

УДК: 332.0
JEL K050

А.И. Савина, Т.О. Тагаева

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,
Новосибирск, Россия,
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

**Уменьшение выбросов парниковых газов с использованием
наилучших доступных технологий при производстве цемента
(на примере АО «Искитимцемент»)**

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к уменьшению выбросов парниковых газов с использованием наилучших доступных технологий для достижения стратегической цели социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов. С точки зрения климатической эффекта рассмотрен сектор «Промышленные процессы» углеродного баланса Новосибирской области, в частности производство цемента. На примере АО «Искитимцемент», крупнейшего производителя цемента в НСО, рассчитаны прямые и косвенные выбросы парниковых газов за период 2018–2021 гг., проанализированы наилучшие допустимые технологии при производстве цемента и рассчитан климатический эффект от их применения.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, зеленая экономика, прямые выбросы парниковых газов, косвенные выбросы парниковых газов, углеродный баланс.

A.I. Savina, T.O. Tagaeva

Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russia)

**Reducing greenhouse gas emissions using the best available technologies
in the production of cement
(on the example of JSC “Iskitimcement”)**

Abstract. The article discusses approaches to reduce greenhouse gas emissions using the best available technologies to achieve the strategic goal of Russia's socio-economic development with low greenhouse gas emissions. From the point of view of the climate effect, the sector "Industrial processes" of the carbon balance of the Novosibirsk region, in particular, the production of cement, is considered. Using the example of JSC "Iskitimcement", the largest cement producer in the NSO, direct and indirect greenhouse gas emissions for the period 2018–2021 are calculated, the best acceptable technologies for cement production are analyzed, and the climate effect from their use is calculated.

Keywords: best feasible technologies, green economy, direct greenhouse gas emissions, indirect greenhouse gas emissions, carbon balance.

Несмотря на геополитическую ситуацию, Россия продолжает развиваться в сторону зеленой экономики, разрабатывать и утверждать методики расчета выбросов парниковых газов (ПГ), рассчитывать углеродные балансы регионов, составлять климатические паспорта предприятий и информационно-технические справочники наилучших доступных технологий.

Страны Евросоюза поставили цель – достичь климатической нейтральности к 2050 году (нулевые нетто-выбросы всех парниковых газов, т. е. объемы выбросов парниковых газов равны объему улавливания и поглощения). При этом планируется, что к 2030 году выбросы парниковых газов будут уменьшены на 55% к уровню 1990 г. Китайская народная республика (КНР) планирует достичь углеродной нейтральности к 2060 году. А к 2030 году – сократить выбросы СО₂ минимум на 65% по сравнению с 2005 г. Сокращать выбросы парниковых газов Китая собирается с одной стороны за счет снижения зависимости от углеродных носителей, а с другой стороны за счет ускоренного наращивания мощностей зеленой энергетики.

Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года была разработана и подписана в 2021 году. Согласно утвержденной стратегии Россия планирует достичь согласно целевому сценарию развития углеродной нейтральности к 2060 году. В стратегии описаны два варианта развития: инерционный и целевой (который и взят и за основу), которые отличаются мерами по декарбонизации российской экономики. Реализация целевого (интенсивного) сценария приведет в 2050 году к сокращению нетто- выбросов парниковых газов на 60% по сравнению с уровнем 2019 года и на 80% по сравнению с уровнем 1990 года [Распоряжение, 2021].

В соответствии с Протоколом о парниковом газе (GHG) от 2003 года для оценки выбросов ПГ со стороны субъекта выбросов используют различные подходы в зависимости от сферы охвата (scope) [Всемирный.., 2003]. Охват 1 включает прямые выбросы из источников, принадлежащих субъекту или контролируемым им. В сферу охвата 2 входят косвенные выбросы, связанные с потреблением субъектом энергии из внешних источников, при этом энергия, которая генерируется на собственных мощностях, в этой категории не учитывается. Все прочие выбросы, не контролируемые субъектом, но связанные в той или иной мере с осуществлением субъектом хозяйственной и иной деятельности, включая транспорт и последующее использование продукции вплоть до удаления отходов, являются частью охвата 3. Согласно протоколу GHG, выбросы этой категории необязательны для подсчета и декларирования.

Для разработки стратегии по снижению выбросов ПГ на уровне региона необходимо рассчитать и верифицировать углеродный баланс региона, который позволит проанализировать вклад каждого сектора. Климатический центр Новосибирского государственного университета в 2022 году рассчитал и верифицировал аккредитованным органом углеродный

баланс области за период 2017–2020 гг. [Климатический..., 2022]. Для более подробного анализа изменений выбросов парниковых газов по секторам экономики необходимо углубиться в данные по предприятиям НСО, в технологии, которые они применяют, и рассмотреть технологии, применение которых позволит уменьшить выбросы парниковых газов.

С 2015 года в России в открытом доступе публикуются информационно-технические справочники наилучших доступных технологий (ИТС НДТ). Наилучшая доступная технология (НДТ) представляет собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [Росстандарт, 2023].

При определении технологических процессов, оборудования, технических способов и методов в качестве наилучшей доступной технологии члены рабочей группы должны рассмотреть их на предмет соответствия следующим критериям:

а) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо уровень, соответствующий другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;

б) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;

в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

г) период внедрения;

д) промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов и методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Разработка ИТС НДТ составляет минимальный промежуток в один год и включает в себя этапы от формирования технических рабочих групп, сбора данных от предприятий, публичных обсуждений, экспертизы, доработки ИТС НДТ и на заключительном этапе – утверждения ИТС НДТ. ИТС НДТ может быть как отраслевым, так и межотраслевым справочником. Данные в справочниках актуализируются в среднем через 5 лет. На данный момент опубликованы на сайте Бюро НДТ и на сайте Росстандарта опубликованы 53 справочника НДТ.

В углеродном балансе НСО рассчитаны выбросы ПГ в секторе «Промышленные процессы», в который включаются выбросы ПГ при производстве цемента, извести, стекла и керамических изделий. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Выбросы ПГ в секторе «Промышленные процессы», строка А, производство продукции из минерального сырья, тонн CO₂-эквивалента

А. Производство продукции из минерального сырья	2017	2018	2019	2020
1. Производство цемента	768	739	738	722
2. Производство извести	104	104	104	96
3. Производство керамики	63	58	54	51
4. Производство стекла	34	29	40	41
ВСЕГО	969	930	936	910

Источник: [Климатический..., 2022].

Основным производителем цемента в НСО является АО «Искитимцемент» (табл. 2). Прямые выбросы при производстве цемента и были учтены в углеродном балансе в строке А. Но есть еще и косвенные выбросы, связанные с потреблением энергии из внешних источников (табл. 3). Производство цемента осуществляется тремя способами: «сухим», «мокрым» и «комбинированным». В АО «Искитимцемент» используется «мокрый» способ.

Таблица 2 – Данные об отгрузке цемента заводами РФ и АО «Искитимцемент», доля АО «Искитимцемент» в совокупной отгрузке в 2018–2021 гг.

Показатель	2018	2019	2020	2021
Отгружено цемента АО «Искитимцемент», тыс.тонн	1 010	985	977	1 185
Отгружено цемента заводами РФ, тыс.тонн	53 381	57 505	55 738	60 241
Доля АО «Искитимцемент», %	1,89	1,71	1,75	1,97

Источник: Годовые отчеты АО «Искитимцемент», 2018–2021 гг.

URL: <https://iskitimcement.ru> (дата обращения 20.04.2023).

Таблица 3 – Информация об объеме каждого из использованных видов энергетических ресурсов в 2018–2021 гг.

Показатель	ед. изм.	2018	2019	2020	2021
Топливо автомобильное в т.ч.	тонна	1 188	1 350	1 294	1 453
– бензин	тонна	64	65	56	59
– дизельное топливо	тонна	1 124	1 285	1 238	1 394
Газ природный	тыс. м ³	113 928	107 811	96 250	125 530
Тепловая энергия	гКал	33 978	32 230	29 143	31 379
Электроэнергия	тыс. кВт·час	129 730	130 386	122 578	147 985

Источник: Годовые отчеты АО «Искитимцемент», 2018–2021 гг.

URL: <https://iskitimcement.ru> (дата обращения 20.04.2023).

На основании Методических рекомендаций Минприроды [Распоряжение, 2015] были рассчитаны выбросы парниковых газов при производстве цемента (табл. 4). Для этого использовались коэффициенты конверсии объема производства в выбросы ПГ.

Таблица 4 – Выбросы парниковых газов при производстве цемента по источникам в АО «Искитимцемент» в 2018–2021 гг., тыс. тонн СО₂эквивалента

Показатель	2018	2019	2020	2021
Производство цемента	504,70	492,20	488,21	592,14
Сжигание топлива (природный газ)	209,82	198,55	177,26	231,18
Выбросы от автотранспорта:	3,82	4,35	4,17	4,68
– бензин	0,19	0,20	0,17	0,18
– дизельное топливо	3,63	4,15	4,00	4,50
ВСЕГО	718,34	695,10	669,63	828,01

Источник: рассчитано авторами.

Выбросы ПГ от производства цемента выросли в 2021 году по сравнению с 2018 годом на 17,3%, от сжигания топлива – на 10,2%, а от автотранспорта – на 22,5%.

Для расчета косвенных энергетических выбросов парниковых газов (scope 2), согласно Методических указаний, используются региональный и рыночный методы [Приказ, 2017] (табл. 5).

Таблица 5 – Косвенные энергетические выбросы, тыс. тонн СО₂

Показатель	2018	2019	2020	2021
Выбросы по тепловой энергии	8,38	7,95	7,19	7,74
Выбросы по электроэнергии	43,59	43,81	41,19	49,72
ВСЕГО	51,97	51,76	48,38	57,46

Источник: рассчитано авторами.

Совокупные выбросы парниковых газов в АО «Искимтицемент» по охвату 1 и охвату 2 представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Совокупные выбросы ПГ в АО «Искимтицемент»
за период 2018–2021гг, тыс. тонн СО₂ экв.

Показатель	2018	2019	2020	2021
Прямые выбросы ПГ (scope 1)	718,34	695,10	669,63	828,01
Косвенные выбросы ПГ (scope 2)	51,97	51,76	48,38	57,46
ВСЕГО	770,31	746,86	718,01	885,47

Источник: рассчитано авторами.

Описанные наилучшие достижимые технологии в ИТС НДТ 6-2022 «Производство цемента» направлены, в основном, на повышение энергоэффективности, ресурсосбережения, снижения эмиссий загрязняющих веществ, методы обращения с отходами и вторичными продуктами производства и косвенно затрагивают вопросы снижения выбросов парниковых газов [ИТС НДТ 6-2022, 2022].

Одним из способов экономии топлива при обжиге клинкера является использование техногенных материалов. При мокром способе производства наиболее рациональный вариант применения материалов, содержащих горючие вещества, – совместный помол техногенного продукта с традиционными сырьевыми компонентами. В этих условиях достигается заданный стабильный химический состав шлама, так как при совместном помоле сырьевых компонентов и топливосодержащих техногенных материалов корректировка производится традиционным способом. Теплотехнические расчеты и испытания, проведенные на ряде цементных заводов, показали, что каждый процент введенной в шлам горючей массы обеспечивает экономию около 15 кг условного топлива на тонну клинкера [ИТС НДТ 6-2022, 2022], что для анализируемого предприятия привело бы к сокращению выбросов СО₂ до уровня 196,51 тыс. тонн в 2021 г. по сравнению с 231,18 тыс. тонн (табл. 7).

Таблица 7 – Оценка снижения выбросов ПГ в результате применения НДТ
на АО «Искитимцемент» по данным 2021 года, тыс. тонн СО₂-экв.

НДТ	Выбросы СО ₂ -экв. при сжигании топли- ва текущие	Экономия	Оценка снижения до
Использование техногенных материалов при обжиге клинкера	231,18	15 кг у.т. на 1 т кинкера	196,51
Совместное применение минеральных и топливосодержащих техногенных мате- риалов в мокром способе		Снижение до 100 кг у.т./т кинкера	184,95
Сжигание отработанных автомобильных шин		до 10% основного топлива	208,07

Источник: рассчитано авторами.

Применение альтернативного топлива как замены части традиционного топлива показывает долгосрочный рост, особенно в странах ЕС. Альтернативное топливо (АТ) – это отходы, материалы из отходов, содержащие твердые или жидкые горючие компоненты и/или биомассу. В 2019 году в ЕС на долю альтернативных топлив пришлось 32 %, биомассы – 18%, а ископаемых топлив – только 50 % [ИТС НДТ 6-2022, 2022]. В США есть опыт обеспечения АТ цементного завода мощностью 1,6 млн тонн цемента в год с помощью мусороперерабатывающей установки, окупаемость которой составляет до трех лет. Эффективность совместного применения минеральных и топливосодержащих техногенных материалов в мокром способе производства цемента оценивается в снижении удельного расхода технологического ценного форсуночного топлива ниже 100 кг у.т./т клинкера, что приближено к расходу по сухому способу.

Еще одним направлением является сжигание отработанных автомобильных шин. При мокром способе их необходимо подавать через шлюзовый затвор в зону декарбонизации. Такой способ был успешно осуществлен на АО «Кавказцемент» и в настоящее время работает в Беларуси на цементно-шиферном комбинате. Ввод шин обеспечивает экономию до 10 % основного топлива.

В целом переход от традиционных видов ископаемого топлива к АТ (включая биомассу) связан с затратами на модернизацию существующего оборудования установки. Как правило, инвестиционные затраты составляют от 5 до 15 млн евро, в то время как операционные расходы, по оценкам, должны снизиться до 2–2,5 евро за тонну клинкера [ИТС НДТ 6-2022, 2022].

Помол цемента является последней технологической операцией при производстве цемента. Цемент производят измельчением клинкера и добавок до высокой дисперсности, соответствующей удельной поверхности 300–500 м²/кг. Для снижения энергозатрат на помол цемента устанавливают сепаратор, эффект от которого составляет до 20%. АО «Искитимцемент» в 2021 году установило сепаратор на цементной мельнице.

Согласно проведенной оценке снижения выбросов ПГ в результате применения НДТ на производстве цемента в АО «Искитимцемент» выбросы ПГ можно сократить с 10% до 25% .

Переход на сухой способ производства цемента приводит к наибольшему уменьшению выбросов ПГ, но это фактически постройка нового цементного завода. По предварительным расчетам затраты на модернизацию всей технологической цепочки составляют около 180 млн. долларов. Также возможен переход на комбинированный способ производства, при котором более половины содержащейся в шламе воды удаляется механическим отжатием, что позволяет снизить затраты на удаление воды в 10 раз, а объем инвестиций, по сравнению со строительством сухой линии в 5–8 раз [Коробова, 2008].

В настоящее время нет НДТ для сокращения выбросов СО₂ для цементной промышленности, за исключением многих мероприятий, проводимых в рамках сокращения энергопотребления и замены клинкера при производстве цемента. К таким мероприятиям можно отнести выбор технологического процесса с целью повышения энергоэффективности, использование альтернативного топлива или топлива с низким коэффициентом конверсии в СО₂, производство многокомпонентных сортов цемента.

Доклад подготовлен в рамках НИР ИЭОПП СО РАН, проект 5.6.6.4. (0260-2021-0008) "Методы и модели обоснования стратегии развития экономики России в условиях меняющейся макроэкономической реальности".

ЛИТЕРАТУРА

Всемирный институт ресурсов совместно со Всемирным советом бизнеса по устойчивому развитию создали протокол о парниковом газе (GHG Protocol). URL: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_project_accounting.pdf (дата обращения 20.04.2023).

ИТС НДТ 6-2022 «Производство цемента». URL: <https://burondt.ru/itc> (дата обращения 20.04.2023).

Коробова О.С., Михина Т.В. Инвентаризация выбросов парниковых газов при производстве цемента. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inventarizatsiya-vybrosov-parnikovuyh-gazov-pri-proizvodstve-tsmenta> (дата обращения 20.04.2023).

Климатический центр НГУ рассчитал углеродный баланс Новосибирской области. 15.09.2022. URL: https://www.nsu.ru/n/media/news/nauka/klimaticheskiy-tsentr-ngu-rasschital-uglerodnyy-balans-novosibirskoy-oblasti/?phrase_id=1542325 (дата обращения 20.04.2023).

Приказ Минприроды № 330 от 29.06.2017. URL: <https://O:/AngDownloads/0001201710230028.pdf> (дата обращения 20.04.2023).

Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 года № 3052-о об утверждении стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парнико-

вых газов до 2050 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIprzWfHaiUa.pdf> (дата обращения 20.04.2023).

Росстандарт. URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT> (дата обращения 20.04.2023).

Распоряжение Минприроды России от 16 апреля 2015 г. №15-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256422/ (дата обращения 20.04.2023).

Сведения об авторах:

Савина Анжелика Ивановна, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН; старший преподаватель, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

Тагаева Татьяна Олеговна, доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН; профессор, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

Savina Anzhelika I., Candidate of Economic Science, Senior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS; Senior Lecturer, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.

Tagaeva Tatiana O., Doctor of Economic Science, Lead Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS; Professor, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.