

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук, профессора кафедры информационных и управляемых систем ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета инженерных технологий»

Тихомирова Сергея Германовича

на диссертационную работу Лебедева Артема Евгеньевича

«Моделирование и масштабирование процессов получения аэрогелей и функциональных материалов на их основе»

Актуальность

В настоящее время остро стоит проблема развития отечественной промышленности. Создание современного высокотехнологичного производства невозможно осуществить без использования методов математического моделирования. В особенности это можно отнести к процессам, проходящим при высоком давлении: сверхкритической сушке, адсорбции, экстракции, хроматографии. Данные процессы требуют точного поддержания режимных параметров. Применение математического моделирования позволяет учесть все особенности таких процессов, осуществить оптимизацию и значительно упростить масштабирование и создание новых промышленных установок.

Одной из основных сфер применения сверхкритических флюидов является получение аэрогелей и материалов на их основе. Аэрогели это материалы, которые обладают развитой внутренней структурой, они имеют низкую плотность, высокую величину внутренней поверхности. Их используют как теплоизоляционные материалы, детекторы, носители активных веществ, в том числе активных лекарственных соединений.

Таким образом тема диссертации Лебедева А.Е., посвященная моделированию процесса сверхкритической сушки, как основных процессов получения аэрогелей, и функциональных материалов на их основе, а также

масштабированию процесса сверхкритической сушки, является актуальной и значимой как для теории, так и для промышленного использования.

Краткий анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 156 страницах, она состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 151 наименования и 2 приложений.

Первая глава посвящена литературному обзору изучаемой области. Приводится описание методов получения, свойств и применений аэрогелей различной природы, а также материалов на их основе. Проанализированы свойства систем в сверхкритическом состоянии и существующие модели для описания процессов сверхкритической сушки и адсорбции.

Во второй главе приводятся результаты экспериментальных исследований: характеристики полученных аэрогелей, лекарственные композиций на основе аэрогелей с применением сверхкритического флюида, и их биодоступность.

Третья глава посвящена теоретическому изучению систем в сверхкритическом состоянии и разработке математического описания процессов сверхкритической сушки и адсорбции. В главе показано, что свойства систем в сверхкритическом состоянии зависят от внешних условий. Это учтено при составлении математического описания процессов. Предложенные модели представляют собой системы дифференциальных уравнений, которые автор решает численно. В конце главы приведено описание метода их численного решения.

В четвертой главе приводятся результаты математического моделирования, осуществлена проверка адекватности предложенных моделей. Основная часть представленных результатов – это профили состава изучаемой системы по сечениям аппарата. Результаты позволяют качественно оценить наличие застойных зон, зон байпасирования, влияние геометрии реактора на ход процесса. Для количественной оценки результатов автором

представлены интегральные характеристики – массовая доля целевого компонента в соответствующем объеме.

Пятая глава посвящена масштабированию процесса сверхкритической сушки. В ней рассмотрен реактор объемом 5 литров. В рамках данной геометрии производится серия расчетов с варьированием загрузки реактора (число полок и толщина гелей), расхода, формы высушиваемых образцов. Автором предложен критерий эффективности процесса сверхкритической сушки, он включает в себя время, массу диоксида углерода и энергозатраты, необходимые для получения определенного объема аэрогеля. С использованием предложенного критерия осуществлен выбор параметров, при которых процесс наиболее эффективен.

Научная новизна

1. Проведены экспериментальные исследования кинетики процесса сверхкритической адсорбции при различных температурах и давлениях. С использованием сверхкритической адсорбции получены лекарственные композиции на основе аэрогелей различной природы.
2. Исследованы теоретически свойства одно- и двухкомпонентных систем в сверхкритическом состоянии, отмечены особенности их свойств. Выделены доминирующие процессы необходимые при разработке моделей.
3. Разработаны математические модели для описания процессов сверхкритической сушки и адсорбции. Предложенные модели основаны на положениях механики сплошных сред и позволяют рассчитывать гидродинамику, тепло- и массоперенос. Результатами расчета являются поля физико-химических свойств, скорости, давления, состав системы в объеме реактора.
4. Предложен критерий эффективности процесса сверхкритической сушки.

Практическая значимость

1. Экспериментально изучены способы получения аэрогелей различной природы, на основе органических и неорганических веществ.
2. В рамках диссертационной работы создана установка для проведения процесса сверхкритической адсорбции, с использованием которой проведено экспериментальное исследование получения функциональных материалов на основе аэрогелей.
3. В работе получены лекарственные композиции «аэрогель – активное вещество», исследована биодоступность активных лекарственных препаратов.
4. Подтверждена адекватность предложенных математических моделей. Результаты расчетов моделей, их обобщение и анализ использованы для оценки влияния на ход процесса различных параметров: загрузки реактора, расхода диоксида углерода, формы высушиваемых образцов.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа Лебедева А.Е. включает в себя теоретическое и экспериментальное исследование процессов получения аэрогелей и функциональных материалов на их основе.

Экспериментальные исследования выполнены на высоком профессиональном уровне, с использованием современных аналитических методов.

Предложенные в работе математические модели основаны на общеизвестных балансовых уравнениях сохранения массы, импульса и энергии. Адекватность предложенных математических моделей осуществлена с использованием полученных экспериментальных данных.

Работа характеризуется четкой взаимосвязью практической, теоретической и расчетной частей, в ней отсутствуют несоответствия

полученных результатов и данных, приведенных в современной научно-технической литературе.

Замечания по диссертационной работе.

В целом отмечая положительные стороны диссертационной работы, в порядке дискуссии возникли некоторые замечания и вопросы:

1. В первой главе осуществлен обзор моделей сверхкритической сушки и адсорбции, однако не отмечены недостатки, которые не позволяют использовать их в рамках данной работы (стр. 38-42).
2. Непонятно чем обусловлено уменьшение загрузки при сверхкритической адсорбции ибуuproфена после 3-4 часов процесса (стр. 54)?
3. Что понимается под термином типичные параметры процесса (стр. 76)?
4. Поверхность, соединяющая области, является границей сильного разрыва по скорости (стр. 81) — чего?
5. Для определения коэффициента диффузии в области пористого тела вводится эмпирическая зависимость от температуры и давления (стр. 91). Однако вид зависимости не определен, не приведен метод идентификации коэффициента диффузии.
6. Оценка качества полученной расчетной сетки осуществляется на основании трех факторов: скорости сходимости, точности решения и времени необходимого для расчета. При этом в данной работе отсутствуют данные о использовании этих факторов. К тому же непонятно почему автор считает, что полученный вариант расчетной сетки является удовлетворительным, если максимальное значение асимметричности среди всех ячеек меньше 0,9—? (если асимметричность = 1, ячейка вырождена).
7. Для корректного использования метода Гаусса-Зеделя необходимо, чтобы выполнялось условие устойчивости полученного решения. В данной работе это условие не оценивается и как следствие возникает вопрос о корректности полученных результатов (стр. 96).

8. Недостаточно обоснован критерий эффективности процесса сверхкритической сушки (формула 5.3) (стр. 131).

Сделанные замечания носят дискуссионный характер, не влияют на общее положительное впечатление от работы и не затрагивают ее сущности.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 года.

Тема исследования, цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость, а также методы, используемые в работе, подтверждают, что работа соответствует паспорту специальности 05.17.08 - «Процессы и аппараты химических технологий» по формуле и по следующим разделам области исследований:

- теория подобия и масштабирования химико-технологических процессов и аппаратов, машин и агрегатов (глава 5);
- способы, приемы и методология исследования гидродинамики движения жидкости, исследования массообменных процессов и аппаратов (глава 3, 4);
- приемы, способы и методология изучения нестационарных режимов протекания процессов в химической аппаратуре (глава 2, 3).

Содержание диссертации и основные результаты работы изложены в 17 публикациях, 4 из которых изданы в журналах, входящих в перечень рекомендуемых ВАК.

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа Лебедева А.Е. на тему «Моделирование и масштабирование процессов получения аэрогелей и функциональных материалов на их основе», представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические решения. Они заключаются в теоретическом и экспериментальном исследовании процессов сверхкритической сушки и сверхкритической адсорбции, а также разработке

математического описания этих процессов и его использовании для масштабирования процесса сверхкритической сушки. Описанные решения имеют существенное значение для развития отрасли.

Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертации.

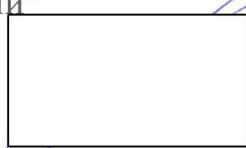
Работа соответствует критериям, установленным требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Лебедев Артем Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

Профессор кафедры информационных и управляемых систем

ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный университет

инженерных технологий"

д.т.н., профессор



Тихомиров Сергей Германович

27.08.15

394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19,

тел.: +7 (473)255-38-75. e-mail: tikhomirov_57@mail.ru

