проблемы и инновации – 2022» (Астраханский государственный технический университет, Астрахань), XXXIII Международная научно-практическая конференция «21 Век: фундаментальная наука и технологии» (2023 г., Bengaluru, Karnataka, India).

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание диссертационного исследования полностью отражено в автореферате, включает все требуемые разделы, в том числе актуальность, материалы и методы исследования, результаты, выносимые на защиту положения, выводы и практические рекомендации.

Замечания по работе

В ходе изучения по содержанию диссертационной работы возникли ряд вопросов и замечаний:

1. В диссертации и автореферате отсутствует информация об обоснованности выбора адсорбентов для исследований.
2. Автор в главе 3 (раздел 3.1) на основе результатов рентгенофлуоресцентного анализа химических составов образцов промышленных адсорбентов утверждает о глубине обмена 64% натриевых катионов на катионы кальция в образце СаА и о неполном обмене натриевых катионов. Однако, нет информации о том, является ли это значение предельной глубиной обмена.
3. В работе не представлены данные о механической прочности гранул исследуемых образцов промышленных адсорбентов.
4. В содержании диссертации следовало бы отразить прогнозную оценку технико-экономической эффективности применения отечественных адсорбентов в сравнении с зарубежными аналогами.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической ценности выполненных диссертационных исследований и не умаляют других достоинств завершенной работы. Работа базируется на достаточном количестве экспериментальных данных. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Заключение. Диссертационное исследование Гафаровой Элизы Багаутдиновны «Подбор эффективных отечественных адсорбентов для глубокой

осушки природного газа при производстве СПГ» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи по оптимизации процессов глубокой осушки природного газа с использованием отечественных адсорбентов, имеющей важное значение как для промышленности, так и для науки. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, согласно 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а ее автор, Гафарова Элиза Багаутдиновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент:

Доцент кафедры газохимии и моделирования химико-технологических процессов ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кандидат технических наук (2.6.12. - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ)

Файзуллина Зульфия Рустамовна

02.12.2024 г.

Подпись Файзуллиной З.Р. заверяю.

Начальник отдела по работе с персоналом
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

О.А. Дадаян

Контактные данные оппонента: zul93@yandex.ru

Адрес места работы:

450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», технологический факультет
Тел.: 7(347) 242-08-37; e-mail: info@rusoil.net

