

В.И. ТРАВУШ<sup>1</sup>, Д.В. КУЗЕВАНОВ<sup>2</sup>, С.С. КАПРИЕЛОВ<sup>2</sup>, Ю.С. ВОЛКОВ<sup>1,2,✉</sup>

<sup>1</sup> Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН),  
ул. Большая Дмитровка, д. 24, стр. 1, Москва, 107031, Российская Федерация

<sup>2</sup> Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт  
бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»,  
2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

# БЕТОН КАК ЭКОФАКТОР СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

## Аннотация

В разработанной Минстроем России «Стратегии развития строительной отрасли до 2030 года и на перспективу до 2035 года» указано, что одной из целей развития строительства на данную перспективу является «снижение углеродного следа как причины потепления атмосферы Земли».

В статье анализируются факторы, которые позволяют основному строительному материалу, т. е. бетону, внести заметный вклад в снижение углеродного следа в атмосфере как причины потепления окружающей среды. Приводятся примеры европейских практик по решению этой проблемы, показана необходимость проведения соответствующих научно-исследовательских работ, касающихся оценки влияния производства цемента и бетона на повышение уровня углеродного следа, разработка методов решения указанной проблемы и учет этого фактора для практических нужд.

**Ключевые слова:** бетон, цемент, окружающая среда, углеродный след, атмосфера, климат, экология

**Для цитирования:** Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Каприелов С.С., Волков Ю.С. Бетон как экофактор стабилизации изменения климата // *Бетон и железобетон*. 2024. № 1 (620). С. 34–41. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-34-41](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-34-41)

## Вклад авторов

Авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Поступила в редакцию 17.02.2024*

*Поступила после рецензирования 05.03.2024*

*Принята к публикации 07.03.2024*

V.I. TRAVUSH<sup>1</sup>, D.V. KUZEVANOV<sup>2</sup>, S.S. KAPRIELOV<sup>2</sup>, Yu.S. VOLKOV<sup>1,2,✉</sup>

<sup>1</sup> Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,

Bolshaya Dmitrovka str., 24, bld. 1, Moscow, 107031, Russian Federation

<sup>2</sup> Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev,  
JSC Research Center of Construction,

2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

# CONCRETE AS AN ECO–FACTOR FOR CLIMATE CHANGE STABILIZATION

## Abstract

The "Strategy for the development of the construction industry until 2030 and for the future until 2035" developed by the Ministry of Construction of Russia indicates that one of the goals of construction development for this future is to "reduce the carbon footprint from the impact of the construction industry on the environment. The article analyzes the factors that allow the main building material – concrete to make a significant contribution to reducing the carbon footprint in relation to the environment. Examples of European practices in solving this problem are given, the need for appropriate research work is indicated regarding the assessment of the impact of cement and concrete production on increasing the carbon footprint, the development of methods to solve this problem and taking this factor into account for practical needs.

**Keywords:** concrete, cement, environment, carbon footprint, atmosphere, climate, ecology

**For citation:** Travush V.I., Kuzevanov D.V., Kaprielov S.S., Volkov Yu.S. Concrete as an eco-factor for climate change stabilization. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 1 (620), pp. 34–41. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-34-41](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-34-41)

## Author contribution statements

The authors have made an equal contribution to the preparation of the publication.

## Funding

No funding support was obtained for the research.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

*Received 17.02.2024*

*Revised 05.03.2024*

*Accepted 07.03.2024*

Мировое строительство развивается в настоящее время в беспрецедентных объемах. Только в Китае ежегодно возводится 15 миллионов новых домов, что в пять раз больше, чем в США и Европе вместе взятых [1]. К 2050 году население земного шара по прогнозу возрастет до 9,8 млрд человек. Среда обитания человечества формируется, прежде всего, путем применения бетона и железобетона, глобальный объем которых ежегодно превышает 14 млрд кубометров, из них 40 % идет на возведение жилищ. Цемента на каждого жителя Земли выпускается 0,5 тонны ежегодно [1].

Мировое промышленное развитие одновременно сопровождается ростом экологических проблем, в том числе изменением климата. За последние 50 лет средняя температура атмосферы земного шара увеличилась на 1,5 °C, это явление вызывает таяние арктических и антарктических льдов, подъем уровня мирового океана, возмущения атмосферы (ураганы, торнадо, лесные пожары и др.). Причиной потепления атмосферы считается повышение содержания в ней углекислого газа  $\text{CO}_2$ , создающего парниковый эффект. Подсчитано, что повышение средней температуры атмосферы Земли на 1,5 °C соответствует выбросу в атмосферу 500 гигатонн  $\text{CO}_2$  (приставка «гига» соответствует множителю 10 в девятой степени, т. е. миллиард), потеплению на 2 °C будет соответствовать уже 1150 гигатонн  $\text{CO}_2$ . Прирост выбросов  $\text{CO}_2$  к 2100 году будет составлять ежегодно 10 гигатонн, а общий прирост по отношению к нынешнему периоду времени составит 3500 гигатонн  $\text{CO}_2$  [2].

На долю промышленности мирового производства цемента приходится 7 % общего объема выбросов  $\text{CO}_2$ . Доля европейской цементной промышленности, которая включает 200 печей и на которую приходится 10 % общеевропейского ВВП, в мировом объеме сравнительно невелика – всего 4,4 %. Евросоюз ставит амбициозные цели: к 2050 году снизить выбросы  $\text{CO}_2$  на 90 %, а также оставить достигнутый уровень постоянным до 2100 года. В абсолютных цифрах это составляет с нынешних 2140 мегатонн до 1795 мегатонн  $\text{CO}_2$  в 2030 году и до 125 мегатонн в 2050 году. Перспективным является замещение энергоемких строительных материалов на более экономичные, например на древесину.

Следует отметить, что существуют и другие точки зрения на причину потепления климата планеты. В частности, отдельные специалисты считают, что потепление является результатом изменения угла наклона (осцилляция) оси вращения планеты Земля относительно орбиты ее движения вокруг солнца. Однако превалирует первая точка зрения, объясняющая этот эффект ростом содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

Общественную значимость борьбы против потепления климата применительно к Европе можно проиллюстрировать фактом избрания представителей партии «зеленых», которая проповедует эту доктри-

ну, в коалиционное правительство самой развитой страны Европы (и третьей в мире) – Федеративной Республики Германии. Представитель этой фракции в Парламенте Германии, в Бундестаге, – Анналена Бербок, являющаяся министром иностранных дел страны. В рекомендациях программы этой партии указано на необходимость преимущественного строительства ветровых и солнечных установок, гидроэлектростанций с соответствующим снижением числа (а в отдаленной перспективе и отказ) тепловых станций, работающих на угле, производящих как попутный продукт углекислый газ  $\text{CO}_2$ , который накапливается в атмосфере и дает упомянутый парниковый эффект. Строительство ветровых и солнечных установок требует, однако, использования таких дорогих энергоемких материалов, как алюминий и медь, которые для своего производства также нуждаются в немалых затратах энергии. Для достижения углеродной нейтральности путем применения этих установок потребуется многократно, по оценке, в 26 раз, увеличить добычу редкоземельных металлов, что, в свою очередь, даст свой негативный экологический эффект [1]. Прогнозируется, что прирост выбросов  $\text{CO}_2$  до 2100 года будет составлять ежегодно 10 гигатонн. Если же отсчет вести от 1850 года, то прирост промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  по сравнению с сегодняшним днем, т. е. за 170 лет, составит более 2000 % [2].

Источники выброса  $\text{CO}_2$  многолики, это теплоэлектростанции, металлургия, автотранспорт и т. д. Не стоит в стороне и строительная отрасль. В разработанной Минстроем России «Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года» [3] указано, что одной из целей развития строительства на обозримую перспективу является «снижение углеродного следа от воздействия строительной отрасли на окружающую среду», хотя строительство по этому показателю находится далеко не в первых рядах среди остальных отраслей промышленности. Текущая ситуация потепления климата на 1,5 °C соответствует выбросу в атмосферу 500 гигатонн  $\text{CO}_2$ , прогнозируемое потепление на 2 °C будет соответствовать выбросу дополнительно еще 1150 гигатонн  $\text{CO}_2$ . Прогнозируется, что прирост выбросов  $\text{CO}_2$  до 2100 года будет составлять ежегодно 10 гигатонн. При суммарном приросте 3500 гигатонн  $\text{CO}_2$  по всем отраслям на долю строительного сектора, по оценке экспертов, будет приходиться всего 5 % [1].

Основная доля повышения содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере, как результат, – потепление климата, как сказано выше, приходится на тепловые электростанции и автомобильный транспорт. Производство строительных материалов тем не менее вносит свой вклад: на производство цемента в настоящее время приходится 7 % общемировых выбросов  $\text{CO}_2$ .

Но одновременно цементный бетон является фактором снижения углеродного следа в атмосфере, об этом будет сказано ниже.

В «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [4] не даны предложения по применяемым строительным материалам, которые могут внести свой вклад в снижение углеродного следа, а такой материал есть и выпускается в значительных объемах – это бетон, и он может сыграть, если не главную, то ощутимую роль в решении проблем экологии. Бетон и железобетон являются доминирующими строительными материалами. В настоящее время 70 % населения земного шара живет в домах, построенных с применением железобетона.

В октябре 2021 года в Лондоне сорок крупнейших мировых компаний-производителей цемента (80 % мирового производства, исключая Китай) взяли обязательство сократить к 2030 году выбросы  $\text{CO}_2$  на 25 %, что отвечает целям ограничения глобального потепления до 1,5 °C. Это означает, что выбросы в атмосферу  $\text{CO}_2$  к этому сроку сократятся на 5 млрд тонн. Намеченное снижение выбросов  $\text{CO}_2$  гипотетически эквивалентно объему выбросов от двигателей пассажирских авиалайнеров за 15 миллиардов рейсов по маршруту Париж – Нью-Йорк [1].

Недавно созданная Европейская Объединенная Ассоциация цемента и бетона (Global Cement and Concrete Association – GCCA, ([www.gccassociation.org](http://www.gccassociation.org))) поставила задачу к 2050 году достичь углеродной нейтральности производства цемента и бетона в Евросоюзе. Иными словами, достичь ситуации, когда выбросы  $\text{CO}_2$  в процессе производства цемента и бетона не будут приводить к увеличению его содержания в атмосфере. В качестве первого шага в этом направлении намечено уже к 2030 году снизить на 25 % выбросы  $\text{CO}_2$  при производстве цемента и бетона. Стартовое заседание GCCA, на котором было принято указанное решение, собрало более 1000 специалистов из различных стран [5]. Это событие освещалось крупными информационными агентствами, такими как Рейтер, Блумберг, Евроньюс, БиБиСи и др.

Подготовленный по результатам упомянутого заседания документ [1] собрал более 800 тыс. просмотров в Интернете. Заметим, что за последние тридцать лет, по данным GCCA, выбросы  $\text{CO}_2$  при производстве цемента снизились на 20 %. В период до 2030 года, то есть за 8 лет, намечено снижение сразу еще на 25 %.

За последние три десятилетия сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  составило на стадии производства цемента 20 %. Этот показатель позволяет быть уверенным, что к 2050 году будет достигнут нулевой уровень выбросов  $\text{CO}_2$  в этой области. Пока же в этом секторе производства объем выбросов  $\text{CO}_2$  составляет 2,5 гигатонны в год. Суммарный эффект снижения выбросов  $\text{CO}_2$  будет достигнут путем:

- совершенствования нормативных требований на стадии проектирования;
- снижения расхода цемента, улавливания и утилизации  $\text{CO}_2$  на стадии производства;
- декарбонизации производства электроэнергии.

Доля альтернативных видов топлива с нынешних 6 % может быть к 2030 году увеличена до 22 % и к 2050 году до 43 %. Использование в значимых объемах водородного топлива ожидается не ранее 2040 года.

Совершенствование технологии производства бетона также может дать экономию цемента (и косвенно снизить выбросы  $\text{CO}_2$ ), по оценке, на 5 % к 2030 году и на 14 % к 2050 году.

Карбонизация – это процесс адсорбции  $\text{CO}_2$  бетоном, который был известен давно [6], но лишь недавно было предложено учитывать его как фактор в общем балансе утилизации парниковых газов [7]. Численно карбонизация в мировом масштабе оценивается в объеме 200–300 миллионов тонн  $\text{CO}_2$  в год. Процесс карбонизации небезобидный, так как вследствие его протекания ухудшаются защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре. Процесс адсорбции  $\text{CO}_2$ , однако, относится к слабым видам агрессии [6–8], но благодаря значительным объемам применения бетона в мире количество адсорбированного углекислого газа идет на сотни миллионов, внося свой вклад в замедление потепления климата планеты Земля.

**Таблица 1**  
**Table 1**

**Аспекты мероприятий по снижению углеродного следа.**  
**Предложения Global Cement and Concrete Association – GCCA**  
**Aspects of measures to reduce the carbon footprint.**  
**Global Cement and Concrete Association – GCCA offers**

№ п/п	Мероприятие по снижению выбросов $\text{CO}_2$	Доля от общего эффекта, %	Абсолютные объемы $\text{CO}_2$ , мегатонн
1	Совершенствование технологии производства цемента и бетона, оптимизация составов, контроль качества (экономию топлива и др.)	22	840
2	Применение смешанных цементов, экономия электроэнергии	14	540
3	Адсорбция $\text{CO}_2$ бетоном	6	240
4	Улавливание $\text{CO}_2$ на цементных заводах	36	1370
5	Совершенствование проектирования и технологии строительства	22	840



На долю строительного сектора приходится 14 % общемирового ВВП. Мировой объем производства цемента и бетона в денежном выражении оценивается в 440 миллиардов долларов США в год. В мире для изготовления бетона ежегодно расходуется более одного миллиарда тонн цемента. Бетон и железобетон как строительные материалы в наибольшей степени отвечают критериям устойчивого развития с учетом требований экологии, главными из которых являются:

- прочность и долговечность;
- сочетаемость с другими видами материалов;
- высокие эстетические и архитектурные качества;
- возможность использования вторичных продуктов (отходов) других отраслей для его производства;
- безопасность для окружающей среды на стадиях производства материала и его последующей эксплуатации;
- перерабатываемость по исчерпанию эксплуатационного ресурса для строительных или иных нужд.

В мире за 2020 год было произведено 14 млрд кубометров бетона, из них 5,6 млрд (40 %) ушло на возведение жилья, к 2050 году этот объем по прогнозу возрастет чуть ли не вдвое – до 9,8 млрд кубометров. Производство стройматериалов в Европе является высокодоходной отраслью. Один евро, вложенный в производство цемента и бетона, дает мультипликативный эффект в 2,8 евро в общем ВВП. Продукция этого сектора составляет 10 % от совокупного общественного продукта в странах ЕС, в отрасли занято 13 млн работников. Иными словами, снижение объемов производства бетона в мире вряд ли произойдет в обозримом будущем.

В Евросоюзе в 2021 году был введен в действие евростандарт EN 16757 «Экологичное строительство. Экологическая декларация строительных материалов. Правила для бетона и железобетона (Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements)» [9]. Стандарт содержит комплекс процедур по оценке экологического воздействия бетона и железобетона на различных этапах жизненного цикла конструкций, начиная от изготовления и кончая утилизацией. Кроме упомянутого выше по вопросам экологической оценки строительных материалов и строительных работ (sustainability of construction) в настоящее время действуют шесть стандартов, которые касаются только бетона.

С учетом требований разработанных стандартов намечено снизить выброс парниковых газов на 55 % к 2050 году, планируется также ежегодно обновлять не менее 3 % общеевропейского жилого фонда. К этому же сроку окружающая среда должна стать углеродно-нейтральной, т. е. выбросы CO<sub>2</sub> должны быть нейтрализованы путем расширения площадей зеленых насаждений.

Это важный шаг к достижению Европой эконейтральной промышленности производства строительных материалов. К 2050 году производство главного строительного материала – бетона – должно в Евросоюзе выйти на нулевые показатели. Главный тезис – «эконейтральный бетон».

Европейская цементная промышленность насчитывает 200 заводов. Их ежегодная производительность составляет 180 млн тонн.

В России отрасль производства бетона также развивается успешно: по данным Минпромторга, в 2022 году производство товарного бетона выросло на 20 % по отношению к 2021 году, в то время как производство кирпича возросло лишь на 2,7 %. Абсолютный объем всего нового строительства ведется из бетона и железобетона. Инновации в этой области определяют прогресс всей отрасли производства строительных материалов.

Снижение расхода вяжущего на единицу объема бетона также может внести свой вклад в снижение выбросов CO<sub>2</sub>. Подсчитано, что таким путем может быть получено снижение выбросов CO<sub>2</sub> дополнительно на 5 %.

На стадии эксплуатации готовых строительных объектов экологические требования в части снижения выбросов CO<sub>2</sub> можно выполнить путем повышения тепловой защиты зданий и снижения расхода энергии для поддержания комфортной среды обитания, но финансовые затраты вряд ли будут оправданы. На стадии проектирования и строительства конкретных объектов одним из ключевых факторов решения задачи снижения выбросов CO<sub>2</sub> является переход на преимущественное применение бетона как строительного материала. Основанием для такого перехода является то обстоятельство, что производство бетона требует значительно меньших затрат энергии, чем производство кирпича или металла.

Применение бетона в транспортном строительстве, помимо повышения надежности и долговечности сооружений, позволяет снизить выбросы парникового газа CO<sub>2</sub> от выхлопа движущегося автотранспорта суммарно на одну тонну в год на один километр автодороги за счет пониженного расхода автомобильного топлива. Перспективно применение инновационных бетонов в транспортном строительстве, поскольку в России свыше трети протяженности автомобильных дорог федерального значения и мостовым сооружениям на них требуется ремонт из-за ускоренной деградации примененных материалов. Анализ фактических сроков службы дорожных покрытий показывает, что в сопоставимых условиях эксплуатации цементобетонные дорожные покрытия имеют в среднем в 2 раза более продолжительный срок эксплуатации, чем асфальтобетонные.

Что касается в целом цементной промышленности, то, как уже указывалось, на ее долю приходится 7 % общемирового объема выброса парниковых газов.

За последние 30 лет выбросы  $\text{CO}_2$  при производстве цемента были снижены на 20 % в основном путем применения смешанных цементов с использованием зол, молотых гранулированных шлаков (GGBS), молотых известняков, рециклированных заполнителей, совершенствования технологии бетонов. В Европе выбросы  $\text{CO}_2$  на 1 тонну производимого цемента в 1990 году составляли 783 кг, но к 2030 году эта цифра должна быть снижена до 472 кг, а к 2050 году выброс парниковых газов планируется уменьшить дополнительно еще на 55 %. Полностью исключить выбросы  $\text{CO}_2$  невозможно, но достижение указанных показателей будет ощутимым вкладом в снижение углеродного следа. Страны Евросоюза намерены достичь окончательно углеродной нейтральности производства и применения цемента к 2050 году [1].

Британский научно-исследовательский институт по строительству British Research Establishment выполнил анализ экологической эффективности применения бетона на рециклированном заполнителе. За эталонный наиболее широко применяемый бетон был принят бетон класса по прочности на сжатие C28/35 (в числителе прочность, определенная по цилиндрам, а в знаменателе – определенная по кубам, МПа). Виды рециклированного заполнителя для бетона были выбраны следующие:

- заполнитель из дробленого бетона;
- заполнитель из дробленого кирпича;
- смесь этих двух видов рециклированного заполнителя.

Кроме того, был рассмотрен бетон этого же класса с заполнителем из природных материалов.

Было показано, что адсорбция бетоном углекислого газа зависит главным образом от содержания цемента, точнее клинкера, в единице его объема, а не от вида заполнителя. Тип и порода крупного заполнителя оказывают небольшое влияние на этот показатель. При замене природного заполнителя на дробленый бетонный заполнитель в 100 % объеме поглощение  $\text{CO}_2$  на одну тонну бетона за расчетный период 100 лет было всего на 10 кг ниже.

Бетон вносит весомый вклад в достижение цели создания углеродно-нейтральной среды обитания, т. к. объемы применения бетона и железобетона более чем вдвое превышают объемы применения всех остальных строительных материалов вместе взятых. На производство сборного и монолитного железобетона идет более 70 % всего выпускаемого цемента и 30 % нерудных строительных материалов, а в стоимостном выражении на бетон и железобетон приходится около 60 % стоимости всех применяемых в строительстве материалов. Не последнюю роль играют экологические характеристики бетона.

Среди многих строительных материалов, «дружественных» по отношению к окружающей среде, железобетон является абсолютным лидером.

Производство бетона практически не загрязняет окружающую среду и по энергоемкости намного более эффективно, чем производство кирпича или стали. Средний расход энергии на отопление в железобетонных зданиях за счет тепловой инерции ограждающих конструкций ниже, чем в кирпичных.

Железобетон является основным материалом для строительства не только зданий, но и объектов инфраструктуры, наиболее гармонично сочетающихся с природой, – это дороги, мосты, акведуки, каналы, плотины и другие гидротехнические сооружения. Железобетон – основной материал для возведения природоохранных сооружений (отстойников, аэротенков, берегоукреплений, шумовых экранов и т. д.), в том числе сооружений для хранения радиоактивных, взрывчатых и ядовитых веществ.

Концепция защиты окружающей среды в настоящее время основное внимание уделяет снижению выбросов токсичных веществ, повышению уровня очистки промышленных выбросов, анализу воздействия различных веществ на экосистему. В структуре антропогенного воздействия человека на окружающую среду накопление крупнотоннажных промышленных отходов, прежде всего, зол и шлаков, анализируется недостаточно. Между тем, по данным Стратегии [4], в РФ свыше 30 млрд тонн отходов производства и потребления накоплено в результате прошлой хозяйственной и иной деятельности. По итогам инвентаризации территорий выявлено 340 объектов накопленного вреда окружающей среде, являющихся источником потенциальной угрозы жизни и здоровью 17 млн человек.

Стратегия [4] констатирует, что ежегодно образуется примерно 4 млрд тонн отходов производства и потребления. Увеличивается количество отходов, которые не вовлекаются во вторичный хозяйственный оборот, а размещаются на полигонах и свалках, что приводит к выводу продуктивных сельскохозяйственных угодий из оборота. Между тем именно в производстве строительных материалов могут и должны в широких масштабах использоваться крупнотоннажные отходы энергетики, металлургии и других отраслей. Было доказано, что введение в бетоны 100–200 кг/м<sup>3</sup> золы позволяет экономить от 20 до 100 кг/м<sup>3</sup> цемента, шлаковый песок может заменить природный песок, шлаковый щебень – крупный заполнитель (его часть или полностью). Применение зол улучшает формовочные свойства бетонных смесей и качество поверхностей изделий, снижает плотность и теплопроводность всех видов бетонов, что особенно важно для легких и ячеистых бетонов.

Одним из важнейших экологических показателей стройматериалов является расход энергии на единицу продукции, который для железобетона на одну тонну в 16 раз ниже, чем для стали, и вдвое ниже, чем количество энергии, необходимой для производства одной тонны кирпича.

Таким образом, по уровню экологических, технических и экономических показателей железобетон является основным конструкционным материалом современности, лидируя в общей структуре мирового производства строительной продукции. Он фактически является безальтернативным материалом для применения в жилищном, гражданском, дорожном, промышленном и других видах строительства.

### Выводы

Применение бетона играет важную роль в снижении углеродного следа по отношению к окружающей среде, но решение этой проблемы должно иметь соответствующее научное обеспечение. Необходимо формулирование проблемы, выделение финансирования и проведение соответствующих научно-исследовательских работ, касающихся качественной и количественной оценки влияния производства бетона на снижение уровня углеродного следа.

Далее необходима разработка мер по снижению выбросов CO<sub>2</sub> на стадии производства исходных составляющих (цемента, заполнителей, добавок). Является целесообразной подготовка методик по численному измерению поглощения CO<sub>2</sub> видами бетонов с различным расходом цемента на разных заполнителях на стадии эксплуатации, предстоит разработка нормативных документов, определяющих методы решения указанной проблемы и учета этого фактора для практических нужд.

**На сегодняшний день цементный бетон и железобетон – это единственные материалы, объемы применения которых в различных сферах мировой строительной деятельности способны внести ощутимый вклад в замедление потепления климата на Земле.**

### Список литературы

1. Concrete Future. The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete. URL: <https://gccassociation.org/concretefuture>
2. Carbon Accounting for Building Materials. An Assessment of Global Warming Potential, June 2022, P.O.BOX 1475,3430 Newvegein, the Netherlands, [www.lbpsht.nl](http://www.lbpsht.nl)
3. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. Минстрой; 2022.
4. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Указ Президента Российской Федерации № 176 от 19 апреля 2017 г.
5. Concrete 2030 – Challenges and Opportunities, ERMCO Representative meeting, Amsterdam, 14.02.2021.
6. Чехов А.П., Сергеев А.М. Справочник по бетонам и растворам. Киев: Будивельник. 1972. 192 с.
7. FIB Model Code For Concrete Structures 2010. Verlag fur Archtektture Berline 2010.

8. Guide to Durable Concrete. Standard 201.2R – 08. American Concrete Institute.

9. EN 16757:2017. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements.

10. Будущее России. Национальные проекты, проблемы и перспективы. Доклады РААСН. Москва; 2021. 156 с.

11. Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Каприелов С.С., Волков Ю.С. Цементный бетон как фактор снижения углеродного следа // *Цемент и его применение*. 2022. № 5. С. 20–21.

12. Principles and Rules for the Structural and Drafting of CEN Documents (ISO / IEC Directives-P).

13. Jenisch J., Gullot T. Our Concrete Future. Global Cement and Concrete Association. Issue 1, October 2021.

### References

1. Concrete Future. The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete. URL: <https://gccassociation.org/concretefuture>
2. Carbon Accounting for Building Materials. An Assessment of Global Warming Potential, June 2022, P.O.BOX 1475,3430 Newvegein, the Netherlands, [www.lbpsht.nl](http://www.lbpsht.nl)
3. Strategy for the development of the construction industry and housing and communal services of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035. Ministry of Construction; 2022. (In Russian).
4. The Strategy of environmental safety of the Russian Federation for the period up to 2025. Decree of the President of the Russian Federation No. 176 dated April 19, 2017. (In Russian).
5. Concrete 2030 – Challenges and Opportunities, ERMCO Representative meeting, Amsterdam, 14.02.2021.
6. Chekhov A.P., Sergeev A.M. Handbook of concretes and mortars. Kiev: Budivelnik; 1972. 192 p. (In Russian).
7. FIB Model Code For Concrete Structures 2010. Verlag fur Archtektture Berline 2010.
8. Guide to Durable Concrete. Standard 201.2R – 08. American Concrete Institute.
9. EN 16757:2017. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements.
10. The future of Russia. National projects, problems and prospects. RAACS reports. Moscow; 2021. 156 p. (In Russian).
11. Travush V.I., Kuzevanov D.V., Kaprielov S.S., Volkov Yu.S. Cement concrete as a factor to reduce the carbon footprint. *Journal cement and its applications*. 2022, no. 5, pp. 20–21. (In Russian).
12. Principles and Rules for the Structural and Drafting of CEN Documents (ISO / IEC Directives-P).
13. Jenisch J., Gullot T. Our Concrete Future. Global Cement and Concrete Association. Issue 1, October 2021.



## Информация об авторах / Information about the authors

**Владимир Ильич Травуш**, д-р техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, Москва

**Vladimir I. Travush**, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Vice President of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow

**Дмитрий Владимирович Кузеванов**, канд. техн. наук, член-корреспондент Международной инженерной академии, директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

**Dmitry V. Kuzevanov**, Cand. Sci. (Engineering), Corresponding Member of the International Academy of Engineering, Director, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

**Семен Суренович Каприелов**, д-р техн. наук, профессор, руководитель лаборатории химических добавок и модифицированных бетонов (№ 16) НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; академик РААСН, Москва

**Semyon S. Kaprielov**, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of the Laboratory of Chemical Additives and Modified Concretes (No. 16), Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction; Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow

**Юрий Сергеевич Волков** ✉, канд. техн. наук, ученый секретарь НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; почетный член РААСН, Москва  
e-mail: volkov@cstroy.ru

**Yuri S. Volkov** ✉, Cand. Sci. (Engineering), Scientific Secretary, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction; Honorary Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow  
e-mail: volkov@cstroy.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



АО «НИЦ «Строительство» – это **более чем 95-летний опыт** исследований и достижений в области строительной науки

**Мы – команда единомышленников**, способных реализовать сложнейшие инженерные проекты

АО «НИЦ «Строительство» – предлагает весь спектр инжиниринговых услуг для строительного комплекса



Изыскания



Проектирование



Строительство



Эксплуатация



+7 (495) 602-00-70  
info@cstroy.ru  
www.cstroy.ru



ниц строительство  
научно-исследовательский центр



ЦНИИСК  
им. А.А. Кучеренко

НИИЖБ  
им. А.А. Гвоздева

НИИОСТ  
им. Н.М. Переплывина