

УДК 504.064.47

**РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ В СНИЖЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ВЫБРОСОВ И БОРЬБЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА**

Целикова Д.А., аспирант гр. СМа-241, I курс  
Научный руководитель: Шабанов Е.А., к.т.н. доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

На сегодняшний день отмечается значительное количество источников промышленного загрязнения окружающей среды [4]. Среди них особо выделяются крупные промышленные производства, энергетические установки, сельскохозяйственная деятельность, а также источники антропогенного характера.

В то же время мировая индустриализация ведет к увеличению экологических проблем. За последние полвека средняя температура земной атмосферы выросла на два градуса, что приводит к таянию ледников Арктики и Антарктиды, повышению уровня мирового океана и усилению атмосферных возмущений, таких как ураганы, торнадо и лесные пожары. Считается, что причиной глобального потепления является увеличение концентрации углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), который создает парниковый эффект. На производство бетона приходится значительная доля мировых выбросов  $\text{CO}_2$ , составляющая около 5 % от общего объема антропогенных выбросов этого газа [1]. По источникам Международного энергетического агентства [3] от 25 до 30 % суммарных глобальных выбросов  $\text{CO}_2$  обусловлены процессом производства электроэнергии.

Источники промышленного загрязнения оказывают значительное и многостороннее воздействие на окружающую среду, приводя к ряду негативных последствий. Одним из ключевых аспектов этого воздействия является огромный расход энергии. Получение этой энергии почти всегда осуществляется путем сжигания ископаемого топлива, такого как уголь, нефть или природный газ. Этот процесс не только ускоряет истощение запасов, не возобновляемых ресурсов, но и приводит к серьезным локальным экологическим проблемам.

Кроме того, в процессе сжигания топлива образуются другие вредные вещества. Среди них – оксиды серы ( $\text{SO}_x$ ) и оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ). Оксиды серы вызывают кислотные дожди, которые наносят вред растительности, водным экосистемам и сооружениям. Оксиды азота способствуют формированию приземного озона и смога, что ухудшает качество воздуха и представляет опасность для здоровья людей, вызывая респираторные заболевания.

Также стоит учитывать выбросы летучих органических соединений (ЛОС). Эти вещества могут выделяться в процессе производства бетона при

использовании различных добавок и химических реактивов. ЛОС способны образовывать фотохимический смог и оказывать токсическое воздействие на живые организмы, включая человека.

Парниковые газы – это группа газов, присутствующих в атмосфере земли, которые обладают свойством поглощать и излучать инфракрасное излучение, тем самым способствуя парниковому эффекту. Этот природный процесс важен для поддержания жизни на нашей планете, так как без него средняя температура на Земле была бы значительно ниже, около  $-18^{\circ}\text{C}$ , что сделало бы ее непригодной для существования большинства живых организмов. Процентное содержание веществ в составе парникового газа представлено на рис. 1.

**Содержание веществ в составе  
парникового газа, %**

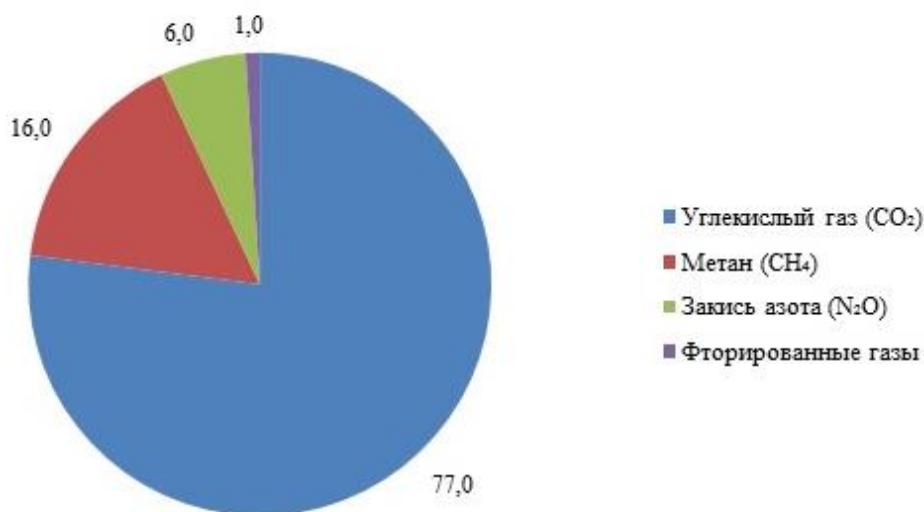


Рисунок 1 – Процентное содержание веществ в составе парникового газа

Производство строительных материалов оказывает значительное влияние на количество выбросов диоксида углерода. Например, только цементная промышленность ответственна за 7 % глобальной эмиссии углекислого газа, что составляет 1,2 миллиарда тонн в год или примерно 200 килограммов на каждого жителя планеты. При производстве одной тонны цемента в атмосферу выбрасывается одна тонна углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Строительство одного квадратного метра жилья, учитывая все используемые строительные материалы, приводит к выбросу 1,8 тонн диоксида углерода в атмосферу [2]. Кроме того, эта отрасль ежегодно выбрасывает в атмосферу 3,7 миллиона тонн оксида азота, являющегося компонентом кислотных дождей, что загрязняет воздушные и водные бассейны. Увеличение потребления природных ресурсов

в строительной сфере способствует росту объемов отходов, производимых данной отраслью.

По данным из источников [1], показатели выбросов диоксида углерода представлены на рис. 2. Этот график представляет собой линейный тренд, который демонстрирует изменения выбросов диоксида углерода в России за период с 1990 по 2022 год. На графике видно, что количество выбросов увеличивается со временем, причем темпы роста становятся все более интенсивными после 2000 года. Ось X отображает годы, а ось Y показывает миллионы тонн в год (млн. тонн/год).

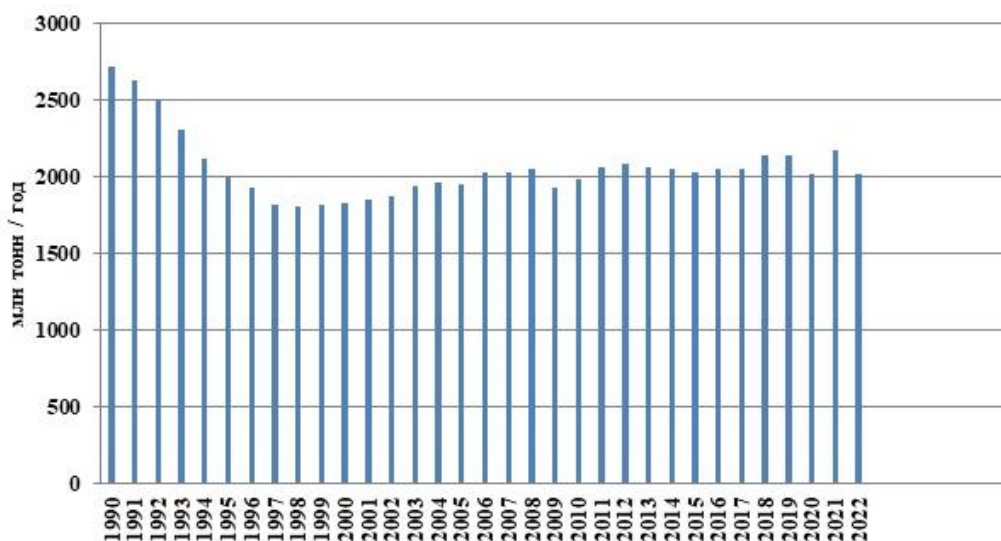


Рисунок 2 – Выбросы диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в России с 1990 по 2022 год

Основным ключом к снижению выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) не только в Российской Федерации, но и во всем мире является комплексный подход, включающий в себя: переход на возобновляемые источники энергии, внедрение технологий по улучшению энергоэффективности и энергосбережению, разработка инновационных решений по ускорению процесса декарбонизации. Таким образом, одна из современных технологий по улавливанию, хранению и вторичному использованию углекислого газа (CCS) стала важной частью стратегии Норвегии по борьбе с изменением климата. Эта страна, будучи одним из крупнейших производителей нефти и природного газа, столкнулась с необходимостью сокращения выбросов парниковых газов, чтобы соответствовать международным обязательствам и поддерживать свою репутацию экологически ответственного государства. Уникальные геологические условия Норвегии, включая наличие морских отложений и пустых нефтяных и газовых резервуаров, сделали ее идеальным местом для развития и тестирования технологий CCS. Эти факторы способствовали тому, что Норвегия стала пионером в области CCS, реализовав такие крупные проекты, как Sleipner и Snøhvit, которые сыграли ключевую роль в стабилизации и снижении выбросов CO<sub>2</sub>.

Примерные данные за 1980-е и начало 1990-х годов показывают, что выбросы  $\text{CO}_2$  увеличивались вместе с ростом производства энергии и промышленности. В начале 90-х годов ежегодные выбросы составляли примерно 30-35 миллионов тонн  $\text{CO}_2$ -эквивалента [1].

Внедрение технологий CCS началось в середине 1990-х годов с проекта Sleipner, который стал первым коммерческим проектом по улавливанию и хранению  $\text{CO}_2$ . Этот проект позволил значительно сократить выбросы углекислого газа от процесса добычи природного газа.

После запуска таких проектов, как Sleipner и Snøhvit, выбросы  $\text{CO}_2$  начали стабилизироваться и даже снижаться. К началу 2000-х годов уровень выбросов составлял около 40 миллионов тонн  $\text{CO}_2$ -эквивалента, но затем начал постепенно снижаться.

К 2020-м годам выбросы стабилизировались на уровне около 35 миллионов тонн  $\text{CO}_2$ -эквивалента в год, несмотря на продолжающееся развитие нефтегазового сектора. Это было связано с тем, что технологии CCS позволили существенно снизить выбросы от производственных процессов. На рис. 3 наглядно иллюстрируется статистика выбросов  $\text{CO}_2$  в Норвегии за 1990-2022 гг.

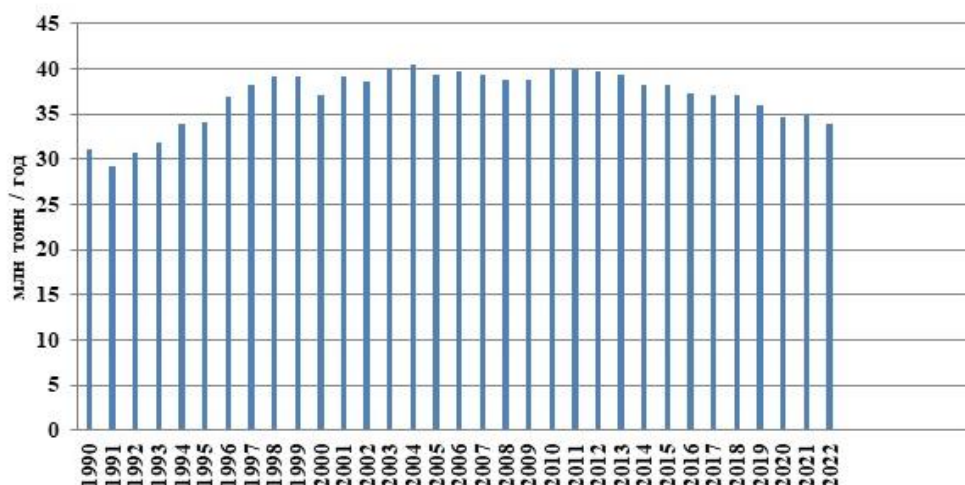


Рисунок 3 – Выбросы диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в Норвегии с 1990 по 2022 год

Сегодня Норвегия продолжает развивать технологии CCS и инвестирует в исследования и внедрение новых методов улавливания и хранения  $\text{CO}_2$ . В последние годы страна также делает акцент на переход к возобновляемым источникам энергии, что дополнительно способствует снижению выбросов парниковых газов.

Таким образом, можно сказать, что внедрение технологий CCS сыграло важную роль в стабилизации и снижении выбросов  $\text{CO}_2$  в Норвегии, несмотря на рост экономической активности в ключевых отраслях экономики.

Российская Федерация активно стремится к снижению выбросов углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), используя различные инструменты и технологии. Одним

из важных шагов в этом направлении является создание карбоновых полигонов, которые предназначены для мониторинга и учета поглощения  $\text{CO}_2$  природными экосистемами. Карбоновые полигоны позволяют оценивать потенциал компенсационных мер, таких как посадка лесов и восстановление экосистем, что способствует снижению общего уровня выбросов парниковых газов. Первые инициативы по созданию карбоновых полигонов в России появились в начале 2000-х годов, когда страна присоединилась к Киотскому протоколу [3], международному соглашению по борьбе с изменением климата. На сегодняшний день на территории страны существует 19 действующих карбоновых полигонов (рис. 4), общей площадью почти 313 тысяч гектар.

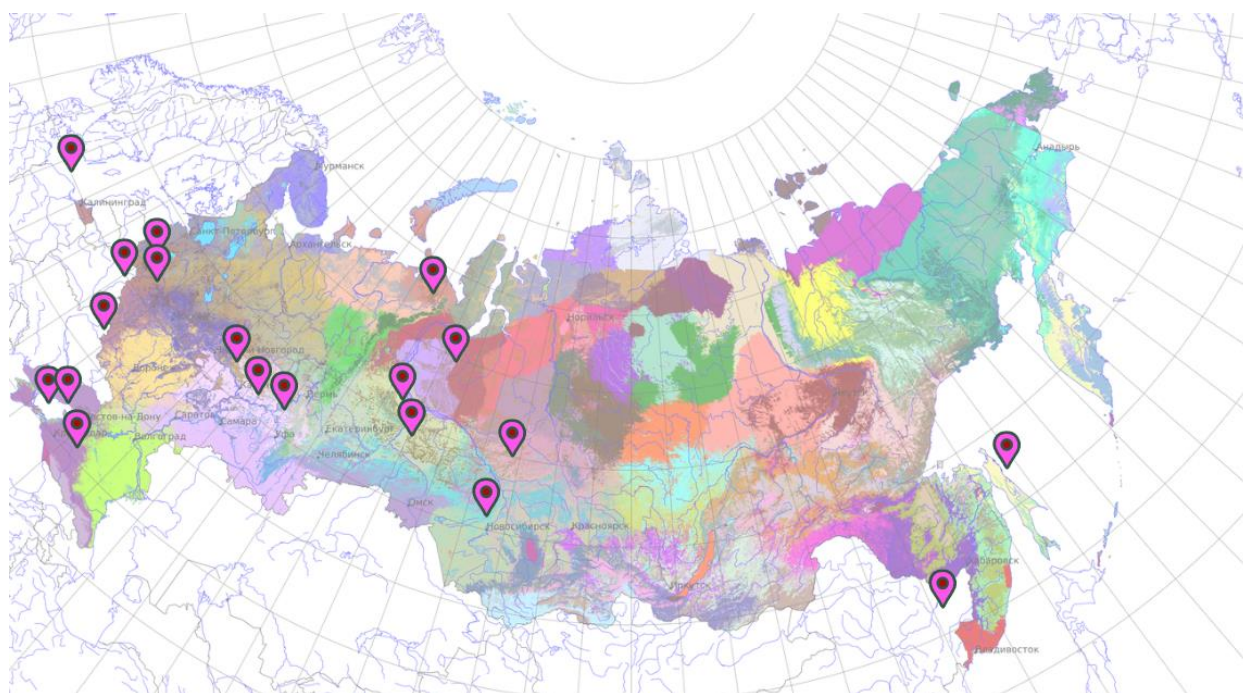


Рисунок 4 – Географическое положение карбоновых полигонов на территории Российской Федерации

Россия активно сотрудничает с другими странами и международными организациями в вопросах борьбы с изменением климата. Участие в международных форумах и конференциях, таких как Конференция ООН по изменению климата (COP), позволяет обмениваться опытом и координировать усилия на глобальном уровне. Россия также принимает участие в международных программах финансирования экологически чистых проектов и обмена технологиями.

Эти усилия направлены на создание более устойчивого будущего для страны и планеты в целом. Россия понимает, что переход к «зеленой» экономике необходим для обеспечения благополучия будущих поколений и сохранения природных богатств.

Эти меры отражают стремление России к формированию более устойчивого будущего, несмотря на то, что процесс полного внедрения всех до-



ступных технологий требует значительных временных и материальных ресурсов. Страна последовательно продвигается вперед, исследуя и апробируя разнообразные подходы для дополнительного снижения эмиссии углекислого газа и адаптации к новым климатическим условиям. Продолжающиеся усилия направлены на постепенное создание более благоприятной и безопасной среды обитания, как для нынешнего, так и для последующих поколений.

#### **Список литературы:**

1. Корнеев М. М., Левина Л. И. Перспективы использования биологической фиксации углекислого газа // Экологические исследования, № 12, 2020. С. 23-31.
2. Тимофеева А. Д., Петровский Ф. Ф. Утилизация углекислого газа в промышленности: обзор существующих методов // Журнал прикладной химии, № 11, 2019. С. 45-55.
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Нью-Йорк, 1998.
4. Шабанов Е. А., Гилязидинова Н. В. Источники загрязнения грунтов при строительстве, перспективы применения технологии электрохимической очистки загрязненных грунтов // Сборник материалов III международной научно-практической конференции. Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. 2014.