

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Калменовой Гаухар
Болатбековны

на тему: «**Исследование термической переработки нефтешлама и разработка программного комплекса**», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060200-Информатика»

Актуальность темы исследования. Рост добычи нефти в Казахстане, объемов ее переработки и транспортировки сопровождается увеличением объемов нефтезагрязнений и других токсичных отходов, к которым относятся нефтешламы. Нефтяная промышленность по уровню негативного воздействия на окружающую среду занимает одно из ведущих мест в отраслях промышленного производства. Ежегодно в нашей стране во время переработки или транспортировки нефти, в результате стихийных разливов и аварий образуется порядка 400 тыс. тонн нефтеотходов, а ресурсы, находящиеся в земляных амбарах, оцениваются в 4,5 млн. тонн. При этом надо понимать, что наличие таких амбаров повышает риск загрязнения грунтовых вод, воздуха и, как следствие, гибели животных. Кроме того, загрязнение почв нефтью, помимо своего прямого воздействия, может приводить к сверхнормативному накоплению в них тяжелых металлов – цинка, меди, свинца, что наихудшим образом сказывается как на экологии края, так и на качестве жизни людей. Для Казахстана, занимающего 12-е место среди 49 государств с запасами нефти в мире с запасами в 30 млрд баррелей, переработка нефтяных отходов очень важна.

При предприятиях нефтяной отрасли, как правило, имеются объекты, загрязненные нефтешламом. Во-первых, как было сказано выше, это нефтешламовые амбары с подготовленной площадкой, имеющие четкие границы из бетона по ширине и днищу. Нефтешламовые амбары взаимодействуют только с атмосферой, выделяя вредные испарения. Во-вторых, «нефтешламовые озера», расположенные на открытых площадках, обычно вблизи НПЗ, не имеющие четких границ. В-третьих, довольно большие площади земли, загрязненные в результате попадания в почву нефтепродуктов в процессе производственных операций. Тенденция увеличения объема стоков отработанных нефтепродуктов приводит к переполнению имеющихся нефтяных амбаров нефтешламами, поражению все больших участков грунта, росту числа «нефтешламовых озер» и усложнению их состава, что, в свою очередь, ведет к более трудному и затратному процессу переработки. Таким образом, приоритетной, актуальной задачей предприятий нефтегазовой промышленности является утилизация и переработка нефтяных шламов в пределах данных объектов,

как основных носителей загрязнителей окружающей среды.

Данная диссертационная работа посвящена моделированию переработки нефтешлама с целью минимизации вредного воздействия отходов на окружающую среду. Обзор открытой литературы, посвященной переработке нефтешлама, показал, что имеется чрезвычайно мало информации относительно анализа процессов тепло- и массообмена при термической обработке нефтешлама. Имеющиеся исследования ограничены, в основном, экспериментальными и одномерными моделями. Новизна данной диссертационной работы заключается в разработке новой математической и численной модели нестационарного конвективного теплообмена в нефтешламе. Математическая модель включает в себя систему двумерных дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих конвективный теплоперенос в объеме нефтешлама при воздействии горячего потока воздуха. Массообмен при движении жидкости через неоднородную пористую среду нефтешлама описывается законом Дарси. Решена двумерная нестационарная задача конвективного теплопереноса при термической переработке нефтешлама в пористой неоднородной среде. Разработан алгоритм решения системы нестационарных двумерных уравнений в частных производных.

Численное решение математической модели проведено с помощью неявной разностной схемы, методом чередующихся направлений (ADI), на основе которого разработан алгоритм и комплекс программ численного счета. Проведено большое количество численных расчетов при широком варьировании режимных параметров термической переработки нефтешлама. Для проверки достоверности полученных результатов проведено тестирование разработанных программ численного счета сопоставлением с экспериментальными и расчетными результатами других авторов при различных режимных параметрах.

На основе разработанных алгоритмов и комплекса компьютерных программ для моделирования термической переработки нефтешлама получено большое количество научных результатов, позволяющих установить основные закономерности протекания процессов конвективного теплопереноса в неоднородной среде при термической обработке нефтешлама.

Для практического использования результатов проведенного моделирования разработано программное приложение в среде объектно-ориентированного программирования Python. Особенностью разработанного программного приложения является интерактивность графического интерфейса, созданного на основе Dash, предназначенного для создания веб-приложений с анализом и исследованием данных, визуализацией и моделированием.

Проведенные в диссертации исследования по моделированию термической переработки нефтешлама являются весьма актуальными. Проведенные математическое и численное моделирование позволяет получить достоверные результаты, правильно описывающие

закономерности протекания процессов конвективного теплопереноса при термической переработке нефтешлама.

Цель диссертационной работы: Исследование термической переработки нефтешлама и разработка программного комплекса процессов конвективного теплопереноса при термической переработке нефтешлама.

Задачи исследования:

1. Разработка математической модели и численного алгоритма решения задачи конвективного теплопереноса термической обработки нефтешлама.

2. Исследование процессов конвективного теплообмена при термообработке нефтешламов на основе численного моделирования.

3. Создание программных кодов (программного комплекса) с большим количеством численных исследований путем варьирования всех параметров для повышения эффективности термической обработки нефтешлама.

4. Расчет реального процесса термической переработки нефтешлама с характеристиками предприятия нефтегазовой отрасли.

5. Разработка интерактивного инженерно-программного комплекса для предприятий нефтегазовой отрасли.

Объект исследования: Математическое и численное моделирование, разработка и реализация численных вычислений, разработка программного комплекса для термической обработки нефтяного шлама.

Предмет исследования: Алгоритмы и комплексы программ численного счета для решения системы двумерных нестационарных дифференциальных уравнений в частных производных.

Методы исследования: Математическое и численное моделирование, разработка алгоритмов, проведение численных исследований, программирование на алгоритмическом языке Python, разработка программного комплекса на базе платформы Dash.

Научная новизна работы:

Новизна данной диссертации обусловлена тем, что термическая обработка нефтяного шлама является эффективным способом снижения вредного воздействия нефтяного шлама на окружающую среду.

1. Создана модель для полного изучения закономерностей сложных процессов теплообмена с участием конвективных членов для термической обработки нефтяного шлама.

2. Проведено математическое и численное моделирование термической обработки нефтяного шлама, создан численный алгоритм для расчета конвективных процессов теплопередачи и массопереноса.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть использованы в теории и на практике для термической обработки нефтешлама. Построенная математическая модель и разработанное численное моделирование позволяют исследовать процессы теплопереноса в пористой анизотропной среде, протекающие при

термической переработке нефтешлама. Полученные теоретические и практические результаты имеют важное значения для промышленного использования в нефтегазовой отрасли. Разработан программный комплекс для применения в производственной деятельности предприятий нефтегазовой отрасли.

Основные положения, выносимые на защиту.

Математическое и численное моделирование, правильно описывающие закономерностей протекания процессов конвективного теплопереноса в пористой анизотропной среде при термической переработке нефтешлама.

Полученные численные результаты правильно описывают физические закономерности термической обработки нефтешламов и, таким образом, построенная математическая модель и разработанное численное моделирование позволяют исследовать процессы конвективного теплопереноса, происходящие при термической переработке нефтешламов.

Разработанный на основе современных технологий программный комплекс предоставляет использование полученных в диссертационной работе результатов в промышленности.

Уровень достоверности и результаты апробации. По теме диссертации опубликовано 6 статей, получено авторское свидетельство и акта внедрении. Результаты исследования были обсуждены на научных семинарах кафедры компьютерных наук КазНУ им. Аль-Фараби, а также на семинарах с участием зарубежных профессоров, а также докладывались на следующих международных конференциях:

1. «Mathematical and numerical modeling of oil pollution waste processing », «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2019» (АПВПМ-19) 1-5 июля 2019, Академгородок, Новосибирск.
2. «Применение инструментов языка Python для цифровизации обработки данных», «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2020» (АПВПМ-20), Академгородок, Новосибирск.
3. МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІ МОДЕЛЬДЕУ ИИВТ, VII международной научно-практической конференции "Информатика и прикладная математика", 20 октября - 21 октября 2022, Алматы, Казахстан

Статьи, опубликованные в издании, представленном комитетом по обеспечению качества в области науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан:

1. Балакаева Г.Т., Калменова Г.Б. Мұнай қалдықтарын өндеудің моделін жасау, Вестник КазНУ, №3, 2019, 552-555
2. Балакаева Г.Т., Калменова Г.Б. Мұнай шламын термиялық өндеуге арналған қосымшаны әзірлеу, Вестник КазНПУ, №1(80), 2023, 136-144
3. Балакаева Г.Т., Калменова Г.Б., Даркенбаев Д.К. Моделирование переработки нефтешламов для минимизации воздействия отходов на окружающую среду, Вестник КазНПУ, №4(84), 2023

Научные статьи в журналах, индексируемых в базе Скопус:

1. Gulnar Balakayeva, Gaukhar Kalmenova, Chris Phillips. Numerical modelling of the process of thermal treatment of oil slime, International Journal of Oil, Gas and Coal Technology, No2, volume 34, 2023

Doi: <https://dx.doi.org/10.1504/IJOGCT.2023.133815>

2. Gulnar Balakayeva, Gaukhar Kalmenova, Dauren Darkenbayev, Chris Phillips. Development of application for thermal treatment of oil slime to prevent environmental pollution in the industrial oil and gas sector, Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection No2, volume 13, 2023

Doi: <https://doi.org/10.35784/iapgos.3463>

3. Gulnar Balakayeva, Mukhit Zhanuzakov, Gaukhar Kalmenova. Development of a Digital Employee Rating Evaluation System (DERES) based on Machine Learning Algorithms and 360 Degree Method Volume 32, Issue1, 2023.

Doi: <https://doi.org/10.1515/jisys-2023-0008>

Личный вклад исследователя. Соискатель самостоятельно решил все задачи диссертационной работы. Диссертантом изучены и использованы современные технологии переработки нефтешлама, технологии и методы программирования сложных прикладных задач. Разработан программный комплекс для практического внедрения на реальных предприятиях нефтегазовой отрасли.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации: 91 страниц письменного текста, в том числе 32 рисунка, 10 таблиц, список литературы из 61 источников, 5 приложения.

Во введении была определена актуальность работы и показаны проблемы, связанные с темой. Описана идея работы, цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность исследования, методы исследования.

В первой главе диссертации, изложены технологии и модели обработки нефтяного шлама, воздействие нефтяного шлама на окружающую среду, моделирование термической обработки нефтяного шлама, закон Дарси, уравнения переноса тепла и массы, численное решение системы уравнений в частных производных, подходы к разработке программных комплексов.

Во второй главе описана постановка задачи, математическая модель термической обработки нефтяного шлама, безразмерное преобразование дифференциальных уравнений, численное моделирование термической обработки нефтяного шлама, применение аппроксимации дифференциальных уравнений к методу конечных разностей для дифференциальных уравнений с частными производными, построение разностной схемы для численного решения, метод Рундсона для уравнения давления, разностная схема для уравнений теплообмена, метод переменных направлений, проведен анализ устойчивости численного метода с использованием неявной схемы.

В третьей главе приведены результаты исследования влияния параметров потока при термической обработке нефтяного шлама, , показаны исследования влияния параметров потока при термической обработке нефтяного шлама, влияние начальной температуры на поле концентрации, влияние начальной скорости на поле концентрации, исследование влияния конвекции, увеличивающей интенсивность термической обработки нефтяного шлама, результаты расчета реального процесса нефтяной промышленности, сравнительный анализ результатов с экспериментальными данными.

В четвертой главе описывается разработка веб-приложения для объектно-ориентированная среда программирования Python, разработка интерактивного интерфейса, приложение Python Dash, разработка программного комплекса для использования в нефтегазовой промышленности.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертационного исследования.