

*Лашина Вера Владимировна  
аспирант кафедры ЭП  
Петрова Александра Ивановна  
магистрант кафедры ЭП*

*Научный руководитель: Петров Иван Васильевич  
проф., д.э.н.  
Московский государственный горный университет*

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА И ОПЫТ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГЕРМАНИИ И РОССИИ**

### **ATMOSPHERE'S POLLUTION IN THE PROCESS OF CEMENT PRODUCTION AND EXPERIENCE IN REDUCING CARBON- DIOXIDE EMISSIONS AT THE CEMENT MANUFACTURING PLANTS IN GERMANY AND IN RUSSIA**

#### **Роль выбросов $\text{CO}_2$ в мире и их последствия**

Одна из самых актуальных тем на сегодняшний день - борьба с глобальным потеплением. Экологическая политика направлена на то, чтобы сократить нагревание атмосферы Земли. Этот процесс обусловлен, прежде всего, антропогенными факторами, в том числе цементной промышленностью. На заводах по изготовлению цемента выбросы углекислого газа составляют около 5% от мирового объема выбросов  $\text{CO}_2$  (рис. 1). Не смотря на то, что эта величина в мировом масштабе незначительна, цементная индустрия особенно сильному воздействию подвергает близлежащие регионы, где климат в результате значительно меняется.

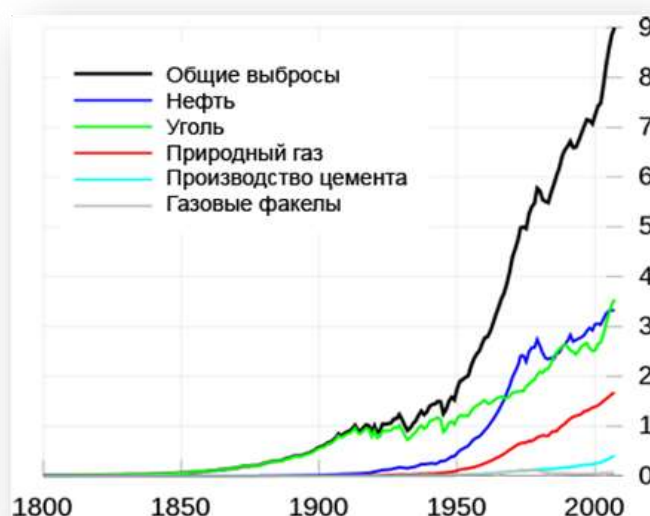


Рис. 1. Выбросы  $\text{CO}_2$ , млрд. т./г., [1].

По планам Евросоюза, к 2020 г. ожидается снижение уровня мировых выбросов на 20%, а к 2050 г. как минимум на 50%. Хотя по сравнению с 1990 г. общие выбросы углекислого газа сократились на 5%, основная причина этому - экономический спад. Однако, по последним данным, в 2010 г. выбросы составили рекордное значение, которые превысили данные 2008 года на те же 5%! [2].

Динамика выбросов углекислого газа от всех антропогенных источников представлена на рис. 2. Здесь также видна разница между Россией и Германией.

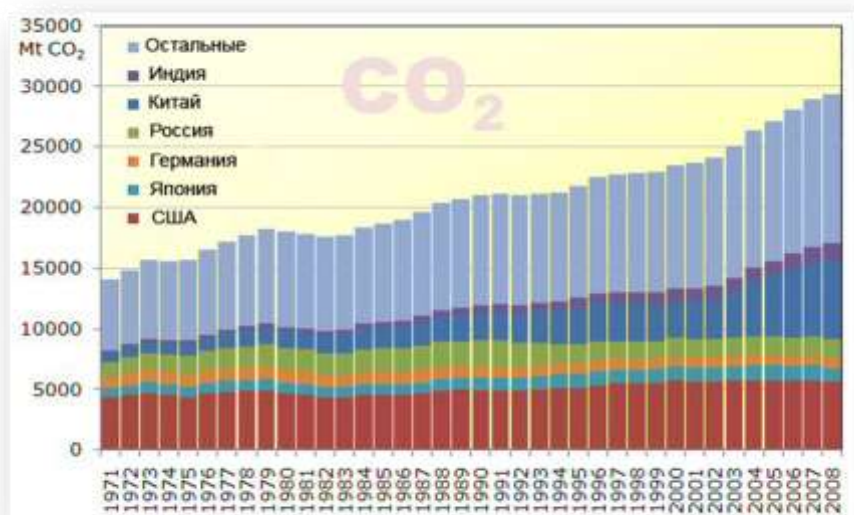


Рис. 2. Динамика выбросов  $\text{CO}_2$  от всех антропогенных источников в крупнейших странах. [3].

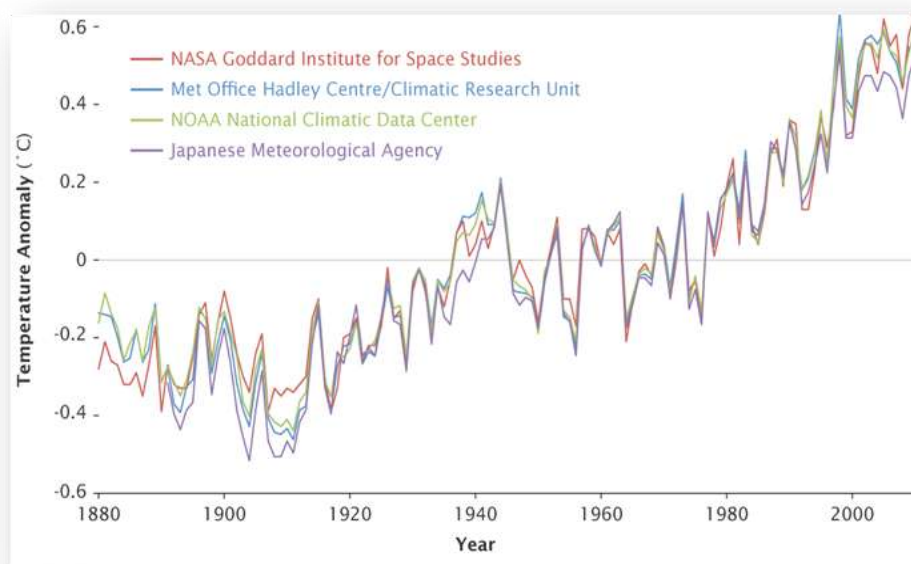


Рис. 3. Динамика выбросов  $\text{CO}_2$  от всех антропогенных источников в крупнейших странах.

В результате изменения концентрации углекислого газа в атмосфере наблюдаются значительные изменения в климате и окружающей среде. Прежде всего, стоит отметить, что 20 столетие стало самым теплым за предшествующую тысячу лет, а именно средняя температура повысилась на 1° С за последние 100 лет. На рис. 3 наглядно представлено изменение температуры по данным четырёх исследовательских институтов.

Дальнейшие последствия представлены в виде наводнений, ураганов, цунами, оползней и других природных катастроф, которые за последние 20 лет участились в четыре раза. В результате таяния ледников поднимается уровень мирового океана. Кроме того изменения климата влияют на здоровье и жизнь людей. Особенно актуальным это является для людей, чувствительных к изменениям климата. Повышение температуры приводит также к изменению многообразия видов живых организмов и их переселению. Здесь стоит обратить внимание на животных, являющихся переносчиками опасных заболеваний. [4]. Экосистемы изменяются с увеличивающейся скоростью.

### **Производство цемента под лупой**

Производство цемента неизбежно связано с вмешательством в окружающую среду. В общем, его можно классифицировать в три группы:

- пылевые эмиссии при добыче, погрузке, измельчении и сушке сырья и упаковке готовой продукции,
- газообразные эмиссии печей при обжиге клинкера и других вторичных процессах,
- шум и вибрация, исходящие от машин и от установок для производства цемента,
- взрывы при добычи полезного ископаемого. [5]

Выхлопные газы печей состоят в основном из:

- азота,
- углекислого газа  $\text{CO}_2$ ,
- кислорода,
- водяного пара,
- газообразных серных соединений,
- оксидов азота,
- окиси углерода.

В дальнейшем пойдет речь об углекислом газе при производстве цемента. Содержащийся  $\text{CO}_2$  в выхлопном газе цементных печей образовывается в результате сгорания углеродистого горючего и диссоциации карбоната кальция. Большой объем (1/2 – 2/3) эмиссии  $\text{CO}_2$  получается при прокаливании известняка до температуры более 950°С, что необходимо для производства клинкера – основной части «обычного» цемента. Снизить эту часть выбросов можно только за счет снижения содержания клинкера в цементах с многочисленными составляющими, взамен чего увеличивая в составе цемента остальные основные компоненты, или в итоге переход на безклинкерный цемент. [6]

Дальнейшие косвенные выбросы CO<sub>2</sub> возникают из-за потребления электроэнергии, так как ток на электростанциях, прежде всего, производится при помощи сжигания ископаемого горючего. [7]

Каковы в реальности объемы выбросов? Например, при обжиге известнякового стандарта 95, использовании угля как горючее с теплотой сгорания 29,3 MJ/kg и с содержанием углерода 85 М.%, для одной печи с «потреблением энергии для горючего» 3200 kJ/kg КЛ, доля CO<sub>2</sub>, относящиеся к клинкеру, достигают 335 g/kg от горючего и 535 g/kg от диссоциации кальция карбоната. [8]

В Германии Verein Deutscher Zementwerke e. V. (Объединение немецких цементных предприятий) выделяет несколько основных направлений по редуцированию выбросов CO<sub>2</sub>. На первом месте стоит замещение ископаемого горючего топлива вторичными горючими материалами для получения клинкера. Второе место заняло сокращение доли клинкера в производстве, что не только экономит минеральное сырье, но и сокращает расход горючего топлива. Дальнейший третий метод опирается на повышение эффективности энергии и, конечно, технологическую оптимизацию печных и дробильных установок. Однако, так как, потенциал снижения расхода энергии практически исчерпан, усилия сконцентрированы на оставшихся пунктах.

В результате, специфические эмиссии CO<sub>2</sub> при производстве цемента благодаря применению вторичных горючих материалов и снижению содержания клинкера снизились с 1990 г. на 23,4 %. (Рис. 4).

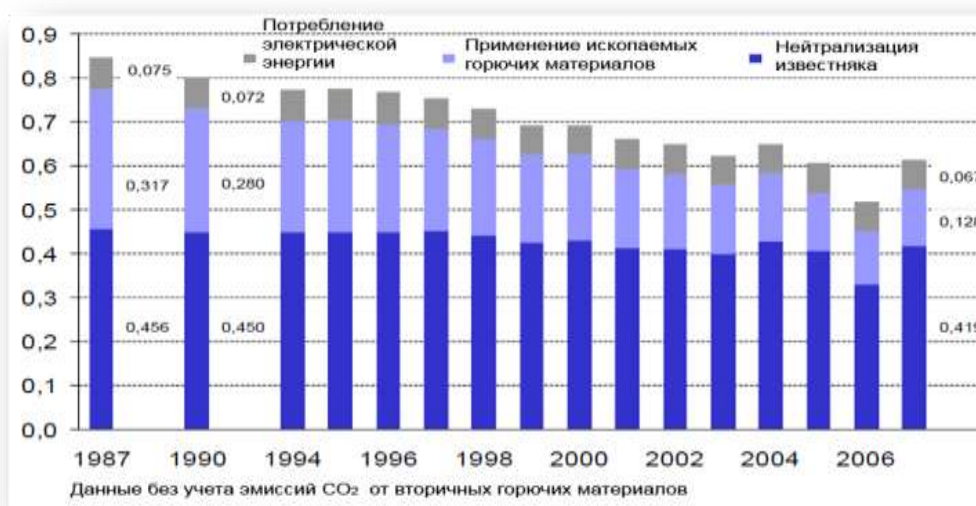


Рис. 4. Развитие специфических CO<sub>2</sub> эмиссий в цементной индустрии Германии

Использование ископаемых горючих материалов с середины 1990-х годов значительно снижается, в 2006 г. впервые часть использования вторичных материалов превысила часть использования ископаемых горючих материалов (рис. 5). [9]

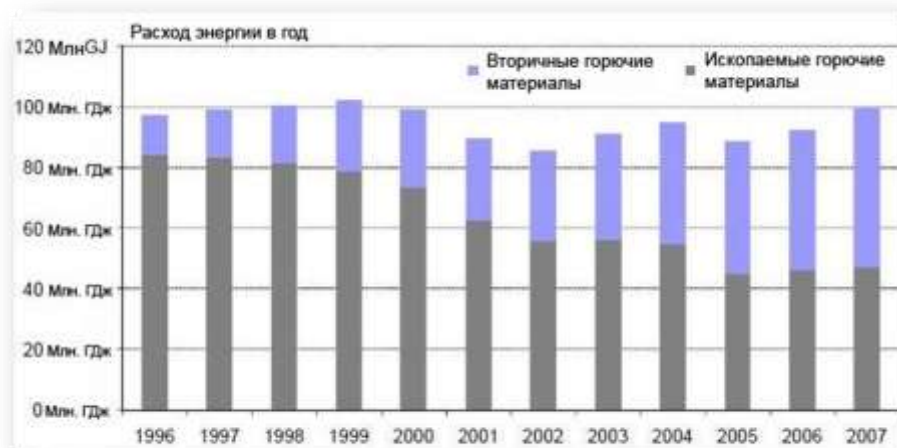


Рис. 5. Соотношение применения горючих материалов на цементных предприятиях в Германии

В России обобщенно разделены меры для снижения количества выбросов вредных веществ в окружающую среду при производстве цемента на первичные и специальные. Первичные меры заключаются в оптимизации процесса обжига и охлаждения портландцементного клинкера. Кроме снижения затрат тепла на обжиг, оптимизация процесса обжига и охлаждения всегда приводит к уменьшению количества выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$ , а также пыли. Оптимизация процесса обжига и охлаждения портландцементного клинкера включает такие мероприятия, как повышение однородности состава сырья, повышение точности дозировки топлива, регулирование газодинамического режима работы печи и холодильника, использование компьютерной системы управления печью. К первичным мерам следует также отнести рациональный выбор технологического топлива и вида сырьевых материалов, используемых для получения портландцементного клинкера.

Специальные меры принимаются для снижения количества выбросов конкретного продукта в окружающую среду. Здесь важно такое мероприятие, как оснащение печных агрегатов газоанализаторами для определения концентрации вредных газов в выхлопных газах. [10]

Кроме того, в России также производятся попытки уменьшения доли клинкера в готовой продукции путем развития производства малоклинкерных композитных цементов – цементов низкой водопотребности (ЦНВ), тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ), пуццолановых цементов нового типа и другие. Используется также мокрая очистка от углекислого газа отходящих печных газов. [11]

Однако главной проблемой для России остается применение старого мокрого способа. Это главная причина, почему не могут быть использованы новейшие экологически-чистые технологии, потому что они разработаны для сухого способа. Хотя существует множество дискуссий относительно того, что России было бы не рационально переходить на сухой способ, так как большинство известняков имеет высокую влажность,

существует уже немало расчетов, доказывающих обратное, как например, описанных в статье «Пути снижения выбросов CO<sub>2</sub> цементными заводами» [12]. Более точное представление о различной ситуации использования мокрого и сухого способа в России и в мире видно на рис. 6.



Рис. 6. Соотношение мокрого и сухого способов производства цемента

## Выводы

К сожалению, по-прежнему инвестируются старые технологии, денежные средства направляются на ремонт и модернизацию, вместо того чтобы перейти на новые технологии.

России необходимы крупные инвестиции для разработки усовершенствованной схемы защиты атмосферы от выбросов цементных предприятий. Все больше ученых склоняется к решению, что цементная промышленность нуждается в переходе на сухой метод производства цемента.

Можно отметить, что, хотя в России предпринимается уже немало природоохранных мероприятий в области цементной индустрии, но они не систематизированы и не закреплены на законодательном уровне. В то время как в Германии уже удачно внедрена четкая схема по снижению выбросов углекислого газа в атмосферу. Этот опыт необходимо использовать.

Необходимо принятие законодательных и нормативно-правовых актов, направленных на стимулирование предприятий по обновлению технологического оборудования и проведению природоохранных мер. Для предприятий должно быть выгодно внедрять преждевременные природоохранные мероприятия, нежели платить штрафы за загрязнение окружающей среды. Необходим переход от устранения последствий к их предотвращению.

Эмиссии цементной промышленности регулируются в Германии законом «Bundesimmissionsschutzgesetz» («Федеральный закон об охране

окружающей среды от воздействия экологически вредных выбросов»), где описаны нормы выбросов для цементных предприятий. В России эта область регулируется Федеральным законом "Об охране атмосферного воздуха" (4 мая 1999 г. N 96-ФЗ), определяющим общие принципы нормирования предельно допустимых выбросов и сбросов, но не предписывающим конкретные предельно допустимые нормы выбросов от источников пыления и от производственных источников эмиссий газообразных веществ на цементных предприятиях.

Необходимо также отметить, что проведение природоохранных мероприятий в Германии не только урегулировано законодательно, но и детально прописано в нормативных отраслевых методиках. На это необходимо обратить внимание при разработке новой литературы.

Транспортная структура также нуждается в развитии, чтобы при транспортировке сырья и готового материала не затрагивались заповедные зоны. В Германии цементные заводы распространены по всей территории страны равномерно и транспортируется сырье к предприятиям. В России предприятия расположены весьма неравномерно, на месторождениях необходимого полезного ископаемого, а транспортируется продукция. В результате территории с расположением месторождений подвергаются сильному загрязнению.

Вместе с тем на экологию по-прежнему давит развивающаяся глобализация. При глобализации рынков необходимо учитывать воздействие на окружающую среду. Кроме того, вступление России в ВТО может привести к необходимости унификации российских требований к защите атмосферы с европейскими, принятыми в ЕС. В этом случае потребуются большие материальные затраты и достаточно долгий срок для такой унификации, поэтому реорганизацию цементных предприятий необходимо начинать как можно скорее.

### Литература

1. Интернет-источник: Углекислый газ в атмосфере. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Global\\_Carbon\\_Emission\\_by\\_Type\\_to\\_Y2004\\_ru.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Global_Carbon_Emission_by_Type_to_Y2004_ru.png)
2. Интернет-источник: Мировые выбросы углекислого газа в 2010 году достигли рекордных показателей <http://ecoportal.su/news.php?id=54053>
3. Интернет-источник: Мировые выбросы углекислого газа и их концентрация в атмосфере. <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2/index.php>
4. Сафонов Г.В. Охрана окружающей среды, Высшая школа экономики. Опасные последствия изменения климата. GOF, WWW Russland, 2006. – 20 с.
5. Lashina V.V., Petrov I.V. Eine Analyse der Massnahmen zur Emissionssenkung der Zementindustrien in der Russischen Föderation und in Deutschland. Beiträge zur internationalen studentischen Konferenz in deutscher

Sprache Klimaschutz und Veränderungen des Klimas im 21. Jahrhundert. – Nowosibirsk, 22-24 September 2011.

6. Mahammad Mahammadzadeh / Henrik Biebeler / Hubertus Bardt (Hrsg.): Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen. Strategien, Maßnahmen und Anwendungsbeispiele.: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH, 2009.

7. Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg.): Zement-Taschenbuch 2008, 51. Auflage Düsseldorf: Verlag Bau+Technik GmbH, 2008.

8. Locher, Friedrich Wilhelm: Zement: Grundlagen der Herstellung und Verwendung. – Düsseldorf: Verl. Bau und Technik, 2000.

9. Интернет-источник: Informationsbrief 2 - Klimaschutz und Emissionshandel. <http://www.initiative-nachhaltigkeit.de/>

10. Интернет-источник: Проблемы технического регулирования и охраны окружающей среды при производстве цемента. Энтин З.Б., д.т.н., проф., ООО Фирма «Цемискон», Москва; Сивков С.П., к.т.н., доц., РХТУ им. Д.И. Менделеева. <http://www.c-rost.ru/articles/article05>

11. Юдович. Б.Э., Дмитриев А.М., Лямин Ю.А., Зубехин. С.А. Цементная промышленность и экология. // Цемент и его применение, 1998. – № 3. – С. 11-19.

12. Грюдгорд П. Пути снижения выбросов CO<sub>2</sub> цементными заводами. // Цемент и его применение, 2009. – №1. – С. 22-25.

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены выбросы и их формирование на предприятиях по производству цемента. Особое внимание уделено выбросам в атмосферу углекислого газа и их влиянию на климат и окружающую среду. Проанализированы природоохранные мероприятия по снижению количества выбросов, принятые в Германии и в Российской Федерации. Рассмотрена разница в правовом регулировании данной сферы в обеих странах. В заключении выдвинуты предложения, нацеленные на улучшение экологической ситуации при производстве цемента.

In this article the emission of different gases and its formation in cement production is considered. Special attention to carbon-dioxide emission and its influence on climate and environment is paid here. The nature-conservative measures for carbon-dioxide emission reduction in Germany in comparison with Russian Federation are analyzed. The difference in legal regulation in this field between Germany and Russian Federation is regarded. In conclusion the recommendations for ecological situation improvement in cement production are given.

#### **Ключевые слова**

экология, производство цемента, выбросы углекислого газа, Германия  
ecology, cement production, carbon-dioxide emission, Germany