

УДК 545.723

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДСОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ПО УГЛЕКИСЛОМУ ГАЗУ

Шурдова А.Е., студент гр. ХТб-211, III курс

Научный руководитель: Ушакова Е.С., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

На современном этапе развития постиндустриального общества загрязнение окружающей среды и изменения климата превращаются в глобальные проблемы, которые необходимо решать уже сейчас. Все они, по большей части, связаны с выбросами как химически опасных веществ, так и парниковых газов.

Одну из главных угроз представляют выбросы парниковых газов, которые вредят окружающей среде. Основным компонентом парникового газа является углекислый газ, его содержание варьируется от 9 до 26% [1]. По данным станции мониторинга, расположенной на Мауна Лоа на Гавайях, средняя концентрация углекислого газа в атмосфере на 2023 год составила более 400 ppm (количество частиц углекислого газа, отнесенное к 1 млн частиц воздуха) [2]. Но, по некоторым прогнозам, если не предпринимать никаких активных действий, то это число может увеличиться вдвое к концу 21 века [3]. Наиболее распространенными источниками выбросов считаются промышленные комплексы, вырабатывающие энергию при помощи сжигания или переработки ископаемого топлива (газа, нефти, угля). Для очистки от углекислого газа применяют огромное количество технологий, но самой эффективной на сегодняшний день является технология адсорбции с применением различных адсорбентов, способных быстро и качественно очищать дымовые газы.

Немаловажной проблемой также являются и аварийные разливы нефти. По данным министерства энергетики Российской Федерации только за 2021 год было зарегистрировано более 10 тыс. прорывов на магистральных трубопроводах [4]. А последней заметной катастрофой в мире можно считать пожар в июле 2023 года. На морской платформе крупной нефтегазовой корпорации в Мексиканском заливе произошло возгорание, в результате которого было потеряно около 700 тыс. баррелей сырой нефти [5]. И таких случаев по всему миру с каждым днем становится все больше и больше.

В последние годы проблеме загрязнения водной среды нефтепродуктами уделяют много внимания: активно ведется работа по получению сорбентов, способных собирать нефть с поверхности воды. Но многие из них обладают рядом недостатков, таких как малая нефтеемкость, невозможность регенерации, высокая гигроскопичность и т.д. На кафедре химической технологии твердого топлива Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева тоже заинтересовались проблемой аварийных разливов нефти

и создали сорбенты на основе вторичных отходов. Кроме высокой нефтеемкости, низкой гигроскопичности, сорбенты обладают выраженными магнитными свойствами, которые позволяют управлять гранулами на поверхности водоема (табл. 1) [6].

Таблица 1

Характеристики углеродного магнитного сорбента

Характеристика	Значение
Влагоемкость, г/г	3,07 – 3,12
Нефтеемкость, г/г	5,97 – 6,02
Влажность, % масс.	1,8 – 1,9
Зольность, % масс.	43,7 – 45,9
Прочность на сжатие, кг/гранула	до 1,5
Плавучесть, сут.	от 30

Когда гранулы сорбируют максимально возможное количество нефти, они направляются на регенерацию тепловым способом, в результате которого нефтепродукты улетучиваются, после чего сорбенты готовы к повторному использованию. Количество таких циклов регенерации может достигать до 5 – 6 раз, но, когда сорбенты полностью отработали свой ресурс и больше не поддаются регенерации, встает вопрос об их утилизации.

Проведя ряд экспериментов в лабораторных условиях, было выявлено, что сорбенты, непригодные к дальнейшей сорбции, способны поглощать углекислый газ, но в малом количестве. Поэтому целью работы является анализ и выбор оптимальной добавки, способной повысить адсорбционную емкость по углекислому газу.

В литературных источниках можно найти большое количество химических веществ, которые способны эффективно улавливать и связывать углекислый газ. Яркими примерами таких веществ являются водные растворы щелочей и карбонатов, этаноламины, простейшие спирты, цеолиты и т.д. Также одними из перспективных веществ, способных улавливать углекислый газ, являются оксиды металлов [7].

Наиболее распространенным оксидом, способным беспрепятственно сорбировать углекислый газ, является оксид кальция. Уже сейчас существуют установки карбонатного цикла выделения углекислого газа из дымовых выбросов, которые получили большое распространение по всему миру благодаря относительно низкой стоимости и общедоступности материалов [7]. В большом количестве этот оксид находится в негашеной извести, где также может находиться и оксид магния, обладающий высокой сорбционной емкостью. Но производство такого материала неэкологично, так как это происходит путем обжига карбонатных горных пород, при котором выделяется большое количество углекислого газа. Кроме того, десорбция такого сорбента проходит путем кальцинирования, то есть термическим разложением карбоната кальция при температуре более 1000° С выделением оксида кальция и углекислого газа.

В таблице 2 приведены экспериментальные данные адсорбционной емкости CO_2 для некоторых оксидов металлов [8].

Таблица 2

Адсорбционная емкость по углекислому газу для некоторых оксидов металлов

Оксид	Адсорбционная емкость, мг/г
BeO	780
MgO	1000
Al_2O_3	750
Cr_2O_3	300
MnO	360
Fe_2O_3	132
CoO	330
NiO	230
CuO	41
ZnO	305
Ag_2O	48
CdO	43
PbO	114
TiO_2	39
V_2O_5	21

Как видно из таблицы, максимальную адсорбционную емкость проявляют наиболее легкие оксиды магния и алюминия. Но способность сорбировать углекислый газ сильно зависит от определенных факторов, таких как способ получения оксида, его стехиометрический состав, обработка и т.д. Получение таких оксидов затрачивает большое количество ресурсов, что приводит к удорожанию целевого продукта.

При проведении литературного обзора было выяснено, что различные оксиды металлов и неметаллов, представленные комплексными соединениями, содержатся в золе уноса ТЭС (табл. 3) [9]

Таблица 3

Процентный состав золы уноса ТЭС

Оксид	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3
Содержание в золе, масс. %	1,29	2,05	20,79	57,49	3,45	2,28	5,18	1,06	6,41

Как видно из таблицы 3, повышенное содержание оксидов алюминия и кремния в золе уноса ТЭС может быть свидетельством высокой адсорбционной емкости по углекислому газу. Также при повышении температуры в пределах 25°C наблюдается повышение количества поглощаемого углекислого газа на оксидах магния и железа [9].

Таким образом, зола уноса обладает явными преимуществами, по сравнению с другими добавками. И тем самым может быть использована в качестве дополнительного компонента, способного увеличить сорбционную емкость по углекислому газу. Добавление золы уноса в состав нефтесорбентов позволит не только улучшить их характеристики, но и решит проблему накопления шлаковых отходов, так как зола уноса преимущественно складывается на открытых полигонах. Но при этом существует необходимость экспериментально доказать, что вносимые компоненты не уменьшают способность сорбентов к поглощению нефти.

Список литературы

1. Морозова, С. В. Оценка вклада углекислого газа в наблюдаемые климатические изменения статистическими методами/ С. В. Морозова, М. А. Алимпиева//Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием «Земля и космос» к столетию академика РАН К. Я. Кондратьева (20 - 21 октября 2020 г.) – Санкт-Петербург. – 2020. – С. 254 – 258.
2. Национальная метеорологическая служба (National Weather Service) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.noaa.gov.
3. Ивановский, Б. Г. Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и изменений климата/ Б.Г. Ивановский // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. - № 1. – С. 125-144.
4. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http.minenergo.gov.ru](http://minenergo.gov.ru).
5. ТАСС: информационное агентство России: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru>.
6. Черепова, А. Е. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов с водных пространств при помощи магнитных нефтесорбентов / А. Е. Черепова, Е. С. Ушакова // XII Всероссийская 65 научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия Молодая» (21 - 24 апреля 2020 г.) – Кемерово: КузГТУ. – 2020. – 3 с.
7. Окунев, А. Г. Перспективные хемосорбционные циклы для выделения CO₂ из дымовых газов/ А. Г. Окунев, А. И. Лысиков// Химия в интересах устойчивого развития. – 2021. - № 19. – С. 105 – 112.
8. Нахалов, В. В. К вопросу об адсорбции углекислого газа окислами металлов / В.В. Нахалов, Н.Ф. Стась, Г.Г. Савельев, А.С. Гузенберг, А.М. Рябкин, Т.С. Горина. // Известия ПУ, Т. 214, 1977. – с. 103-105.
9. Чефарин, Д. О. Исследование процесса улавливания CO₂ золой уноса ТЭС в потоке с газовой средой/ Д. О. Чефарин, А. С. Шулепов// XIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия Молодая» (20 - 23 апреля 2021 г.) – Кемерово: КузГТУ. – 2021. – 8 с.