

ISSN 1810-9810 (Print)  
УДК 501

**Д. В. Мелех**

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»,  
Минск, Беларусь, e-mail: melekhdima@gmail.com*

## **ПЕРЕХОД НА МЕТОДОЛОГИЮ УРОВНЯ 2 ПРИ ОЦЕНКЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ОТ СТАЦИОНАРНОГО СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

**Аннотация.** Для выполнения обязательств Республики Беларусь по Рамочной конвенции об изменении климата ООН необходимо ежегодно проводить инвентаризацию выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, качество которой должно постоянно повышаться. Разработан национальный коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа, позволяющий перейти на методологию уровня 2. Переход на методологию уровня 2 и использование национального коэффициента выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа способствует повышению точности оценок выбросов парниковых газов, снижению неопределенностей и уровня общенациональных выбросов по отношению к базовому году.

**Ключевые слова:** расчет выбросов, парниковые газы, коэффициенты выбросов, методологический уровень

**D. V. Melekh**

*The Republic Scientific and Research Unitary Enterprise "Ecology", Minsk, Belarus, e-mail: melekhdima@gmail.com*

## **TRANSITION TO THE TIER 2 METHODOLOGY FOR ESTIMATING CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM STATIONARY COMBUSTION OF NATURAL GAS**

**Abstract.** In order to fulfill the obligations of the Republic of Belarus under the United Nations Framework Convention on Climate Change, it is necessary to conduct an annual inventory of emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases, the quality of which shall be constantly improved. A national CO<sub>2</sub> emission factor for stationary combustion of natural gas has been developed, allowing the transition to the Tier 2 methodology. Transition to the Tier 2 methodology and using a national CO<sub>2</sub> emission factor from stationary combustion of natural gas will improve the accuracy of estimates of GHG emissions, reduce uncertainties and reduce national emissions level in relation to the base year.

**Keywords:** calculation of emissions, greenhouse gases, emission factors, methodological tier

**Дз. У. Мелех**

*Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Бел НІЦ «Экалогія»,  
Мінск, Беларусь, e-mail: melekhdima@gmail.com*

## **ПЕРАХОД НА МЕТАДАЛОГІЮ ЎЗРОЎНЮ 2 ПРЫ АЦЭНЦЫ ВЫКІДАЎ ДЫЯКСІДУ ВУГЛЯРОДУ АД СТАЦЫЯНАРНАГА СПАЛЬВАННЯ ПРЫРОДНАГА ГАЗУ**

**Анатацыя.** Для выканання абавязкаў Рэспублікі Беларусь па Рамачнай канвенцыі аб змяненні клімату ААН неабходна штогод праводзіць інвентарызацыю выкідаў з крыніц і абсорбцыі паглынальнікамі парніковых газаў, якасць якой павінна пастаянна павышацца. Распрацаваны нацыянальны каэфіцыент выкідаў CO<sub>2</sub> ад стацыянарнага спальвання прыроднага газу, які дазваляе перайсці на метадалогію ўзроўню 2. Пераход на метадалогію ўзроўню 2 і выкарыстанне нацыянальнага каэфіцыента выкідаў CO<sub>2</sub> ад стацыянарнага спальвання прыроднага газу спрыяе павышэнню дакладнасці разлікаў выкідаў парніковых газаў, зніжэння нявызначанасці і ўзроўню агульнанацыянальных выкідаў у адносінах да базавага года.

**Ключавыя словы:** разлік выкідаў, парніковыя газы, каэфіцыенты выкідаў, метадалагічны ўзровень

**Введение.** Республика Беларусь ежегодно выполняет инвентаризацию выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов (ПГ) [1], которая направляется в секретариат Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций (РКИК ООН) до 15 апреля года следующего через один год после отчетного [2, 3]. Инвентаризация выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ (далее – инвентаризация) состоит из таблиц CRF (Common Reporting Format – Общий формат данных) и национального отчета об инвентаризации [1]. Таблицы CRF представляют сводную информацию по инвентаризируемым секторам экономики в стандартном формате, соответствующем требованиям к отчетности для Сторон РКИК ООН, включенных в приложение I (как правило, развитые страны). Национальный отчет об инвентаризации содержит информацию по всем аспектам подготовки инвентаризации в стандартном формате, включая информацию о выборе методов расчета, исходных данных, о деятельности, коэффициентах выбросов, неопределенностях, процедурах оценки качества / контроля качества (ОК/КК) и т.д. Представленные в Секретариат РКИК ООН (далее – Секретариат)

инвентаризации ежегодно проходят техническую проверку, которая состоит из двух этапов: первичная оценка Секретариата; индивидуальная проверка инвентаризации группой экспертов, которая координируется Секретариатом и может проходить в форме кабинетной, централизованной или внутренней проверки.

Первичная оценка представленной инвентаризации преимущественно основана на сверке информации CFR таблиц. В течение трех недель после предоставления страной инвентаризации секретариат направляет для комментариев проект информационного отчета, комментарии к нему должны быть направлены также в течение трех недель после получения. Информационный отчет публикуется на вебсайте РКИК ООН, имеет табличный вид, содержит информацию о дате предоставления инвентаризации и ее полноте на основании оценки CRF таблиц. Результатом проведения первичной оценки Секретариатом является оценочный доклад, проект которого направляется стране не позднее, чем за семь недель до индивидуальной проверки. Комментарии к оценочному докладу должны быть направлены страной в течение трех недель после его получения.

Оценочный доклад и комментарии к нему передаются группе экспертов в качестве исходных данных за месяц до начала индивидуальной проверки. Группа экспертов изучает предоставленную информацию и при необходимости за 2 недели до индивидуальной проверки направляет стране вопросы для разъяснения.

Индивидуальная проверка группой экспертов может проходить в форме кабинетной, централизованной или внутренней проверки. Группа экспертов координируется Секретариатом и формируется из реестра экспертов РКИК ООН по ситуации, с учетом национальных обстоятельств проверяемой страны. При проведении кабинетной проверки информация об инвентаризации проверяемой страны направляется экспертам, которые проводят проверку в своих странах. Для проведения централизованной проверки эксперты встречаются в одном месте для рассмотрения инвентаризации проверяемой страны. Для проведения внутренней проверки эксперты посещают проверяемую страну, где на месте в дополнение к вопросам, рассматриваемым в процессе централизованной проверки, еще обсуждают институциональные механизмы подготовки инвентаризации, начиная от сбора исходной информации и предоставления расчетов выбросов до процедур оценки качества/контроля качества и архивирования информации. В ходе централизованной и внутренней проверки группа экспертов оценивает следующие критерии: соответствует ли предоставленная инвентаризация руководству по подготовке отчетности по инвентаризации Сторон РКИК ООН, включенных в приложение I; внедрены ли руководящие принципы национальных инвентаризаций ПГ Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2006; согласованность расчетов выбросов и поглощений ПГ, исходных данных и подразумеваемых коэффициентов выбросов проверяемой инвентаризации с ранее предоставленными инвентаризациями страны; выясняет любые недостающие категории и описанные причины их исключения из инвентаризации; согласованность информации в таблицах CRF и в национальном отчете об инвентаризации; степень решения проблемных вопросов, поднятых в процессе предыдущей проверки и изменения, сделанные в ответ на прежние рекомендации группы экспертов; где это применимо, указывает возможные области для дальнейшего улучшения инвентаризации с особым вниманием на вопросы, оказывающие влияние на уровень и/или тенденцию общенациональных выбросов; выполняют ли национальные механизмы по инвентаризации необходимые функции по оценке антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ и способствуют ли непрерывному улучшению инвентаризации; все ли выбросы предоставлены.

В процессе кабинетной проверки группа экспертов уделяет приоритетное внимание ключевым категориям, рассматриваемым при централизованной проверке, а также следующим вопросам: степень решения проблемных вопросов, поднятых в процессе предыдущей проверки, и изменений, сделанных в ответ на рекомендации группы экспертов; анализ любых пересчетов, которые изменили оценку выбросов/абсорбции ПГ для категории более чем на 2 % и/или общие национальные выбросы более чем на 0,5 %.

Непосредственно индивидуальная проверка группой экспертов проходит в течение недели, однако с учетом всех мероприятий процесс должен быть окончен не более чем за 20 недель: на подготовку проекта отчета об индивидуальной проверке группе экспертов выделяется 6 недель; проект отчета об индивидуальной проверке группой экспертов редактируется и форматируется Секретариатом и направляется для комментариев проверяемой стране, которая предоставляет свои комментарии по проекту отчета; группа экспертов составляет окончательный отчет об индивидуальной проверке инвентаризации конкретной страны с учетом полученных комментариев; все окончательные отчеты об индивидуальной проверке инвентаризации вместе с предоставленными письменными комментариями на них публикуются на вебсайте РКИК ООН [4].

Исходя из описанной выше процедуры осуществления технической проверки ежегодных инвентаризаций, становится очевидно, что Секретариат обеспечивает, Конференцию Сторон РКИК ООН, которая является верховным органом, собирающимся каждый год для рассмотрения воплощения положений конвенции, принятия решений по дальнейшей разработке правил конвенции и переговоров по новым обязательствам, надежной информацией о выполнении обязательств по конвенции каждой стороной, включенной в приложение I, в целях содействия сопоставимости и укрепления доверия.

Национальные механизмы осуществления инвентаризации должны способствовать постоянному повышению ее качества, которое характеризуется прозрачностью, согласованностью оценок во всем временном ряду, сопоставимостью методов оценки и форматов отчетности между Сторонами РКИК ООН, включенных в приложение I, полнотой охвата источников и поглотителей, территории и наименований ПГ, точностью оценок выбросов и поглощений ПГ. Неопределенность оценок выбросов и поглощений ПГ должна быть снижена настолько это возможно.

Ресурсы и усилия, направленные на повышение качества инвентаризации, точности оценок выбросов и поглощений, снижение неопределенностей оценок, должны быть адресованы в первую очередь на ключевые категории. Согласно определению, ключевая категория – это такая категория, которая имеет приоритет в рамках системы национальной инвентаризации, поскольку ее оценка оказывает значительное влияние на общую национальную инвентаризацию в исчислении абсолютного уровня, тенденции или неопределенности в выбросах и поглощениях. Всякий раз, когда используется ключевая категория, она включает в себя как категории источников, так и поглотителей [5].

Цель настоящей работы – переход на методологию уровня 2 при оценке выбросов диоксида углерода от стационарного сжигания природного газа.

**Методика исследований.** Применение руководства по эффективной практике Руководящих принципов Межправительственной группы экспертов по изменению климата 2006 с обоснованием выбора категории выбросов ПГ как объекта исследования, наименования топлива и типа ПГ.

Сектор «Энергетика» и входящая в его состав категория «Энергетическая промышленность» оказывают наибольшее влияние на общую национальную инвентаризацию, так как вклад сектора «Энергетика» в общенациональные выбросы ПГ в Беларуси ежегодно составляет порядка 60 %, без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ), в котором происходит поглощение ПГ [6]. Выбросы ПГ в секторе «Энергетика» возникают при сжигании топлив (1.A), а также в результате их испарений при добыче, обработке и доставке до места конечного использования (Летучие выбросы 1.B) [6, 7].

Категория «Энергетическая промышленность» (1.A.1) сектора «Энергетика» (1.A) ежегодно формирует порядка 50 % выбросов ПГ по сектору «Энергетика» и порядка 30 % общенациональных выбросов ПГ Республики Беларусь без учета сектора «ЗИЗЛХ» [6, 7]. Энергетическая промышленность охватывает выбросы ПГ от топлива, сжигаемого при его добыче или в энергопроизводящих отраслях (производство электроэнергии и тепла), является главнейшим источником антропогенных выбросов CO<sub>2</sub>.

**Результаты и их обсуждение. Методологические уровни оценки.** Повышение точности оценок выбросов и поглощений, а также снижение их неопределенностей осуществимо путем

повышения методологического уровня. Уровень – это степень методологической сложности и усилий, необходимых для оценки выбросов и поглощений ПГ. Обычно предусмотрено три уровня для каждой категории или вида деятельности:

1-й уровень – самый простой метод, который можно легко применить с использованием доступных исходных данных о деятельности и базовых коэффициентов выбросов;

2-й уровень – промежуточный метод с точки зрения сложности и усилий, который в большинстве случаев основан на использовании доступных исходных данных о деятельности и более детализированных или национальных коэффициентов выбросов;

3-й уровень – самый изнурительный метод с точки зрения сложности и требований к данным, основанный на использовании подробных или дезагрегированных исходных данных о деятельности непосредственно по видам источников (или поглотителей) и специализированных коэффициентов выбросов.

Уровни оценок выбросов ПГ при сжигании топлива применяются отдельно для конкретных типов топлива и ПГ, так как на выброс каждого ПГ при сжигании конкретного вида топлива применяется отдельный коэффициент выбросов. Уровни 2 и 3 считаются более точными, они лучше отражают национальные обстоятельства инвентаризации. Однако есть риск снижения точности оценок для методов более высокого уровня в случае использования исходных данных о деятельности низкого качества, чем если бы применялся метод уровня 1 с использованием точных и надежных исходных данных о деятельности.

**Доступность исходных данных, определение приоритетного наименования топлива и типа ПГ.** Структура энергетической статистики Республики Беларусь не позволяет использовать исходные данные для расчета выбросов ПГ отдельно по видам источников в категории «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика». Организация энергетической статистики Республики Беларусь не предусматривает идентификацию количества потребленного топлива для производства электричества от производителей основной деятельности, единичными комбинированными производствами тепловой и электрической энергии, а также для производства тепла от производителей основной деятельности с целью продажи [7, 8].

Потребление топлива на преобразование в тепловую и электрическую энергию отражает расход топлива, включаемый в состав затрат на производство тепловой и электрической энергии энергоисточниками организаций. Отсутствие дезагрегированных исходных данных о деятельности непосредственно по видам источников в категории «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика» исключает возможность проведения оценок выбросов ПГ по уровню 3. Для перехода на уровень 2 необходимо выявить виды топлив, составляющие наибольшую долю в общем потреблении, чтобы сосредоточить усилия в соответствии с приоритетами. Для приоритетного топлива потребуется определить национальный коэффициент для выброса конкретного ПГ.

Для определения общего потребления энергии категорией «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика» необходимы данные о количестве топлива в единицах массы или объема преобразовать в содержание энергии в этих количествах топлива. Для этого преобразования, как правило, необходимо применение коэффициента низшей теплотворной способности топлива [7]. Рассчитав количество потребленной энергии в категории «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика», определяется доля интересующего вида топлива в общем потреблении (рис. 1).

Становится очевидным, что приоритетным типом топлива, потребляемым в энергетической промышленности, является природный газ, который с 1990 г. замещал топочный мазут, в период с 1990 по 1995 г. объемы потребления этих топлив были на относительно близких уровнях. Примечательно, что в 2009 г. наблюдается резкое замещение природного газа топочным мазутом, связанное с сокращением импорта природного газа из Российской Федерации из-за международного финансового кризиса 2009 г. (табл. 1, 2) [8].

Произведенный (добытый) в Республике Беларусь природный газ представляет собой попутный нефтяной газ (ПНГ), который начали добывать в 1966 г., когда только созданное

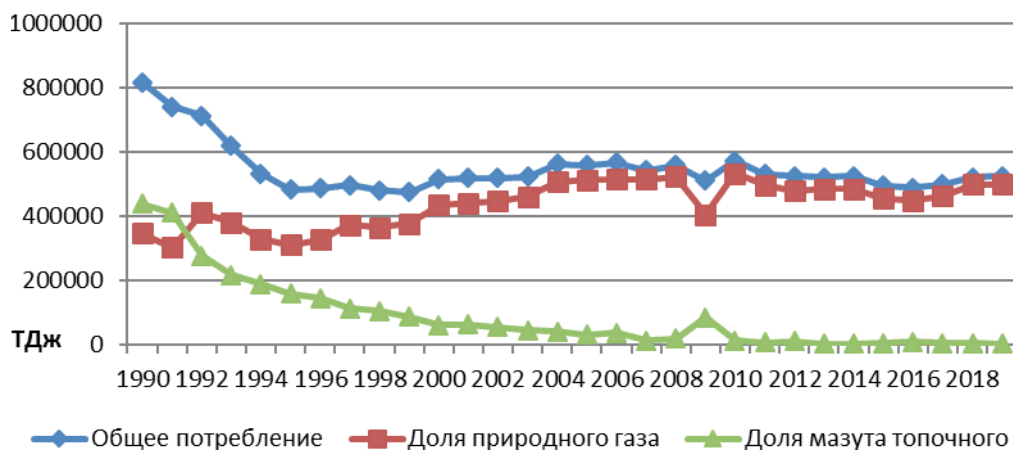


Рис. 1. Доля природного газа и топочного мазута в общем потреблении энергии категорией «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика»

объединение «Белоруснефть» приступило к эксплуатации отечественных месторождений. Поначалу растворенный в нефти газ, который вырывался из недр фонтаном и нес опасность, просто сжигали. Спустя 10 лет для утилизации ПНГ в эксплуатацию был введен Белорусский газоперерабатывающий завод (БГПЗ). Изначально перед заводом стояла цель утилизации ПНГ, получаемого при добыче белорусской нефти путем производства сжиженного углеводородного газа, используемого в качестве топлива для автомобилей. Практически весь попутный нефтяной газ, добываемый «Белоруснефтью», поступает для переработки на БГПЗ, лишь небольшая часть сжигается непосредственно на факелах. Для полной загрузки БГПЗ, производственные мощности которого позволяют перерабатывать 500 млн м<sup>3</sup> газа в год, сырье (широкие фракции легких углеводородов) закупается в Российской Федерации. После комплексной модернизации, которая завершилась в 2015 г., значительно улучшилось качество выпускаемых сжиженных углеводородных газов, стали выпускаться новые виды продукции с высокой добавленной стоимостью, которые востребованы за рубежом и направляются на экспорт. Появились пять отдельных видов фракций: пропан автомобильный, бутановая, пентановая, изобутановая и изопентановая фракции. Например, изопентановая фракция используется при производстве авиатоплива и топлива для гоночных автомобилей [9, 10].

Природный газ, потребляемый для производства тепловой и электрической энергии, а также для иного стационарного сжигания, импортируется из Российской Федерации. Об этом свидетельствуют статистические данные о балансе природного газа (включая попутный) и информация о том, что произведенный (добытый) природный газ представляет собой попутный нефтяной газ, который перерабатывается для дальнейшего использования в качестве автомобильного топлива и продажи в виде продукции с высокой добавленной стоимостью.

В результате сжигания ископаемого топлива выбрасываются и учитываются в инвентаризации CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O, которые являются газами с прямым парниковым эффектом (рис. 2). Сумма CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O, в эквиваленте CO<sub>2</sub>, составляет не более 1 % общих выбросов ПГ от сжигания ископаемого топлива.

Таким образом, наиболее крупной категорией выбросов ПГ в национальной инвентаризации является выбросы CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа, импортированного из Российской Федерации, в первую очередь в категории «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика». Наличие детализированного или национального коэффициента выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания природного газа позволило бы повысить точность расчетов и перейти на 2-й уровень оценки для самой крупной категории, составляющей более 25 % общенациональных выбросов ПГ Республики Беларусь без учета сектора «ЗИЗЛХ».

**Разработка национального коэффициента выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания природного газа.** МГЭИК предоставляет веб-инструмент, который называется EFDB (Emission Factor

Таблица 1. Баланс газа природного, включая попутный (млн м³)

Показатель/Год	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Производство (добыча)	228	203	205	213	222	218	228	222	225	215	205	211	218
Импорт	20120	21061	17617	21570	19998	20252	20260	20260	18790	18640	19014	20330	20261
из него Российская Федерация	20120	21061	17617	21570	19998	20252	20260	20260	18790	18640	19014	20330	20261
Изменение запасов (+, -)	+59	+47	-125	+79	+479	-68	+98	+153	+106	+147	+233	+92	-6
Потреблено в Республике Беларусь	20407	21311	17697	21862	20699	20402	20586	20427	19121	19002	19452	20633	20473
в том числе													
израсходовано организациями республики на преобразование в тепловую и электрическую энергию	18919	19868	16137	20113	19005	18504	18709	18588	17328	17030	17505	18673	18594
транспортную деятельность, складирование, почтовую и курьерскую деятельность	15189	15504	12013	15806	14705	14191	14340	14376	13495	13306	13701	14796	14771
отпущено населению	254	559	588	522	493	544	735	704	526	544	539	542	491
	1403	1443	1560	1749	1694	1898	1877	1839	1793	1972	1947	1960	1879

Примечание. Источник: Энергетический баланс Республики Беларусь, Минск, 2020, 2015, 2014 (таблица 5.3.1, 5.3.4).

Таблица 2. Баланс топочного мазута (тыс. т)

Показатель/Год	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Производство	6313	5914	6202	4421	5583	6347	5826	4952	6739	5062	4794	5017	4009
Импорт	259	30	262	275	390	972	17	2	211	38	-	-	-
Экспорт	5293	4967	3856	3588	4598	5687	5411	4542	6339	4489	4092	4395	3725
Изменение запасов (+, -)	-8	-32	+54	+188	+8	+241	-2	+39	+19	-6	-111	-256	+7
Потреблено в Республике Беларусь	1271	945	2662	1547	1132	1873	430	451	630	605	591	366	291
в том числе:													
израсходовано организациями республики на преобразование в тепловую и электрическую энергию	1271	945	2662	1547	1132	1873	430	451	630	605	591	366	291
	829	501	2230	368	181	317	89	108	125	235	128	132	81

Примечание. Источник: Энергетический баланс Республики Беларусь, Минск, 2020, 2015, 2014 (таблица 5.7.1, 5.7.4).

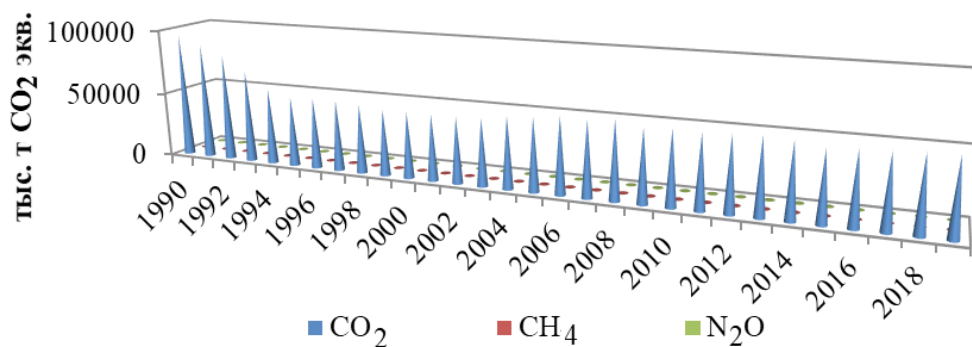


Рис. 2. Количество выбросов CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O от сжигания ископаемых видов топлива, 1990–2019 гг.

Database – База данных коэффициентов выбросов) и содержит в удобном для поиска формате базовые данные из утвержденных руководств МГЭИК, а также данные предоставленные исследователями и другими экспертами по ПГ со всего мира. Представленные данные рассматриваются и одобряются международной редакционной коллегией ведущих экспертов по инвентаризации парниковых газов, прежде чем включаются в EFDB.

Коэффициенты выбросов CO<sub>2</sub> для всех уровней оценок отражают полное содержание углерода в топливе без содержания любых неокисленных включений углерода в золе, в саже или твердых частицах. В отличие от некоторых твердых топлив, доля этих включений для газообразного топлива невелика и предполагается, как правило, полное окисление углерода, содержащегося в топливе (коэффициент окисления углерода равен 1) [11]. В ноябре 2015 г. был представлен в EFDB коэффициент содержания углерода в товарном природном газе (14,836 т С/ТДж), добываемом в Российской Федерации, разработанный в ходе совместного научно-исследовательского проекта ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и ОАО «Газпром» на основе плотности и химического состава добытого природного газа [12].

Детализированный или национальный коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания природного газа можно вывести из известного значения содержания углерода в товарном природном газе, по следующей формуле с учетом предположения, что весь содержащийся в топливе углерод полностью окисляется в CO<sub>2</sub>:

$$EF_{CO_2} = CCF \cdot COF \cdot 44/12,$$

где EF – коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> (Emission Factor); COF – коэффициенты окисления углерода (Carbon Oxidation Factor); CCF – коэффициент содержания углерода (Carbon Content Factor); 44/12 – коэффициент пересчета углерода в углекислый газ (молекулярные массы соответственно: углерод (С) – 12 г/моль, O<sub>2</sub> = 2 · 16 = 32 г/моль, CO<sub>2</sub> = 44 г/моль).

Полученный коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания природного газа равен 54,4 т CO<sub>2</sub>/ТДж или 54 400 кг CO<sub>2</sub>/ТДж. Учитывая потребление природного газа исключительно импортированного из Российской Федерации, целесообразно использовать в качестве национального российский коэффициент низшей теплотворной способности для перевода из натуральных единиц в энергетические, который равен 33,82 ТДж/млн м<sup>3</sup> [13].

Переход на расчет выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа по уровню 2 осуществлен при подготовке национальной инвентаризации ПГ Республики Беларусь за 1990–2018 гг., которая предоставлена в Секретариат РКИК ООН в 2020 г. (инвентаризация 2020 г.). Для расчетов по уровню 1 ранее применялись: коэффициент низшей теплотворной способности из ТКП 17.09-01-2011, равный 33,53 ТДж/млн м<sup>3</sup> [9], и базовый коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания природного газа – 56 100 кг CO<sub>2</sub>/ТДж (табл. 3).

Переход на методологию уровня 2 при оценке выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа приводит к снижению уровня общенациональных выбросов ПГ без учета «ЗИЗЛХ» по отношению к 1990 г, который является базовым для инвентаризации ПГ [2]. Это обусловлено тем, что в 1990 г. более половины выработанной энергии получено от сжигания

Таблица 3. Влияние перехода на методологию уровня 2 при оценке выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа в отношении к 1990 г. [12, 14, 15].

Тип топлива	Потреблено для производства электрической и тепловой энергии, тыс. т				Коэффициенты необходимые для расчетов выбросов CO <sub>2</sub> от сжигания топлива, уровень 1 (уровень 2)		Выбросы CO <sub>2</sub> от сжигания различных видов топлив с целью получения электрической и тепловой энергии, рассчитанные по уровню 1 (уровень 2)				
	1990 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Нижшая теплотворная способность топлива, НТС <sub>топл.</sub> , ГДж/т, ТДж/тыс. т	Коэффициент выбросов CO <sub>2</sub>	1990 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
	4,00	0,00	0,00	0,76			42,301	73 3004	12,40	0,00	0,00
Нефть, включая газовый конденсат	10 294,00	13 701,00	14 796,00	14 771,33	33,532 (33,823)	56 1004 (54 400)	19 363,35 (18 938,98)	25 772,03 (25 207,21)	27 831,76 (27 221,80)	27 785,36 (27 176,41)	
Газ горючий природный, млн. м <sup>3</sup>	681,00	1,00	1,00	2,09	11,901	101 0004	818,49	1,20	1,20	2,51	
Уголь	496,00	296,00	327,00	333,93	15,002	106 0004	788,64	470,64	519,93	530,95	
Торф топливный	12,24	438,10	440,50	398,47	-5	-(5)	-	-	-	-	
Дрова для отопления	0,00	322,00	0,00	280,63	-5	-(5)	-	-	-	-	
Отходы лесозаготовок, т. т.	20,00	106,00	89,00	69,63	16,5322	97 5004	32,24	170,86	143,46	112,23	
Топливные брикеты	0,00	0,00	0,10	0,14	44,301	69 3004	0,00	0,00	0,31	0,43	
Бензин автомобильный	74,00	2,00	2,00	2,50	42,582	74 1004	233,48	6,31	6,31	7,89	
Дизельное топливо	11 606,00	128,00	132,00	81,03	37,962	77 4004	34 099,64	376,08	387,83	238,07	
Топочный мазут	0,00	0,10	0,10	0,05	44,201	63 1004	0,00	0,28	0,28	0,14	
Газ сжиженный	0,00	181,50	70,00	51,55	49,501	57 6004	0,00	517,49	199,58	146,98	
Газ нефтепереработки сухой	0,00	0,00	0,00	0,09	43,801	71 9004	0,00	0,00	0,00	0,28	
Керосины прочие	225,00	0,00	0,00	3,75	42,002	73 3004	692,69	1,20	0,00	11,54	
Топливо печное бытовое	Суммарные выбросы (при расчете выбросов от всех топлив по уровню 1)										
Суммарные выбросы (при расчете выбросов от всех топлив по уровню 1)	56 040,93										
Уровень выбросов по отношению к 1990 г., в % (при расчете выбросов от всех топлив по уровню 1)	-51,26										
Суммарные выбросы (при расчете выбросов от природного газа по уровню 2)	55 616,56										
Уровень выбросов по отношению к 1990 г., в % (при расчете выбросов от природного газа по уровню 2)	-51,90										
Изменение уровня выбросов по отношению к 1990 г. при расчете выбросов от природного газа по уровню 2	-0,64										

1 ТКП 17.09-05-2013.

2 ТКП 17.09-01-2011.

3 Национальный отчет о кадастре ПГ Российской Федерации.

5 Источник: таблица 2.2 Руководящих принципов МГЭИК 2006.

 6 Выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании биомассы не включаются в национальные итоговые данные выбросов от сжигания топлива во избежание двойного учета (учтены в секторе ЗИЗПХ).



мазута и в последующие годы происходило его замещение природным газом. В национальной инвентаризации ПГ Республики Беларусь за 1990–2018 гг., предоставленной в Секретариат РКИК ООН в 2020 г., значения выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа пересчитаны за все годы, так как это требуется для обеспечения согласованности (последовательности) оценок выбросов и поглощений ПГ во всем временном ряду. Применение национальных коэффициентов выбросов для категорий источников с наибольшим вкладом в объединенную неопределенность позволяет снизить неопределенность национальной инвентаризации.

**Заключение.** Разработан национальный коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа, основанный на содержании углерода в товарном природном газе, потребляемом в Республики Беларусь и транспортируемом по магистральным трубопроводам с учетом предположения, что весь содержащийся в топливе углерод полностью окисляется в CO<sub>2</sub>. Применение полученного национального коэффициента позволит перейти на методологию уровня 2 при оценке выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания природного газа, которое составляет более четверти общенациональных выбросов ПГ. Переход на методологию уровня 2 и использование национального коэффициента способствует повышению качества инвентаризации и точности оценок выбросов ПГ, снижению неопределенностей оценок выбросов ПГ и уровня общенациональных выбросов по отношению к базовому году.

Полученные результаты внедрены в национальную инвентаризацию ПГ Республики Беларусь за 1990 – 2018 гг., предоставленную в Секретариат РКИК ООН в 2020 г. Описание разработки национального коэффициента будет включено в национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, не регулируемых Монреальским протоколом с целью повышения его прозрачности для обеспечения постоянного роста качества национальной инвентаризации.

#### Список использованных источников

1. Об утверждении Положения о порядке ведения государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов // Постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 10 апреля 2006 г. № 485 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q\\_id=2118943](https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q_id=2118943). – Дата доступа: 05.11.2020.
2. Об одобрении Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // Указ Президента Респ. Беларусь от 10 апреля 2000 г. № 177 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=r30000177&q\\_id=2118916](https://etalonline.by/document/?regnum=r30000177&q_id=2118916). – Дата доступа: 05.11.2020.
3. Решение Конференции Сторон Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций 24/CP.19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:// URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf>. – Дата доступа: 05.11.2020.
4. Решение Конференции Сторон Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций 13/CP.20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/eng/10a03.pdf>. – Дата доступа: 05.11.2020.
5. Т. 1 Общие руководящие указания и отчетность. Гл. 4: Методологический выбор и определение ключевых категорий // Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов: Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/1\\_Volume1/V1\\_4\\_Ch4\\_MethodChoice.pdf#page=5](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/1_Volume1/V1_4_Ch4_MethodChoice.pdf#page=5). – Дата доступа: 05.11.2020.
6. Государственный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь 1990–2018 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int/ghg-inventories-anpex-i-parties/2020>. – Дата доступа: 05.11.2020.
7. Мелех, Д. В. Выбросы парниковых газов при производстве электрической и тепловой энергии / Мелех Д. В., Наркевич И. П. // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 335.
8. Энергетический баланс Республики Беларусь // Национальный статистический комитет Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_17874/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_17874/). – Дата доступа: 05.11.2020.
9. Карпук, В. В. О возможностях обеспечения потребностей экономики Республики Беларусь собственными минерально-сырьевыми ресурсами / Карпук В. В., Ковхуто А. М. // Новости науки и технологий. — Минск: ГУ «БелИСА», 2010. – № 3. – С. 16.
10. Пашков, С. А. Ценный попутчик: Где востребована продукция Белорусского газоперерабатывающего завода / С. А. Пашков, Н. В. Нияковская // Портал «Нефтехимия» / 12.09.2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belchemoil.by/news/neft-i-toplivo/cennyj-poputchik-gde-vostrebovana-produkciya-belorusskogo-gazopererabatyvayushhego-zavoda>. – Дата доступа: 05.11.2020.
11. Т. 2. Энергетика. Гл. 2: Стационарное сжигание топлива // Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов // Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf#page=14](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf#page=14). – Дата доступа: 05.11.2020.

12. База данных коэффициентов выбросов Межправительственной группы экспертов по изменению климата // Институт глобальной политики в области окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>. – Дата доступа: 05.11.2020.

13. Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2019>. – Дата доступа: 05.11.2020.

14. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчетов выбросов парниковых газов в основных секторах экономики Республики Беларусь // ТКП 17.09-05-2013. – Минск: Минприроды Республики Беларусь, 2013. – Режим доступа: [http://ecoinv.by/images/pdf/tkp\\_fond/\\_17.09-05-2013.pdf](http://ecoinv.by/images/pdf/tkp_fond/_17.09-05-2013.pdf). – Дата доступа: 05.11.2020.

15. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии // ТКП 17.09-01-2011. – Минск: Минприроды Республики Беларусь, 2011. – 29 с. – Режим доступа: [http://ecoinv.by/images/pdf/tkp\\_fond/\\_17.09-01-2011.pdf](http://ecoinv.by/images/pdf/tkp_fond/_17.09-01-2011.pdf). – Дата доступа: 05.11.2020.

*Поступила 21.10.2020*