

С.В. КОРОЛЬ, А.С. ГОЛУБЬ, студенты гр.10604218 (БНТУ)
Научный руководитель В.В. КРАВЧЕНКО, к.э.н., доцент(БНТУ)
г. Минск

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИКИ: ЛОВУШКА ДЛЯ УГЛЕРОДА

Мазут, уголь и газ извлекаются из Земли для того, чтобы обеспечить мир энергией. При сжигании этого ископаемого топлива и высвобождении его энергии происходит больше всего техногенных выбросов диоксида углерода (CO_2) (рисунок 1) самогораспространенного парникового газа в атмосфере Земли после водяного пара.

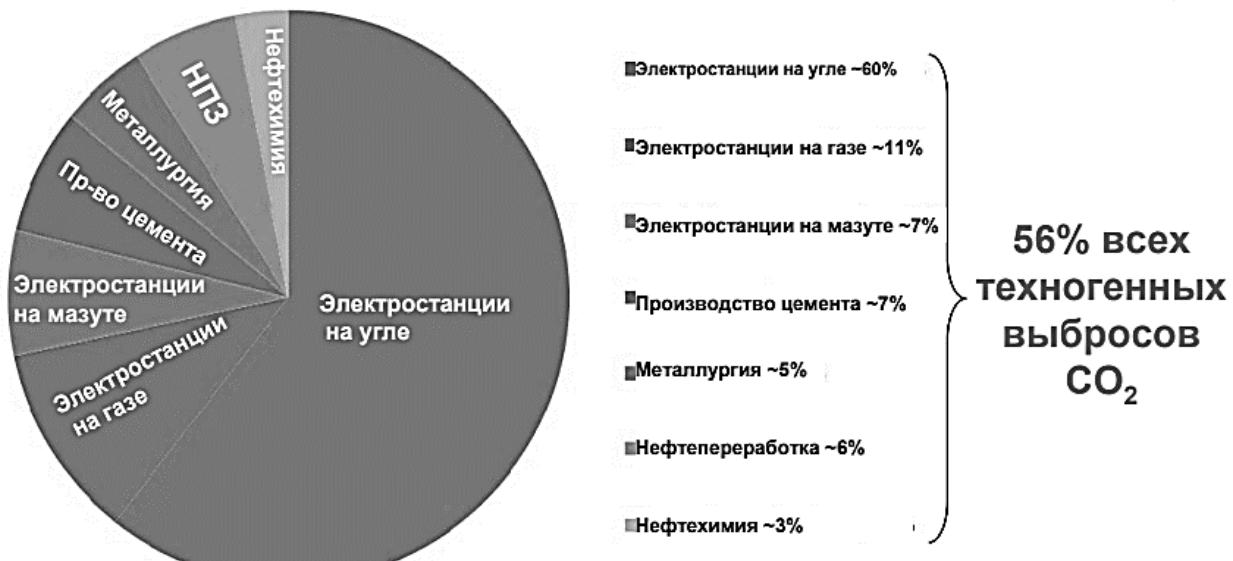


Рисунок 1 – Процент техногенных выбросов углерода

При достижении концентрации углекислого газа, равной 0,045%, температура на планете повысится на 2°C, что негативно повлияет на окружающую среду и приведет к серьезным последствиям. Для достижения критического значения необходимо сжечь порядка 1 триллиона тонн углерода или около 3,6 триллионов тонн углекислого газа (согласно расчетам Международного энергетического агентства) [3]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что люди истратили уже половину дозволенного лимита и триллионную тонну могут сжечь в течение 20–30 лет. И если человечество будет бездействовать, к 2050 году на планете будет выделяться 57 гигатонн CO_2 в год.

Стабилизация климата требует снижения глобальных выбросов CO_2 на 50% к 2050. Использование технологии улавливания и хранения

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

121-2

углекислого газа способно снизить выделения диоксида углерода на 20% и является существенным вкладом в решение глобальной проблемы [2].

Улавливание и хранение углерода (англ. *Carbon capture and storage*, или CCS) – процесс, включающий прямое улавливание и отделение углекислого газа от различных энергетических источников. Его основная цель заключается в создании концентрированного потока CO_2 высокого давления, его транспортировки по трубопроводам или с помощью судов к месту хранения, изолируя его от попадания в атмосферу, тем самым, уменьшая дальнейшее негативное воздействие избыточных парниковых газов.

На данный момент существует 3 пути для улавливания и хранения углерода в точечных источниках, т.е. на электростанциях: улавливание перед сжиганием, улавливание после сжигания и сжигание кислородным топливом.

В каждом процессе используются совершенно разные методы для снижения количества выбросов CO_2 , но при этом каждый из них должен включать в себя три основных этапа: улавливание, транспортировка и хранение углерода [3].

Наиболее распространенным является улавливание углерода после сжигания. Его суть заключается в отделении двуокиси углерода от других компонентов дымового газа, выходящего из котла. Это становится возможным благодаря следующим основным способам:

- улавливание на основе растворителя, где CO_2 сначала абсорбируется раствором амина, а затем происходит нагрев абсорбирующей жидкости или сброс давления в ней, вследствие чего углекислый газ высвобождается из этой жидкости. Далее происходит его сжатие и охлаждение для последующей транспортировки и хранения;
- улавливание на основе твердого сорбента, который включает физическую или химическую адсорбцию газа. После чего твердый сорбент отделяется от CO_2 путем уменьшения давления или повышения температуры;
- улавливание мембранными CO_2 , когда дымовой газ сначала охлаждается и сжимается, затем подается через мембранны, которые физически отделяют CO_2 от других составляющих дымового газа.

В системах улавливания до сжигания происходит реакция между топливом и потоком, насыщенным воздухом или кислородом (O_2), образуя синтез-газ, из которого CO_2 удаляется с помощью тех же методов, как и в улавливании после сжигания. Происходит разделение смеси на газовый поток CO_2 и поток водорода.

Во время сжигания кислородного топлива сначала удаляется азот из воздуха, после чего остается практически чистый кислород. Именно он используется для сжигания топлива. В этом случае дымовой газ состоит в

большинстве своем из водяного пара и углекислого газа, который удаляется теми же методами, как и в случае улавливания после сжигания.

Благодаря этим технологиям становится возможным уловить порядка 85–95% CO_2 . После улавливания CO_2 в виде криогенной жидкости под давлением (для избегания выбросов в атмосферу и безопасного хранения) необходимо транспортировать к месту постоянного хранения для подземной закачки. Лучше всего для этого использовать трубопроводы, но в случае небольших объемов подойдут и различные виды грузового транспорта.

Опираясь на исследования Министерства энергетики США, можно сделать вывод о том, что наиболее безопасными, устойчивыми и доступными местами хранения CO_2 являются базальтовые образования, угольные пласты, залежи нефти и природного газа, водоносный горизонт, соляные образования и сланцы (рисунок 2) [1].

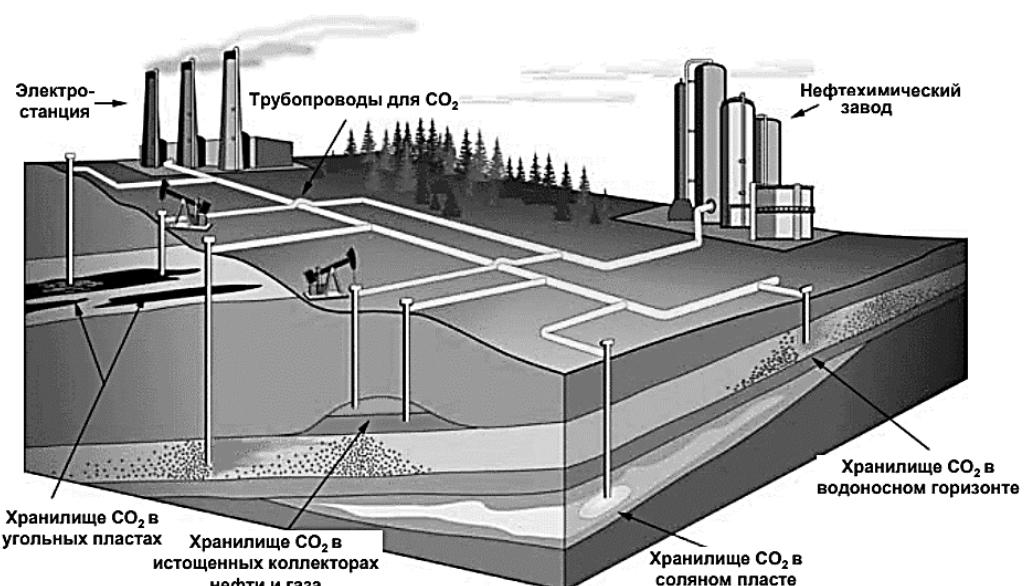


Рисунок 2 – Места хранения углерода

CO_2 закачивается через трубу на глубину в несколько километров ниже уровня земли, где слои породы захватывают газ, вследствие чего он не может негативно влиять на окружающую среду. Это возможно благодаря физическим и геохимическим улавливающим механизмам, которыедерживают его в пределах хранилища.

Плюсами использования технологии CCS являются:

- технологии могут снизить выбросы CO_2 от электростанций, работающих на ископаемом топливе, на 80–90% (исходя из результатов исследований Агентства по охране окружающей среды США) [3];
- большая эффективность, чем при прямом захвате воздуха;

- как побочный продукт происходит удаление не только CO_2 , но и оксидов азота, серы и других тяжелых металлов.
К минусам относятся:
- стоимость внедрения отделения, транспортировки и хранения углекислого газа;
- большой вред для окружающей среды в случае утечки CO_2 из хранилища.

Таким образом, технология CCS будет актуальна до тех пор, пока все производство не станет углеродонейтральным. На сегодняшний день человечество не может полностью отказаться от производства CO_2 , но с помощью разработки новых технологий может существенно сократить количество выбросов углекислого газа. Данная технология позволяет использовать существующую энергетическую инфраструктуру с гораздо меньшим вредом для окружающей среды. Специалисты Международного энергетического агентства предполагают, что при условии использования технологии улавливания углерода уже к 2050 году доля устранием углекислого газа может составить 20% от всего объема снижения выбросов.

Список литературы:

1. Best Avialable Technology [Электронный ресурс]/ bestavialable-technology. – Режим доступа: <https://aebrus.ru/upload/iblock/4ab/4ab6540-c0371af467e429ac892c68a30.pdf>. – Дата доступа: 16.10.2021.
2. Технология улавливания и геологического хранения углерода [Электронный ресурс]/ технология улавливания и геологического хранения углерода. – Режим доступа: <https://helion-ltd.ru/tehnologiya-ulavlivanija-i-geologicheskogo-hranenija-uglekarislogo-gaza/>. – Дата доступа: 16.10.2021.
3. CCS: что это, плюсы и минусы [Электронный ресурс]/ CCS: что это, плюсы и минусы. – Режим доступа: <https://znaniesvet.ru/ulavlivanije-i-khraneniye-ugleroda/>. – Дата доступа: 16.10.2021.

Информация об авторах:

Король Снежана Викторовна, студент гр.10604218, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, snezhanakorol2016@mail.ru

Голубь Анастасия Сергеевна, студент гр.10604218, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, nastja.golub@mail.ru

Кравченко Владимир Владимирович, к.э.н., доцент, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, vladmir70@rambler.ru