

вить в виде полноценно работающего веб-сайта без ошибок.

**Материалы и методы.** Работа с огромными слоями информации, анализ и их классификация – главная возможность умного алгоритма, который мы хотим разработать. Нейронные сети отличным способом подходят для оценки керна и для разделения горных пород по типам [2]. Они могут использоваться для распознавания изображений, в том числе кернов [3]. Мы использовали изображения кернов в качестве входных данных, полученные с финального этапа конкурса «Родные города» 2021 года от компании «Газпром». Целевой аудиторией в данном проекте выступает непосредственно заказчик – «Газпром Нефть», интеллектуальный турнир «Родные города». Компанией было дано задание по реализации кейса для обработки и отбора изображений кернов. Данный проект упрощает работу компании: автоматизирует процесс, не задействуя сотрудников для анализа самих кернов. Объем рынка: российский.

### Список литературы

1. ПАО «Газпром нефть». *Цифровые решения [Электронный ресурс]: Электрон. текстовые дан. (03 сентября 2021) – Режим доступа: <https://ds.gazprom-neft.ru/>.*
2. Дьяконов В. П. *Справочник по применению системы PC MATLAB.* – М.: «Физматлит», 1993. – 112 с. – ISBN 5-02-015101-7.
3. Katsuhiko Mori. *Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network (англ.) // Neural Networks : journal, 2003. – Vol. 16. – № 5. – P. 555–559. – doi:10.1016/S0893-6080(03)00115-1.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕОФОРМИНГА СТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Д. М. Лукьянов, А. А. Алтынов

Научный руководитель – инженер ОХИ ИШПР ТПУ А. А. Алтынов

Томский политехнический университет  
634050, Томск, пр. Ленина, 30, [dml4@tpu.ru](mailto:dml4@tpu.ru)

Нефтеперерабатывающая отрасль на сегодняшний день производит существенную часть товарных продуктов и полупродуктов, которые составляют значительную долю ВВП России. В основе производственных установок данной отрасли, как правило, лежат каталитические химические процессы, которые используют в качестве сырья многокомпонентные смеси органических веществ.

Математические модели подобных процессов, достаточно полно учитывающие термобарические условия проведения процесса, геоме-

**Научно-техническая новизна проекта** заключается в следующем: на территории РФ нет подобных новшеств для анализа кернов, всё выполняется вручную людьми, что замедляет процессы компании. Аналоги находятся в зарубежных странах, но они являются интеллектуальной собственностью и находятся в закрытом доступе. Наш проект позволяет всем сотрудникам компании работать в режиме реального времени на нашей системе (платформе): загружать керны в систему и получать готовый результат. Работа может использоваться также в учебных целях: различными университетами, как пример лабораторной работы с следующим заданием: решить подобный реалистичный заказ от нефтегазовой компании.

**Результаты.** Создан веб-сайт (<https://gazpromcase.ru/>) с системой, построенной на нейронных связях, способной автоматически анализировать и классифицировать сегменты керна по разным типам горных пород.

трию реактора, потерю активности катализатора могут оказывать весомую поддержку на этапе их проектирования.

В данной работе описывается разработка кинетической модели для процесса переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе. Стабильный газовый конденсат – жидкий продукт подготовки относительно легких углеводородов, которые находятся в надкритическом состоянии в пластовых условиях (в газовой фазе).

Таблица 1. Групповые составы продуктов

Класс углеводородов	Образец 1 (экспер.)	Образец 1 (расчет)	Образец 2 (экспер.)	Образец 2 (расчет)
изопарафины	40,004	41,520	42,000	42,365
н-парафины	24,101	24,497	30,551	26,204
Олефины	2,197	2,283	4,984	2,201
Ароматические углеводороды	24,136	22,587	13,291	21,240
нафтены	9,554	9,112	9,175	7,991

На первом этапе разработки математической модели химического процесса были изучены теоретические и экспериментальные сведения из литературных источников. Выполнен сбор экспериментальных данных, которые были получены на лабораторной каталитической установке проточного типа. При разработке кинетической модели необходимыми являются данные о составе сырья и(или) содержании основных компонентов в сырье и продуктах.

Составы углеводородных смесей были описаны конечным перечнем, включающем 50 компонентов. Для полученных компонентов на основании комплексного анализа материалов составлена формализованная схема химических превращений, которая представляет собой 180 термодинамически возможных химических реакций. В соответствии с законом действующих масс, для выполнения расчетов, на языке Python была записана система дифференциальных уравнений.

Далее с помощью эволюционного алгоритма, предложенного Джоном Холландом в 1975 г. [1] была решена обратная кинетическая задача по подбору значений констант скоростей химических реакций, которые входят в качестве коэффициентов в систему дифференциальных уравнений, описывающих скорости реакций.

Константы скоростей были подобраны для эксперимента, проведенного при температуре

375 °С, давлении 0,25 МПа, объемной скорости подачи сырья 2 ч<sup>-1</sup>. Групповые составы продуктов, рассчитанные в соответствии с моделью и полученные экспериментально (экспер.) газовой хроматографией в соответствии с [2] представлены в таблице.

Экспериментально определенный состав продукта цеоформинга образца 1 использовался при подборе кинетических констант. Полученный набор позволил выполнить расчет концентраций в продукте с использованием кинетической модели. Можно видеть, что представленный в групповом виде состав с удовлетворительной точностью описывает эксперимент. При этом погрешность по отдельно взятым псевдокомпонентам для образца 1 составляет 5–10 % (отн.) Данный набор констант скоростей также был применен для расчета состава образца 2. Результаты расчета характеризуются менее удовлетворительной точностью особенно для группы ароматических углеводородов.

Следует заметить, что решение обратной кинетической задачи подбором, наделяет модель статистическим характером, что ограничивает ее прогнозирующую способность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-38-90157.

### Список литературы

1. Панченко Т. В. *Генетические алгоритмы [Текст]: учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.*
2. ГОСТ 32507-2013 «Бензины автомобильные и жидкие углеводородные смеси. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии».