УДК 332.12; 504.054; 666.9 JEL Q51

А.А. Горюшкин

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Россия

Методика оценки региональных выбросов парниковых газов при производстве цемента

Аннотация. Разнообразие географических и экономических условий в регионах РФ требует использования дифференцированных мер политики, в том числе по переводу экономики на низкоуглеродное развитие, что в свою очередь требует разработки подхода по оценке региональных выбросов парниковых газов (и в первую очередь – диоксида углерода) и потенциала снижения этих выбросов. Предлагаемая методика должна учитывать используемые технологии производства продуктов, существующие более эффективные с экологической точки зрения технологии, а также качество используемого сырья. Апробация методики осуществлена для цементной отрасли. Как показывают данные, в России существенная доля цемента производится «мокрым» низкоэффективным (как с экологической точки зрения, так и по затратам энергии) способом, однако в последние годы многие предприятия осуществляют переход на более эффективные «сухой» и «комбинированный» способы производства. При этом потенциал снижения выбросов от использования более эффективных технологий еще не исчерпан. Также при регионализации выбросов и оценке потенциала необходимо учитывать и качество используемого на предприятиях сырья. Предприятия используют как традиционные карбонатные материалы, так и нетрадиционные – в основном отходы металлургического производства. Увеличение использования таких отходов позволит значительно снизить объемы выбросов СО₂ в цементной отрасли.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, регионы РФ, производство цемента, декарбонизация.

A.A. Goryushkin

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

Methodology for estimating regional greenhouse gas emissions in the production of cement

Abstract. Due to the diversity of geographic and economic conditions in the Russian regions, it is necessary to use differentiated policy measures, including the transfer of the economy to low-carbon development, which also requires the development of an approach to assess regional greenhouse gas emissions (and primarily carbon dioxide) and the potential to reduce these emissions. The proposed methodology should take into account the technologies used for the production of products, the existing more environmentally efficient technologies, and the quality of the raw materials. Approbation of the methodology was carried out for the cement industry. As the data show, in Russia a significant share of cement is produced by a "wet" lowefficiency (both from an environmental point of view and in terms of energy costs) method, however, in recent years, many enterprises have been switching to more efficient "dry" and "combined" production methods. At the same time, the potential for reducing emissions from the use of more efficient technologies has not yet been exhausted. It is also necessary to take into account the quality of raw materials used at enterprises when regionalizing emissions and assessing the potential for reducing emissions. Enterprises use both traditional carbonate materials and non-traditional ones, mainly metallurgical slag. Increasing the use of these raw materials will significantly reduce CO_2 emissions in the cement industry.

Keywords: greenhouse gas emissions, regions of the Russian Federation, cement production, decarbonization.

Разнообразие условий развития регионов при проведении политики перевода экономики на низкоуглеродное развитие требует реализации локально адаптированных мер, а для этого необходимо формирование подходов, позволяющих оценивать выбросы парниковых газов и потенциал по декарбонизации региональной экономики с учетом пространственного размещения производств и специфики развития региональных экономик.

Представляется, что методика оценки региональных выбросов парниковых газов от производства любых продуктов и оценки потенциально возможного снижения этих выбросов должна учитывать используемые технологии производства этих продуктов (они могут различаться на разных предприятиях в разных регионах), существующие более эффективные технологии (они могут не использоваться на предприятии по каким-либо причинам), а также качество используемого сырья.

В данной статье описывается методика регионализации выбросов парниковых газов и оценки потенциала декарбонизации экономики региона на примере отрасли «производство минеральных материалов – цемента».

Цемент – это изготавливаемый путем обжига смеси карбонатного сырья (например, известняка – примерно 70–80% от объема исходной смеси), глины (15–25%) и разных минеральных добавок (3–5%) материал, используемый в строительстве [ИТС 6-2022, с. 17]. Именно запасы карбонатного сырья преимущественно определяют как выбор технологии, так и местоположение производства.

Основная масса производств сосредоточена в европейской части страны (73,5% от общего объема производства), при этом объемы потребления здесь немного выше – 75% от объема потребления. В результате удовлетворение спроса обеспечивается за счет межрегиональных поставок цемента и его импорта из других стран.

На начало 2022 года в цементной промышленности функционировало 54 предприятия (объединенных в 26 компаний и финансово-промышленных групп), из них на 51 предприятии функционировал полный цикл производства цемента. Общая мощность предприятий составляет 87,42 млн тонн цемента, но объемы производства в 2021 году составили только около 60 млн. тонн [Национальный доклад, 2023].

При этом, не смотря на неполную загрузку мощностей, на многих предприятиях осуществляется модернизация используемого оборудования, а также строительство новых более экологичных и высокопроизводительных линий. После 2008 года было введено 26 новых линий общей мощностью примерно 36 млн. тонн, а производство цемента по энергоэффективным технологиям в 2010–2020 гг. выросло с 8,6 до 33,6 млн тонн (доля этого производства выросла с 17,1 до 60,2%) [ИТС 6-2022, с. 8].

Продолжение модернизации и строительства производственных линий в соответствии с экологическими стандартами позволит снизить объемы выбросов парниковых газов, в первую очередь – диоксида углерода.

Практически весь производимый цемент относится к так называемым портландцементам. Основной его компонент – портландцементный клинкер – это продукт обжига до спекания тонкодисперсной однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины или некоторых других материалов, обеспечивающих образование в клинкере силикатов кальция (соединений оксидов кальция и кремния – 70–80%) и алюминатной и алюмоферритной фаз (соединений оксидов кальция, алюминия и железа – 20–30%).

Выбросы парниковых газов (в первую очередь, диоксида углерода) происходят на этапе обжига сырьевой массы. Основная реакция, в процессе которой происходит образование углекислого газа:

$CaCO_3$ + нагрев $\rightarrow CaO$ (известь) + CO_2

Прочие парниковые газы также образуются под воздействием нагрева из примесей, содержащихся в исходном сырье. Именно поэтому важным мероприятием, направленным на снижение выбросов, является контроль состава материала, поступаемого в печь.

Парниковые газы, образуемые на этапе обжига от сжигания топлива, учитываются в секторе «Энергетика» и не включаются в выбросы от производства цемента [Руководящие принципы, 2006, с. 26].

Национальный объем выбросов от производства цемента в отечественном Кадастре оценен по методике уровня 2 МГЭИК, согласно которой для расчетов используются данные о производстве цементного клинкера – промежуточного продукта производства цемента, при получении которого и происходят выбросы СО₂. Использование данных конкретных заводов, представленные в [Состояние конкуренции, 2022], позволит корректно оценить объемы выбросов по отдельным регионам.

Для оценки потенциала декарбонизации отрасли предлагается использовать информацию о способе производства цемента и об используемом на предприятии сырье.

В зависимости от технологических свойств сырья (прочность, влажность, размалываемость и др.) и доступных технологий обработки существует несколько способов производства цемента, в основе которых лежат разные способы подготовки сырья [ИТС 6-2022].

«Мокрый» способ – это способ, при котором сырьевые материалы измельчают вместе с водой для получения более однородной массы (шлам, уровень влажности – 31–52%), и из которого воду затем испаряют во вращающейся печи в процессе обжига. Подобный способ требует увеличения длины вращающейся печи, что приводит к повышенному расходу топлива и большим выбросам углекислого газа. Объем выбросов СО₂ составляет примерно 850 кг на тонну производимого клинкера. Более половины получаемого в России цементного клинкера производится именно с использованием «мокрого» способа.

«Сухой» способ – это способ, при котором сырьевые материалы (возможно, с различным уровнем природной влажности) измельчают и подвергают предварительной сушке для получения однородной массы. Преимуществами этого способа являются более низкий расход топлива на производство клинкера, более короткая печь, что приводит и к снижению стоимости ее строительства. Объем выбросов CO₂ составляет примерно 700 кг на тонну производимого клинкера.

Широкое применение этого способа поначалу сдерживалось трудностями в процессе получения однородной сырьевой массы и повышенным пылевыделением, однако появление современных технологий позволило существенно снизить эти недостатки и начать активное использование этого способа производства.

«Комбинированный» способ (в зарубежной практике – «полумокрый», в отечественной – «полусухой») – способ, при котором сырьевую смесь, полученную по мокрому способу, обезвоживают пресс-фильтрами прежде чем отправить в печь. В остальном этот способ очень близок к сухому способу производства.

Возможность перевода заводов с низкоэффективного мокрого способа производства на иные позволяет получить величину возможного сокращения региональных выбросов.

Для некоторых отраслей возможно сокращение уровня выбросов за счет перехода на лучшие (с точки зрения сокращения выбросов парниковых газов) технологии. Однако для

цементной промышленности подобных доступных на сегодня технологий сокращения выбросов от производства – нет [ИТС 6-2022, с. 167].

Для обеспечения более низкого уровня выбросов предприятия могут и некоторые внедряют системы экологического менеджмента с элементами контроля за качеством подаваемого в печь сырья. Также снизить выбросы позволит внедрение систем улавливания и утилизации CO₂ в отходящих газах.

Информация об используемом сырье также позволяет оценить потенциал снижения выбросов. Согласно руководящим принципам по оценке выбросов по умолчанию считается, что 100% СаО происходит от карбонатного материала. Использование некарбонатного сырья, содержащего нужные оксиды кальция, позволяет снизить уровень выбросов.

Сегодня для сырьевой смеси, используемой для получения цементного клинкера, используют как традиционные природные материалы, так и различные заменители карбонатного материала. Использование последних (в первую очередь – отходов от металлургических производств) позволяет снизить объемы выбросов, поскольку в них практически не содержится углеродной компоненты, однако требует дополнительных расчетов от технологов по составлению сырьевой смеси и ее правильного введения в технологический процесс.

При этом следует учитывать возможную ограниченность объемов производства отходов, поскольку это в свою очередь снижает возможности по декарбонизации производства цемента и требует поиска других дополнительных кальциесодержащих источников сырья.

На сегодня доля используемых в производстве цемента отходов составляет 15–17%, в то время как в 80-х гг. прошлого века этот показатель доходил до 26% [ИТС 6-2022, с. 17–18], а в Европе данный показатель доходит до 40% [ИТС 6-2022, с. 72].

Для оценки потенциала декарбонизации производства также представляется желательным иметь информацию о применяемых на предприятиях технологиях очистки отходящих газов, а также о планах предприятия по модернизации производств. Получение подобной информации по предприятиям, находящимся в регионах, позволит наиболее точно распределить выбросы по соответствующим регионам и спрогнозировать динамику их изменения.

ЛИТЕРАТУРА

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям: ИТС 6-2022: Производство цемента. – М., 2022. – 294 с.

Национальный доклад РФ о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг. В 2-х частях. Часть 1. – М., 2023. – 479 с.

Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Том 3: Промышленные процессы и использование продуктов. Глава 2: Выбросы от производства минеральных материалов.

Состояние конкуренции на товарном рынке цемента в условиях применения неопределенным кругом покупателей рыночной (переговорной) силы. Сборник результатов экспертно-аналитического исследования. В трех томах. Том 2. Часть 1. – М.: Юрист, 2022. – 356 с.

Сведения об авторах:

Горюшкин Антон Андреевич, научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Россия.

Goryushkin Anton A., researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.