

УДК 501

**Д. В. Мелех, И. П. Наркевич**  
РУП «Бел НИЦ «Экология»

## **ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Противодействие изменению климата, выбор энергоэффективных товаров и технологий – это меры, которые продиктованы положениями Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Страны, являющиеся сторонами Конвенции, согласно принятым обязательствам, должны сокращать выбросы парниковых газов (ПГ), а в качестве одного из элементов отчетности предоставлять сведения о выбросах ПГ в динамике по годам.

Цель: расчет выбросов ПГ в крупнейшей категории «Энергетическая промышленность» сектора «Энергетика», рассмотрение возможности расчета выбросов ПГ от производства и потребления электрической и тепловой энергии непосредственно предприятиями.

Методы: Руководящие принципы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2006, примененные с учетом национальных обстоятельств Республики Беларусь.

Результаты: рассчитаны выбросы ПГ от производства электроэнергии и тепла (категория «Энергетическая промышленность») за 1990–2019. Методика расчетов адаптирована для условий Республики Беларусь.

Заключение: руководствуясь методикой расчетов выбросов ПГ от производства электроэнергии и тепла, адаптированной для условий Республики Беларусь, на основании методологии Руководящих принципов МГЭИК 2006 субъекты хозяйствования смогут выполнять расчеты выбросов ПГ от производства электроэнергии и тепла, потребленных в результате их деятельности. Требования о предоставлении таких расчетов предъявляются по мере развития международных финансовых механизмов углеродного рынка, при поставке произведенной продукции на экспорт.

**Ключевые слова:** парниковые газы, электрическая и тепловая энергия, низшая теплотворная способность, коэффициенты.

**D. V. Melekh, I. P. Narkevitch**  
RUE “BRC “Ecology”

## **GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM ELECTRICITY AND HEAT ENERGY PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Combating climate change, choosing energy efficient products and technologies are measures that are dictated by the provisions of the United Nations Framework Convention on Climate Change. Countries that are parties to the Convention, according to their commitments, must reduce greenhouse gas (GHG) emissions, and as one of the reporting elements, provide information on GHG emissions in the years dynamics.

Purpose: calculation of GHG emissions in the largest category “Energy Industry” in the “Energy” sector. Consideration of the possibility of calculating GHG emissions from the production and consumption of electric and heat energy directly by enterprises.

Methods: 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines, applied taking into account the national circumstances of the Republic of Belarus.

Results: calculated GHG emissions from electricity and heat production (category “Power Industry”) for the period 1990–2019. The calculation methodology is adapted for the conditions of the Republic of Belarus.

Conclusion: guided by the methodology for calculating GHG emissions from electricity and heat production, adapted for the conditions of the Republic of Belarus, based on the methodology of the 2006 IPCC Guidelines, business entities will be able to calculate GHG emissions from the production of electricity and heat consumed as a result of their activities. Requirements for the provision of such calculations are presented with the development of international financial mechanisms of the carbon market, with the supply of manufactured products for export.

**Key words:** greenhouse gases, electricity and heat energy, net calorific value, emission factors.

**Введение.** Республика Беларусь, являясь стороной Рамочной Конвенции Организации

Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) [1], включенной в Приложение 1

к Конвенции [2], ежегодно выполняет инвентаризацию выбросов и абсорбции поглотителями ПГ для дальнейшего представления в Секретариат Конвенции с целью выполнения международных обязательств [3].

Механизмы представления национальной отчетности в рамках Конвенции имеют общенациональную структуру учета, отчетности и контроля. Мерой по значительному повышению прозрачности учета выбросов ПГ является оценка непосредственно от предприятий, производящих выбросы ПГ в результате хозяйственной деятельности. Такой учет необходим при формировании и дальнейшем функционировании национального углеродного рынка, а также внедрении системы мониторинга, отчетности и верификации (MRV) выбросов ПГ.

Инвентаризация выбросов и абсорбции поглотителями ПГ рассчитана начиная с 1990 г., который принят для большинства Сторон Конвенции, включая Беларусь, в качестве базового года [4]. Вклад энергетического сектора 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 [5]. Выбросы ПГ в секторе «Энергетика» возникают при сжигании топлива (1.A), а также в результате их испарений при добыче, обработке и доставке до места конечного использования (Летучие выбросы 1.B) [6].

Энергетическая промышленность (1.A.1) ежегодно формирует порядка 50% выбросов ПГ по сектору «Энергетика» и порядка 30% общенациональных выбросов ПГ Республики Беларусь без учета сектора «ЗИЗЛХ» [5].

Энергетическая составляющая имеет самый высокий уровень в объеме выбросов ПГ каждой организации, т. к. потребление электрической и тепловой энергии наблюдается повсеместно. С применением рассматриваемой методики часть организаций полностью или частично рассчитывает долю выбрасываемого парникового газа на единицу продукции в зависимости от сложности технологического процесса. Информация о количестве ПГ, выбрасываемых на единицу потребляемой энергии, будет иметь социальный эффект, а при выборе более энергоэффективного товара (технологии) укажет на количественное сокращение выбросов ПГ за время его использования. При внедрении углеродных рынков потребуются расчеты выбрасываемых ПГ непосредственно от источника, что укажет на экономический эффект.

**Энергетическая промышленность (1.A.1)** охватывает выбросы ПГ от топлива, сжигаемого при его добыче или в энергопроизводящих отраслях (производство электроэнергии и теп-

ла) и, таким образом, включает следующие подкатегории: 1.A.1.a Производство электроэнергии и тепла (Основная деятельность), 1.A.1.b Перегонка нефти (сжигание топлива в целях выработки электроэнергии и тепла для нужд нефтепереработки), 1.A.1.c Производство твердого топлива и другие отрасли энергетики (сжигание топлива в целях выработки электроэнергии и тепла для нужд производства твердого топлива и энергопроизводящих отраслей) [6].

Структура энергетической статистики Республики Беларусь не позволяет использовать исходные данные для расчета выбросов ПГ отдельно по подкатегориям 1.A.1.b Перегонка нефти и 1.A.1.c Производство твердого топлива и другие отрасли энергетики, т. к. потребление топлива в качестве сырья на переработку в другие виды топлива включает расход организациями, являющимися производителями ТЭР, торфа на производство топливных брикетов, нефти на производство топливных нефтепродуктов (автомобильного бензина, дизельного топлива, керосина, топочного мазута, топлива печного бытового и других), дров на производство топливной щепы, древесного угля и тому подобные расходы [7].

Следовательно, при предоставлении ежегодной инвентаризации выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов в Секретариат РКИК ООН в категории 1.A.1 Энергетическая промышленность значения выбросов ПГ показаны основной подкатегорией 1.A.1.a Производство электроэнергии и тепла, а в других двух подкатегориях указано, где учтены значения выбросов ПГ [5].

Производство электрической энергии включает выработку электрической энергии электростанциями, теплоэлектростанциями (далее – ТЭЦ), гидроэлектростанциями, котельными с противодавленческими турбинами, парогазовыми и газотурбинными установками, дизель-генераторами, турбодетандерными установками, ветро- и солнечными установками и другими электровырабатывающими установками, находящимися на балансе организаций.

Производство тепловой энергии включает отпуск тепла, содержащегося в паре и горячей воде, электростанциями, ТЭЦ, котельными установками, электрочкалами, теплоутилизационными и прочими тепловырабатывающими установками, находящимися на балансе организаций [7].

Потребление топлива на преобразование в тепловую и электрическую энергию отражает расход топлива, включаемый в состав затрат на производство тепловой и электрической энергии энергоисточниками организаций (табл. 1).

Таблица 1

## Потребление топлива на преобразование в тепловую и электрическую энергию за 1990–2019 гг. [7]

Год	Нефть, вкл. газ, конденсат, тыс. т	Бензин автомоб., тыс. т	Керосины прочие, тыс. т	Диз. топл., тыс. т	Топочный мазут, тыс. т	Газ сжиж., тыс. т	Топл. печн. бытов., тыс. т	Газ нефтеперераб. сух., тыс. т	Уголь, тыс. т	Топл. брикеты, тыс. т	Газ гор. природн. (вкл. попутн.), млн. м <sup>3</sup>	Торф топл., тыс. т	Отх. лесозаг. и деревообр., тыс. т у. т.	Дрова, тыс. т (ρ = 0,266 т/плотн. м <sup>3</sup> )
1990	4,00	0,00	0,00	74,00	11 606,00	0,00	225,00	0,00	681,00	20,00	10 294,00	496,00	0,00	12,24
1991	3,70	0,00	0,00	74,30	10 846,80	0,00	209,60	0,00	587,50	16,70	8 953,30	498,10	0,00	7,10
1992	2,10	0,00	0,00	64,52	7 306,46	0,00	178,11	0,00	497,12	19,57	12 160,74	506,17	0,00	6,79
1993	1,45	0,00	0,00	67,78	5 716,80	0,00	109,15	0,00	429,77	19,57	11 290,88	457,16	0,00	7,26
1994	1,30	0,00	0,00	43,85	4 965,67	0,00	57,53	0,00	320,45	15,41	9 750,67	445,96	0,00	9,83
1995	1,34	0,00	0,00	40,26	4 191,08	0,00	71,72	0,00	300,68	12,90	9 204,02	249,04	0,00	11,19
1996	1,26	0,00	0,00	42,37	3 813,09	0,00	66,20	0,00	298,27	12,22	9 700,79	426,28	0,00	11,97
1997	1,19	0,00	0,00	42,73	2 998,83	0,00	66,20	0,00	216,49	12,49	11 037,50	133,45	0,00	17,71
1998	1,16	0,00	0,00	43,60	2 755,20	0,00	67,38	0,00	202,32	11,14	10 825,36	139,68	51,14	18,94
1999	1,16	0,00	0,00	40,68	2 304,36	0,00	50,44	0,00	138,71	11,10	11 190,46	86,32	58,64	20,12
2000	2,00	0,00	1,00	13,00	1 630,00	0,00	64,00	28,00	306,00	61,00	12 886,00	203,00	96,00	136,19
2001	0,00	0,00	1,00	7,00	1 662,00	3,00	63,00	31,00	278,00	114,00	13 060,00	206,00	0,00	167,58
2002	0,00	0,00	1,00	6,00	1 464,00	2,00	55,00	96,00	218,00	117,00	13 205,00	182,00	0,00	184,87
2003	0,00	0,00	1,00	4,00	1 196,00	1,00	48,00	71,00	194,00	112,00	13 645,00	182,00	0,00	234,88
2004	0,00	0,00	0,00	5,00	1 097,00	1,00	41,00	37,00	155,00	124,00	14 982,00	190,00	0,00	260,41
2005	2,00	0,00	0,00	4,00	829,00	1,00	32,00	34,00	104,00	148,00	15 188,00	181,00	0,00	306,70
2006	2,00	0,00	0,00	4,00	960,00	0,00	28,00	34,00	73,00	149,00	15 252,00	181,00	0,00	361,76
2007	1,00	0,00	0,00	3,00	343,00	0,00	18,00	35,00	41,00	147,00	15 219,00	212,00	0,00	396,07
2008	1,00	0,00	0,00	2,00	501,00	0,00	16,00	51,00	33,00	137,00	15 504,00	215,00	0,00	412,30
2009	1,00	0,00	0,00	1,00	2 230,00	0,00	14,00	49,00	30,00	143,00	12 013,00	248,00	150,00	460,98
2010	1,00	0,00	0,00	1,00	368,00	0,00	13,00	42,00	31,00	160,00	15 806,00	265,00	282,00	519,50
2011	1,00	0,00	0,50	2,00	180,00	0,00	10,00	49,00	14,00	143,00	14 705,00	273,00	352,00	512,58
2012	1,00	0,00	0,00	2,00	317,00	0,00	9,00	87,00	14,00	158,00	14 191,00	274,00	471,00	531,20
2013	1,00	0,00	0,00	3,00	89,00	0,00	8,00	75,00	10,00	152,00	14 340,00	248,00	500,00	516,57
2014	1,00	0,00	0,00	1,00	108,00	0,00	8,00	83,00	4,00	126,00	14 376,00	246,00	558,00	488,64
2015	1,00	0,00	0,00	1,00	125,00	0,00	7,00	64,00	3,00	103,00	13 495,00	254,00	584,00	468,43
2016	0,70	0,00	0,00	1,00	235,00	0,10	12,33	159,00	2,00	103,00	13 306,00	291,00	322,00	464,17
2017	0,00	0,00	0,00	2,00	128,00	0,10	0,00	181,50	1,00	106,00	13 701,00	296,00	322,00	438,10
2018	0,00	0,10	0,00	2,00	132,00	0,10	0,00	70,00	1,00	89,00	14 796,00	327,00	0,00	440,50
2019	0,76	0,14	0,09	2,50	81,03	0,05	3,75	51,55	2,09	69,63	14 771,33	333,93	280,63	398,47

Организация энергетической статистики Республики Беларусь не предусматривает идентификацию количества потребленного топлива для производства электричества от производителей основной деятельности, едиными комбинированными производствами тепловой и электрической энергии, а также для производства тепла от производителей основной деятельности с целью продажи [6, 7]. В связи с этим невозможно разделение подкатегории 1.A.1.a Производство электроэнергии и тепла, с целью детализации, на следующие три части:

1.A.1.a.i Производство электроэнергии;

1.A.1.a.ii Комбинированное производство электроэнергии и тепла;

1.A.1.a.iii Котельные.

С учетом отсутствия национальных коэффициентов выбросов ПГ, а также детализированных данных по количеству сжигаемого топлива с целью преобразования отдельно в электрическую, комбинированную (электрическую и тепловую) и тепловую энергию, для оценки выбросов ПГ в категории 1.A.1 Энергетическая промышленность используется метод уровня 1.

Для выполнения оценки выбросов ПГ по методу уровня 2 необходимы статистические данные по потреблению топлива аналогично уровню 1, но вместо коэффициентов выбросов ПГ по умолчанию должны использоваться национальные. Поскольку национальные коэффициенты выбросов ПГ различаются в зависимости от видов топлива и технологии сжигания по каждому газу, то требуются детализированные данные по потреблению топлива для того, чтобы правильно оценить выбросы ПГ от различных источников выбросов.

Применение подхода оценки выбросов ПГ по методу уровня 3 требует наличия данных о количестве топлива, сожженного в категории источников и национальных коэффициентов выбросов ПГ для каждой соответствующей технологии, где будут учтены используемый вид топлива, технология сжигания, эксплуатационные условия, технология контроля, а также техобслуживание и возраст оборудования. Для определения национального коэффициента выбросов  $\text{CO}_2$  необходимо учитывать коэффициент окисления углерода (для расчетов по уровню 1 принят по умолчанию равным 1). При наличии могут быть использованы измерения выбросов ПГ на уровне предприятий. Так как выбросы  $\text{CO}_2$  не зависят от технологии сжигания, в использовании подхода уровня 3 для оценки выбросов  $\text{CO}_2$  нет необходимости [6].

При расчете выбросов ПГ от сжигания топлива данные о количестве топлива в единицах массы или объема в первую очередь должны быть

преобразованы в содержание энергии в этих количествах топлива. Для этого преобразования необходимо применение коэффициента низшей теплотворной способности топлива (табл. 2). Для перевода объемов потребления отходов лесозаготовок и деревообработки из тысяч тонн угольного эквивалента в тераджоули используется коэффициент – 29,308 ТДж/тыс. т у. т, для перевода объема использованных дров из плотных кубических метров в тонны применяется коэффициент – 0,266 т/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Коэффициенты низшей теплотворной способности топлива, используемые при проведении инвентаризации выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь, НТСтопл, ГДж/т [8, 9]**

Тип топлива	Низшая теплотворная способность топлива, НТСтопл, ГДж/т, ТДж/тыс. т
Нефть, включая газовый конденсат [8]	42,30
Бензин автомобильный [8]	44,30
Топливо для реактивных двигателей [8]	44,10
Керосины прочие [8]	43,80
Дизельное топливо [9]	42,58
Топочный мазут [9]	37,96
Газ сжиженный [8]	44,20
Топливо печное бытовое [9]	42,00
Газ нефтепереработки сухой [8]	49,50
Уголь [8]	11,90
Топливные брикеты [9]	16,532
Кокс [8]	28,20
Газ горючий природный, ТДж/млн м <sup>3</sup> [10]	33,82
Торф топливный [9]	15,00
Дрова для отопления [8]	15,60

При сжигании разных типов топлива выбрасывается определенное количество каждого ПГ, что требует применения специальных коэффициентов выбросов (табл. 3). Общее количество выбросов конкретного ПГ из категории рассчитывается суммированием выбросов этого ПГ от сжигания каждого типа топлива.

Общее количество выбросы ПГ по категориям приводится по каждому виду ПГ и суммарно в  $\text{CO}_2$  эквиваленте, для этого к выбросам ПГ, отличным от  $\text{CO}_2$ , применяется коэффициент потенциала глобального потепления, для  $\text{CH}_4$  – 25 и для  $\text{N}_2\text{O}$  – 298. Расчет выбросов по видам ПГ и суммарно в  $\text{CO}_2$  эквиваленте рассмотрен для топлив, потребленных с целью получения энергии в 2019 г. (табл. 4).

Таблица 3

**Коэффициенты выбросов по газам и видам топлива, используемые при проведении инвентаризации выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь [6]**

Тип топлива	Коэффициенты выбросов ПГ		
	кг CO <sub>2</sub> /ТДж	кг CH <sub>4</sub> /ТДж	кг N <sub>2</sub> O/ТДж
Нефть, включая газовый конденсат	73 300	3	0,6
Бензин автомобильный	69 300	3	0,6
Топливо для реактивных двигателей	71 500	3	0,6
Керосины прочие	71 900	3	0,6
Дизельное топливо	74 100	3	0,6
Топочный мазут	77 400	3	0,6
Газ сжиженный	63 100	3	0,6
Топливо печное бытовое	73 300	3	0,6
Газ нефтепереработки сухой	57 600	1	0,1
Уголь	101 000	1	1,5
Топливные брикеты	97 500	1	1,5
Кокс	107 000	1	0,1
Газ горючий природный	54 400 <sup>(1)</sup>	1	0,1
Торф топливный	106 000	1	1,5
Отходы лесозаготовок и деревообработки	— <sup>(2)</sup>	30	4
Дрова для отопления	— <sup>(2)</sup>	30	4

*Источник.* Таблица 2.2 Руководящих принципов МГЭИК 2006.

<sup>(1)</sup> – для коэффициента выбросов CO<sub>2</sub> от газа горючего природного источником является база данных коэффициентов выбросов МГЭИК [10].

<sup>(2)</sup> – 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 ЗИЗЛХ).

По рассмотренной методике можно рассчитать выбросы ПГ от котла, котельной, генератора и электростанции, зная тип и количество потребленного топлива и применяя коэффициенты перевода количества потребленного топлива из единиц массы (объема) в единицы энергии (табл. 2), а к ним коэффициенты выбросов ПГ (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O) из табл. 3.

По аналогии расчетов количества потребленной энергии и выбросов ПГ за 2019 г. от сжигания топлива при производстве электрической и тепловой энергии получены значения за весь временной ряд, начиная с базового 1990 г. (табл. 5).

Таким образом, найден удельный выброс ПГ в CO<sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т., что представляет собой частное общего количества потребленного топлива при производстве электрической и тепловой энергии (т у. т.) и выбрасываемого при этом количества ПГ в CO<sub>2</sub> эквиваленте. Количество выбрасываемых ПГ на единицу потребленной энергии из года в год меняется (последняя колонка табл. 5), что объясняется переменами в структуре энергетического баланса. Так, с середины 90-х гг. наблюдается активное замещение мазута природным газом. С 2010 г. удельный выброс ПГ в CO<sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т. не превышает 1,6 т CO<sub>2</sub> экв./т у. т., что обусловлено развитием возобновляемой энергетики в Республике Беларусь [11].

При потреблении энергии из электрических и тепловых сетей расчет выбросов ПГ на производство единицы использованной энергии представляет собой произведение удельного выброса ПГ в CO<sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т. и удельных расходов топлива на отпуск электрической и тепловой энергии (г у. т./кВт·ч и кг у. т./Гкал), которые публикуются в средствах массовой информации Министерством энергетики Республики Беларусь и Государственным производственным объединением электроэнергетики «Белэнерго».

Например, необходимо рассчитать выбросы ПГ от производства 350 кВт·ч электроэнергии из сетей ГПО «Белэнерго», потребленной офисом юридического лица в декабре 2019 г.

Удельный выброс ПГ в CO<sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т. в 2019 г. – 1,58 т CO<sub>2</sub> экв./т у. т. (табл. 5).

Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии в 2019 г. – 240,7 г/кВт·ч (табл. 6).

$350 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 240,7 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч} = 84\,245 \text{ г у. т.} = 0,084 \text{ т у. т.}$  потреблено на производство 350 кВт·ч электрической энергии.

$0,084 \text{ т у. т.} \cdot 1,58 \text{ т CO}_2 \text{ экв./т у. т.} = 0,1327 \text{ т CO}_2 \text{ экв.}$  было выброшено при потреблении 0,084 т у. т. и производстве 350 кВт·ч электрической энергии.

Таблица 4

## Расчет выбросов ПГ от сжигания топлива в 2019 г. при производстве электрической и тепловой энергии

Тип топлива	Потребление, тыс. т	НТС топл., ГДж/т	Потр., ТДж	Коэф. вывр. CO <sub>2</sub> , кг CO <sub>2</sub> /ГДж	Выбр. CO <sub>2</sub> , тыс. т	Коэф. вывр. CH <sub>4</sub> , кг CH <sub>4</sub> /ГДж	Выбр. CH <sub>4</sub> , тыс. т	Коэф. вывр. N <sub>2</sub> O, кг N <sub>2</sub> O/ГДж	Выбр. N <sub>2</sub> O, тыс. т	Сумма выбросов в CO <sub>2</sub> эквиваленте, тыс. т
A	B	C = A · B	D	E = C · D/10 <sup>6</sup>	F	G = C · F/10 <sup>6</sup>	H	I = C · H/10 <sup>6</sup>	J = E + G · 25 + I · 298	
Нефть, включая газовый конденсат	0,76	42,30	32,15	73 300	2,356	3	0,000	0,6	0,000	2,365
Бензин автомобильный	0,14	44,30	6,20	69 300	0,430	3	0,000	0,6	0,000	0,431
Керосины прочие	0,09	43,80	3,94	71 900	0,283	3	0,000	0,6	0,000	0,284
Дизельное топливо	2,50	42,58	106,45	74 100	7,888	3	0,000	0,6	0,000	7,915
Топочный мазут	81,03	37,96	3075,90	77 400	238,075	3	0,009	0,6	0,002	238,855
Газ сжиженный	0,05	44,20	2,21	63 100	0,139	3	0,000	0,6	0,000	0,140
Топливо печное бытовое	3,75	42,00	157,52	73 300	11,55	3	0,001	0,6	0,000	11,586
Газ нефтепереработки сухой	51,55	49,50	2551,73	57 600	146,98	1	0,003	0,1	0,000	147,119
Уголь	2,09	11,90	24,87	101 000	2,51	1	0,000	1,5	0,000	2,524
Топливные брикеты	69,63	16,532	1151,12	97 500	112,24	1	0,001	1,5	0,002	112,778
Газ горючий природный	14771,33 <sup>(1)</sup>	33,82 <sup>(2)</sup>	499566,38	54 400	27176,41	1	0,500	0,1	0,05	27203,787
Торф топливный	333,93	15,00	5008,95	106 000	530,95	1	0,005	1,5	0,008	533,313
Отходы лесозаготовок и деревообработки	280,63 <sup>(3)</sup>	29,308 <sup>(4)</sup>	8222,46	—	—	30	0,250	4	0,033	15,968
Дрова для отопления	398,47	15,60	6216,10	—	—	30	0,186	4	0,025	12,072
<b>Итого</b>			526125,98		<b>28229,80</b>		<b>0,952</b>		<b>0,119</b>	<b>28289,138</b>

(1) – млн м<sup>3</sup>.(2) – ТДж/млн м<sup>3</sup>.

(3) – т у. т.

(4) – ТДж/тыс. т у. т.

Таблица 5

**Суммарный расчет потребления топлива и выбросов ПГ при производстве электрической и тепловой энергии за 1990–2019 гг.**

Год	Потребление топлива, ТДж	Выбросы CO <sub>2</sub> , тыс. т	Выбросы CH <sub>4</sub> , тыс. т	Выбросы N <sub>2</sub> O, тыс. т	Выбросы ПГ в CO <sub>2</sub> экв., тыс. т	Потребление топлива, тыс. т у. т. (29,308 ТДж/тыс. т у. т.)	Удельный выброс ПГ в CO <sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т. (т CO <sub>2</sub> экв./т у. т.)
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	$E = B + C \cdot 25 + D \cdot 298$	$F = A / 29,308$	$G = E / F$
1990	817543,73	55616,65	1,73	0,33	55758,63	27894,90	2,00
1991	741521,62	50757,84	1,59	0,31	50888,97	25301,00	2,01
1992	712884,70	46032,88	1,29	0,23	46134,96	24323,89	1,90
1993	618807,84	39398,98	1,07	0,19	39482,72	21113,96	1,87
1994	533514,22	33967,62	0,93	0,17	34039,96	18203,71	1,87
1995	482858,01	30377,59	0,81	0,14	30439,99	16475,30	1,85
1996	487796,42	30448,25	0,80	0,14	30509,27	16643,80	1,83
1997	496074,16	29943,87	0,74	0,12	29997,94	16926,24	1,77
1998	481917,81	28843,49	0,75	0,12	28896,8	16443,22	1,76
1999	474995,71	27967,86	0,71	0,11	28017,03	16207,03	1,73
2000	514912,49	29604,07	0,79	0,11	29657,62	17569,01	1,69
2001	520159,11	30062,50	0,73	0,11	30112,44	17748,02	1,70
2002	518296,55	29768,77	0,71	0,10	29817,01	17684,47	1,69
2003	522823,40	29667,32	0,73	0,10	29715,20	17838,93	1,67
2004	562745,79	31713,84	0,76	0,10	31763,45	19201,10	1,65
2005	559448,44	31236,24	0,76	0,10	31284,92	19088,59	1,64
2006	566880,06	31688,14	0,81	0,11	31739,77	19342,16	1,64
2007	542468,11	29787,70	0,74	0,09	29834,07	18509,22	1,61
2008	558718,71	30786,49	0,78	0,10	30835,35	19063,69	1,62
2009	511784,31	29487,86	1,01	0,15	29557,23	17462,27	1,69
2010	574360,85	31030,35	1,08	0,14	31098,39	19597,41	1,59
2011	531814,43	28430,45	1,07	0,14	28497,95	18145,71	1,57
2012	525277,81	28004,62	1,19	0,15	28080,30	17922,68	1,57
2013	521219,96	27522,74	1,18	0,15	27597,20	17784,22	1,55
2014	524157,63	27606,44	1,22	0,16	27683,47	17884,46	1,55
2015	494304,77	25958,79	1,21	0,15	26035,02	16865,86	1,54
2016	489279,36	26248,15	0,99	0,13	26310,73	16694,40	1,58
2017	498766,49	26692,05	0,98	0,12	26753,51	17018,10	1,57
2018	521841,94	28458,32	0,73	0,09	28503,33	17805,44	1,60
2019	526125,98	28229,80	0,95	0,12	28289,14	17951,62	1,58

Таблица 6

**Удельный расход условного топлива на отпуск электрической и тепловой энергии в 2015–2019 гг.**

Показатель	Факт				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии, г/кВт·ч [12]	235,5	230,4	232,1	235,3	240,7
Удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии, кг/Гкал [13]	167,52	167,06	166,63	166,36	166,65

**Заключение.** Впервые разработана методика расчета выбросов ПГ при производстве электрической и тепловой энергии, которая будет включена в национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, не регулируемых

Монреальским протоколом, с целью повышения его качества и более полного соответствия руководящим принципам представления ежегодной отчетности по РКИК ООН [4].

Полученные результаты могут быть использованы для полного расчета выбросов ПГ непо-

средственно от котлов, котельных, генераторов и электростанций при известных типе и количестве потребленного топлива. Выбросы ПГ на производство энергии из тепловых и электрических сетей ГПО «Белэнерго» рассчитываются с применением удельного выброса ПГ в CO<sub>2</sub> экв. на потребление 1 т у. т.

В отличие от существующих и утвержденных в стране методик приведенная методика имеет следующий ряд преимуществ:

– использованы актуальные коэффициенты глобального потепления;

– приведены низшие теплотворные способности и коэффициенты выбросов ПГ, применяемые при составлении кадастра ПГ, представляемого в секретариат РКИК ООН, что способствует сопоставимости данных;

– полностью охватывает самую крупную категорию выбросов ПГ «Энергетическая промышленность».

### Список литературы

1. Об одобрении Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Указ Президента Респ. Беларусь от 10 апреля 2000 г. № 177. URL: [https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q\\_id=2118916](https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q_id=2118916) (дата обращения: 13.08.2020).

2. Рамочная Конвенция об Изменении Климата Организации Объединенных Наций. URL: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convru.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convru.pdf) (дата обращения: 13.08.2020).

3. 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. URL: [https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q\\_id=2118943](https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q_id=2118943) (дата обращения: 13.08.2020).

4. Решение Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата 24/CP.19. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf> (дата обращения: 13.08.2020).

5. Государственный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь 1990–2018 гг. URL: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020> (дата обращения: 13.08.2020).

6. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов // Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/> (дата обращения: 13.08.2020).

7. Энергетический баланс Республики Беларусь // Национальный статистический комитет Респ. Беларусь. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/) (дата обращения: 13.08.2020).

8. 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 Респ. Беларусь, 2013. 45 с. URL: [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 обращения: 13.08.2020).

9. 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 Респ. Беларусь, 2011. 29 с. URL: [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 обращения: 13.08.2020).

10. База данных коэффициентов выбросов Межправительственной группы экспертов по изменению климата // Институт глобальной политики в области окружающей среды. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php> (дата обращения: 31.07.2020).

11. О возобновляемых источниках энергии: Закон Респ. Беларусь от 27 декабря 2010 г. № 204-З. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H11000204> (дата обращения: 13.08.2020).

12. Производство электрической энергии // ГПО «Белэнерго». URL: <http://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/> (дата обращения: 31.07.2020).

13. Производство тепловой энергии // ГПО «Белэнерго». URL: <http://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-teplovoy-energii/> (дата обращения: 31.07.2020).

### References

1. On approval of the United Nations Framework Convention on Climate Change: Decree of the President of the Republic of Belarus dated April 10, 2000 No. 177. Available at: [https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q\\_id=2118916](https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q_id=2118916) (accessed 13.08.2020) (In Russian).

2. United Nations Framework Convention on Climate Change. Available at: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf) (accessed 13.08.2020) (In Russian).



3. On approval of the Regulation on the procedure for maintaining the state cadastre of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus dated April 10, 2006, no. 485. Available at: [https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q\\_id=2118943](https://etalonline.by/document/?regnum=c20600485&q_id=2118943) (accessed 13.08.2020) (In Russian).

4. Decision of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change 24/CP.19. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2> (accessed 13.08.2020) (In Russian).

5. The state cadastre of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases of the Republic of Belarus 1990–2018. Available at: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020> (accessed 13.08.2020) (In Russian).

6. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Mezhpravitel'stvennaya gruppa ekspertov po izmeneniyu klimata* [Intergovernmental Panel on Climate Change], 2006. Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (accessed 13.08.2020).

7. Energy balance of the Republic of Belarus. *Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus'* [National Statistical Committee of the Republic of Belarus]. Available at: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/) (accessed 13.08.2020) (In Russian).

8. ТКП 17.09-05-2013. Environmental protection and exploitation of natural resources. Climate. Greenhouse gas emissions and absorption. Rules for calculating greenhouse gas emissions in the main sectors of the economy of the Republic of Belarus. Minsk, *Minprirody Respubliki Belarus'*, 2013. 45 p. (In Russian). Available at: [http://ecoinv.by/images/pdf/tkp\\_fond/\\_17.09-05-2013.pdf](http://ecoinv.by/images/pdf/tkp_fond/_17.09-05-2013.pdf) (accessed 13.08.2020).

9. ТКП 17.09-01-2011. Environmental protection and exploitation of natural resources. Climate. Greenhouse gas emissions and absorption. Rules for calculating emissions due to the implementation of energy saving measures, renewable energy sources. Minsk, *Minprirody Respubliki Belarus'*, 2011. 29 p. (In Russian). Available at: [http://ecoinv.by/images/pdf/tkp\\_fond/\\_17.09-01-2011.pdf](http://ecoinv.by/images/pdf/tkp_fond/_17.09-01-2011.pdf) (accessed 13.08.2020).

10. Emission Factor Database of Intergovernmental Panel on Climate Change. *Institut global'noy politiki v oblasti okruzhayushchey sredy* [Institute for Global Environmental Strategies]. Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php> (accessed 13.08.2020).

11. On Renewable Energy Sources: Law of the Republic of Belarus dated December 27, 2010 No. 204-3. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H11000204> (accessed 13.08.2020).

12. Electricity production. *Gosudarstvennoye proizvodstvennoye ob'yedineniye elektroenergetiki "Belenergo"* [State Production Association of Electric Power Industry "Belenergo"] (In Russian). Available at: <http://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/> (accessed 13.08.2020).

13. Thermal energy production. *Gosudarstvennoye proizvodstvennoye ob'yedineniye elektroenergetiki "Belenergo"* [State Production Association of Electric Power Industry "Belenergo"] (In Russian). Available at: <http://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-teplovoy-energii/> (accessed 13.08.2020).

### Информация об авторах

**Мелех Дмитрий Владимирович** – заместитель заведующего отделом международного научного сотрудничества. Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» (220095, г. Минск, ул. Якубова, 76, Республика Беларусь). E-mail: [melekhdim@gmail.com](mailto:melekhdim@gmail.com)

**Наркевич Иван Петрович** – доктор технических наук, доцент, заведующий отделом международного научного сотрудничества. Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» (220095, г. Минск, ул. Якубова, 76, Республика Беларусь). E-mail: [ivan.narkevitch@mail.ru](mailto:ivan.narkevitch@mail.ru)

### Information about the authors

**Melekh Dzmitry Vladimirovich** – Deputy Head of the Department of International Scientific Cooperation. Republican Research Unitary Enterprise «Belarusian Research Center «Ecology» (76, Yakubova str., 220095, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [melekhdim@gmail.com](mailto:melekhdim@gmail.com)

**Narkevitch Ivan Petrovich** – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of International Scientific Cooperation. Republican Research Unitary Enterprise «Belarusian Research Center «Ecology» (76, Yakubova str., 220095, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [ivan.narkevitch@mail.ru](mailto:ivan.narkevitch@mail.ru)

Поступила 04.08.2020