Приходько, Степан Владимирович. Повышение эффективности систем улавливания диоксида углерода из дымовых газов котельных установок : диссертация ... кандидата технических наук : 03.02.08 / Приходько Степан Владимирович; [Место защиты: Моск. гос. открытый ун-т им. В.С. Черномырдина].- Москва, 2013.- 110 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/1470

Московский государственный открытый университет

имени В. С. Черномырдина

04201357774

ПРИХОДЬКО

Степан Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УЛАВЛИВАНИЯ ДИОКСИДА

УГЛЕРОДА ИЗ ДЬЕИОВЫХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Специальность: 03.02.08 - Экология (в энергетике)

Диссертация на соискание

ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор техн. наук Ибрагимов И. М.

Москва 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ УЛАВЛИВАНИЯ

ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

1Л. Источники и последствия антропогенных выбросов

диоксида углерода в атмосферу 7

1.2. Технологические схемы процессов улавливания диоксида

углерода 12

1.3. Технологии и методы улавливания диоксида углерода 15

1.4. Постановка задач исследования по снижению

выбросов С02 в окружающую среду от ТЭС 21

Глава 2. АБСОРБЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УЛАВЛИВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

2.1. Аминовое растворение 23

2.2. Растворение в аммиаке 29

2.3. Ионные жидкости 31

Глава 3. АДСОРБЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УЛАВЛИВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

3.1. Кальциево-карбонатный цикл 42

3.2. Карбонаты щелочных металлов 50

3.3. Твердые аминосодержащие сорбенты 53

Глава 4. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

4.1. Мембранные технологии 64

4.2. Цеолиты и активированный уголь 69

4.3. Металлоорганические каркасные структуры 74

4.4. Ферментное разделение 79

Глава 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

СИСТЕМ ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

5.1. Общие принципы технико-экономического анализа 86

5.2. Стоимостные показатели промышленно освоенных

систем улавливания диоксида углерода 89

5.3. Перспективные направления разработки и внедрения систем для снижения концентрации диоксида углерода

в атмосфере 95

ВЫВОДЫ 99

ЛИТЕРАТУРА 102

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ современного состояния проблемы улавливания диоксида углерода при сжигании органического топлива. Рассмотрены ос­новные методы поглощения и разделения С02 из дымовых газов котельных установок: абсорбция (химическое растворение), адсорбция, мембранное разделение, а также методы с использованием наноструктурных материалов и ферментов.
2. Из абсорбционных методов улавливания С02 промышленно освоен­ными технологиями являются аминовое растворение, уже используемое в опытно-промышленных установках, и применение охлажденного раствора аммиака. Однако эти технологии имеют достаточно высокие энергозатраты, что существенно повышает себестоимость производимой электроэнергии до 70 %, поэтому такие технологии применять не следует. Более перспективным является абсорбционный метод с применением в качестве растворителя С02 ионных жидкостей, имеющий более низкие энергозатраты.
3. Адсорбционные методы улавливания С02 на основе твердых сорбен­тов отличаются низкими дополнительными энергозатратами, связанными с регенерацией сорбентов. К ним относятся технологии, основанные на ис­пользовании кальциево-карбонатного цикла (Са0/СаС03) и карбонатов ще­лочных металлов (Na и К). Метод улавливания С02, основанный на приме­нении наноструктурных материалов - аминосодержащих твердых сорбентов отличается от указанных технологий более высокой адсорбционной способ­ностью по отношению к С02 и может быть рекомендован для промышленно­го освоения.
4. Мембранное разделение С02 из потока дымовых газов приводит к самым высоким дополнительным энергозатратам (в частности, из-за необхо­димости компрессора для создания перепада давления в 10 бар) и требуется очень большая площадь мембранной поверхности (до 100 млн. м2). Поэтому такая технология не рекомендуется для практического использования.
5. Применение нового класса наноструктурных матералов - металлоор­ганических каркасных структур (МОКС) открывает большие возможности для разделения и улавливания СО2, вызванные более высокой эффективно­стью по сравнению с цеолитами из-за большой удельной внутренней поверх­ности (до 600 м2/г) и очень низкими энергозатратами для последующего вы­деления С02. Для систем улавливания С02 рекомендуется МОКС типа Mg- MOF-74, состоящий из ионов магния, соединенных органическими линкера­ми.
6. В качестве самого эффективного и экологически чистого метода ре­комендуется разделение С02 с помощью фермента карбоангидразы (КА), иг­рающего важную роль в живых организмах, включая человека. Этот фермент является мощным катализатором процессов растворения и последующего выделения С02 в водных растворах.
7. Все рассмотренные в работе методы и технологии улавливания С02 имеют промышленные перспективы. Однако по степени промышленного ос­воения в данный момент их можно разбить на две категории: первого и вто­рого поколений. Технологии первого поколения являются в основном про­мышленно освоенными — это аминовые растворы, охлажденный аммиачный раствор, кальциево-карбонатный цикл, карбонаты щелочных металлов и мембранное разделение. Для возможности промышленного применения тех­нологий второго поколения (твердые аминосодержащие сорбенты, металло­органические каркасные структуры, ионные жидкости и ферментное разде­ление) требуется проведение значительного объема НИОКР.
8. Предложена методика оценки стоимости различных систем улавли­вания С02, основанная на анализе стоимости «предотвращенного выброса» С02, отнесенной к единице массы С02. Такой анализ, проведенный для тех­нологий первого поколения, показал, что в настоящее время оптимальной технологией, имеющей самую низкую стоимость, является применение каль­циево-карбонатного цикла (~900 руб/т С02), который рекомендуется для внедрения на крупных ТЭС. Для традиционной аминовой технологии эта ве­личина в 2 раза выше (~1800 руб/т С02).

Для кардинального решения проблемы сохранения климатических условий на Земле требуется, на наш взгляд, создание промышленно освоен­ных технологий, обеспечивающих непосредственное снижение уровня диок­сида углерода в атмосфере без затраты энергии. Для этой цели может быть использован фотокаталитический метод восстановления С02 до СО с помо­щью супрамолекулярных структур, содержащих рений, рутений и органиче­ские лиганды