

УДК 504.05

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

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА
ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
В СЕКТОРАХ «ЭНЕРГЕТИКА» И «ОТХОДЫ» РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Республика Беларусь, являясь стороной Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН), приняла на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) и, как следствие, проведению качественного и количественного учета этих выбросов.

Цель данной публикации состоит в определении возможного количества сокращения выбросов ПГ в секторах «Энергетика» и «Отходы» при использовании твердых коммунальных отходов в качестве альтернативных видов топлива (RDF-топлива).

Методы: разработанные в результате научно-исследовательской работы «Этап 2018 г. «Выполнить анализ возможностей использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативных видов топлива и разработать научно обоснованный комплекс мер по их практическому применению», выполненной по заданию 2.1.1 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 гг. «Разработать научно обоснованный комплекс мер по использованию твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива и усовершенствовать оценки выбросов парниковых газов в секторе «Отходы», а также Руководящие принципы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2006, а именно том 2 «Энергетика».

В результате оценено возможное количество сокращения выбросов ПГ при использовании RDF-топлива, включая выполненную впервые оценку сокращения выбросов ПГ от замещения ископаемых видов топлив.

Установлено, что в общие показатели национальных выбросов ПГ включаются только выбросы CO₂ от сжигания отходов ископаемого топлива, в связи с чем использование RDF-топлива является способом возможного снижения выбросов ПГ в секторе «Энергетика» – до 0,28% от общенациональных выбросов ПГ без учета поглощений в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» в 2019 г.

Ключевые слова: парниковые газы, альтернативное топливо, RDF-топливо, твердые коммунальные отходы.

Для цитирования: Мелех Д. В., Михалевич Р. В., Наркевич И. П. Использование твердых коммунальных отходов в качестве альтернативных видов топлива для сокращения выбросов парниковых газов в секторах «Энергетика» и «Отходы» Республики Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 2 (247). С. 205–213.

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

**USING SOLID MUNICIPAL WASTE AS ALTERNATIVE FUELS
FOR REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE ENERGY
AND WASTE SECTORS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The Republic of Belarus, being a Party to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), has undertaken obligations to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and, as a consequence, conduct a qualitative and quantitative accounting of these emissions.

Purpose: to determine the possible amount of GHG emission reductions in the Energy and Waste sectors as a result of the use of municipal solid waste as alternative fuels (refuse derived fuel – RDF).

Results: the possible amount of GHG emission reductions from the use of RDF was estimated, including the first-time made assessment of GHG emission reductions from fossil fuel substitution.

Conclusion: the total national GHG emissions include only CO₂ emissions from the combustion of fossil fuels waste, and therefore the use of RDF is a way to possible reduce GHG emissions in the Energy sector which is up to 0,28% of the total national GHG emissions excluding removals in the sector “Land use, land use change and forestry” in 2019.

Key words: greenhouse gases, alternative fuels, refuse derived fuel (RDF), municipal solid waste.

For citation: Melekh D. V., Mikhalevich R. V., Narkevitch I. P. Using solid municipal waste as alternative fuels for reducing greenhouse gas emissions in the Energy and Waste sectors of the Republic of Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2021, no. 2 (247), pp. 205–213 (In Russian).

Введение. Беларусь в 2000 г. присоединилась к Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций (РКИК ООН) [1, 2] и тем самым приняла на себя ряд обязательств, среди которых снижение антропогенных выбросов парниковых газов (ПГ). Конечная цель РКИК ООН и всех связанных с ней правовых документов заключается в стабилизации концентраций ПГ в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему [2, 3]. Необходимость снижения антропогенных выбросов ПГ обусловила проведение их учета, так как невозможно управлять тем, что не измеряется. Республика Беларусь, как сторона РКИК ООН, включенная в Приложение I, ежегодно выполняет инвентаризацию антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, которая состоит из таблиц CRF (Common Reporting Format – общий формат данных) и национального отчета об инвентаризации, которые направляются в секретариат РКИК ООН [2, 4].

Источники выбросов ПГ охватывают различные сферы деятельности человека, а инвентаризация антропогенных выбросов и поглощений ПГ осуществляется по следующим секторам: 1) энергетика; 2) промышленные процессы и использование продуктов; 3) сельское хозяйство; 4) землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ); 5) отходы.

Для более полного выполнения положений РКИК ООН конференцией сторон как руководящим органом Конвенции были приняты Киотский протокол и Парижское соглашение, которые предусматривают возможность использовать рыночные механизмы смягчения последствий изменения климата. Республика Беларусь присоединилась к Киотскому протоколу в 2005 г. [2, 5] и сформировала до 2009 г. нормативно-правовую базу, обеспечивающую регулирование отношений реализации экономических механизмов Киотского протокола, однако не смогла ими воспользоваться, так как поправка к Киотскому протоколу, определяющая установленное количество ПГ для Республики Беларусь, не была ратифицирована необходимым количеством сторон Киотского протокола (145 ратификаций) [2, 6].

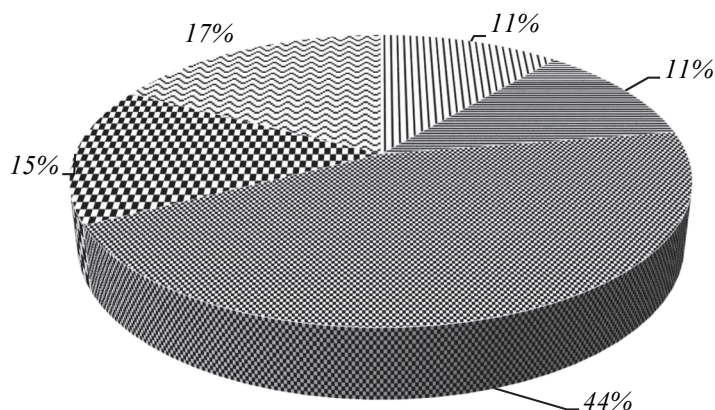
В основе Парижского соглашения и принятых долгосрочных целей лежат определяемые на национальном уровне вклады [2, 7], которые страны должны обновлять каждые пять лет и каждый раз принимать более амбициозные

обязательства [2, 8]. Определяемые на национальном уровне вклады стран помогают оценить, достигнет ли мир долгосрочных целей Парижского соглашения и когда глобальные выбросы ПГ будут на пике.

Для реализации определяемых на национальном уровне вкладов Парижское соглашение предусматривает возможность сторон сотрудничать друг с другом. Механизмы сотрудничества, описанные в статье 6 Парижского соглашения, должны не только облегчить достижение существующих целей по сокращению выбросов, но и повысить будущие амбиции, способствовать устойчивому развитию. Данные механизмы образуют правовую основу, позволяющую использовать рыночные механизмы смягчения последствий изменения климата.

Для обеспечения функционирования положений Парижского соглашения конференцией сторон был принят Катовицкий климатический пакет [2, 9], однако стороны не смогли в нем согласовать правила выполнения статьи 6 и найти решения по ключевым вопросам на следующей конференции сторон, которая состоялась в 2019 г. в Мадриде [2, 10]. Основным предметом разногласий остается вопрос учета сокращений выбросов, передаваемых в соответствии со статьей 6, так как точный учет является важнейшим условием для обеспечения того, чтобы сокращения выбросов не были подсчитаны более одного раза (двойной учет).

Основная часть. Двойной учет выбросов ПГ на национальном уровне, помимо прочего, возможен в секторах «Энергетика» и «Отходы» при сжигании отходов. В установках по сжиганию отходов при производстве тепла и электроэнергии выбросы ПГ от сжигания отходов должны учитываться в секторе «Энергетика», а при сжигании отходов без использования тепла в качестве энергии выбросы ПГ должны учитываться в секторе «Отходы». Кроме того, в общие показатели национальных выбросов включаются только выбросы CO₂ от сжигания отходов ископаемого топлива [11], а выбросы CO₂ от сжигания иных отходов сообщаются в качестве информационного элемента [12]. Следовательно, использование в качестве альтернативного топлива отходов, не относящихся к отходам ископаемого топлива, будет способствовать сокращению общенациональных выбросов ПГ и выполнению обязательств Республики Беларусь по Парижскому соглашению.



- ▮ Древесные отходы
- ≡ Отходы бумаги и картона
- ⊗ Отходы пластмасс и полимерных материалов
- ▣ Отходы текстильные и отходы производства химических волокон и нитей
- ⊞ Резина

Рис. 1. Состав RDF-топлива из ТКО

Научно-исследовательская работа по использованию твердых коммунальных отходов (ТКО) в качестве альтернативного топлива проводилась Республиканским научно-исследовательским унитарным предприятием «Бел НИЦ «Экология» в 2016–2018 гг. Альтернативное, или RDF (refuse derived fuel), топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF-топлива входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. RDF-топливо можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в печах цементных заводов, ТЭЦ, металлургических печах. Выполнена оценка и определен оптимальный морфологический состав отходов для производства RDF-топлива калорийностью около 4700 ккал/кг [13].

Вопросы производства RDF-топлива в Республике Беларусь закреплены в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования, где определены условия и направления использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного RDF-топлива с последующим использованием на цементных заводах [14].

В Концепции применяются следующие основные термины и их определения:

– пре-RDF-топливо – остатки в составе ТКО после извлечения мелкой фракции размером до 80 мм в виде органики и негорючих составляющих, а также извлечения основных видов вторичных материальных ресурсов (далее – ВМР),

представляющих наибольшую ценность с точки зрения их дальнейшей реализации;

– RDF-топливо – твердое топливо, изготовленное из пре-RDF-топлива и предназначенное для выработки энергии, характеристики которого определяются согласно действующим стандартам либо техническим условиям производителя топлива. В соответствии со статьей 1 Закона Республики Беларусь «Об обращении с отходами» RDF-топливо фактически является вторичным сырьем.

На основании данных Национального статистического комитета Республики Беларусь о численности населения [15] и об образовании отходов [16] рассчитано образование ТКО по областным городам и городу Минску (табл. 1).

Таблица 1
Образование ТКО (2019 г.)

| Город | Численность населения на 01.01.2020 | Расчет образования ТКО, кг (401,9 кг/чел.) |
|---------|-------------------------------------|--|
| Брест | 339 700 | 136 525 430 |
| Витебск | 364 800 | 146 613 120 |
| Гомель | 510 300 | 205 089 570 |
| Гродно | 356 900 | 143 438 110 |
| Минск | 2 020 600 | 812 079 140 |
| Могилев | 357 100 | 143 518 490 |

Исходя из данных табл. 1, по предложенной методике [13] были произведены расчеты предполагаемых объемов производства альтернативного топлива из ТКО (табл. 2).

Таблица 2

Предполагаемые объемы производства альтернативного топлива из ТКО (2019 г.)

| Город | Количество ТКО, кг | Количество ТКО, необходимое для производства RDF-топлива, кг | Количество полученного пре-RDF-топлива, кг | Количество полученного RDF-топлива, кг |
|---------|--------------------|--|--|--|
| Брест | 136 525 430 | 34 131 358,00 | 17 065 678,80 | 10 239 407,00 |
| Витебск | 146 613 120 | 36 653 280,00 | 18 326 640,00 | 10 995 984,00 |
| Гомель | 205 089 570 | 51 272 393,00 | 25 636 196,30 | 15 381 718,00 |
| Гродно | 143 438 110 | 35 859 528,00 | 17 929 763,80 | 10 757 858,00 |
| Минск | 812 079 140 | 203 019 785,00 | 101 509 892,50 | 60 905 935,50 |
| Могилев | 143 518 490 | 35 879 622,50 | 17 939 811,25 | 10 763 886,75 |

Как было указано выше, усредненная теплотворная способность RDF-топлива – 4700 ккал/кг, что позволяет рассчитать количество энергии, которое возможно извлечь из полученного RDF-топлива (табл. 3).

Зная возможное количество энергии из полученного RDF-топлива, рассчитывается объем сокращения выбросов CO₂, которые могли бы произойти в случае сжигания ископаемых видов топлив (табл. 4).

Для расчета сокращения выбросов необходимо применить коэффициенты выбросов CO₂ для стационарного сжигания основных видов топлив, используемых в Республике Беларусь

для получения тепловой и электрической энергии:

- природный газ – 54 400 кг CO₂/ТДж [17];
- торф – 106 000 кг CO₂/ТДж [18];
- топочный мазут – 77 400 кг CO₂/ТДж [18].

В контексте введения ЕС пограничного углеродного налога с 1 января 2023 г., а также планируемого взаимодействия сторон Парижского соглашения по статье 6, включая рыночные механизмы сокращения выбросов ПГ, целесообразно расценивать использование RDF-топлива как способ получения сокращений выбросов ПГ, которые в настоящее время имеют цену в различных системах торговли выбросами (рис. 2).

Таблица 3

Количество энергии, которое возможно извлечь из полученного RDF-топлива (в 2019 г.)

| Город | Количество возможного RDF-топлива, кг | Возможное количество энергии из полученного RDF-топлива, ккал (4700 ккал/кг) | Возможное количество энергии из полученного RDF-топлива, кДж (4,1868 кДж/ккал) | Возможное количество энергии из полученного RDF-топлива, ТДж |
|---------|---------------------------------------|--|--|--|
| Брест | 10 239 407,00 | 48 125 214 075,00 | 201 490 646 289,21 | 201,49064628921 |
| Витебск | 10 995 984,00 | 51 681 124 800,00 | 216 378 533 312,64 | 216,37853331264 |
| Гомель | 15 381 718,00 | 72 294 073 425,00 | 302 680 826 615,79 | 302,68082661579 |
| Гродно | 10 757 858,00 | 50 561 933 775,00 | 211 692 704 329,17 | 211,69270432917 |
| Минск | 60 905 935,50 | 286 257 896 850,00 | 1 198 504 562 531,58 | 1198,50456253158 |
| Могилев | 10 763 886,75 | 50 590 267 725,00 | 211 811 332 911,03 | 211,81133291103 |

Таблица 4

Расчет сокращения выбросов CO₂ при замещении природного газа, торфа и топочного мазута RDF-топливом (2019 г.)

| Город | Возможное количество энергии из полученного RDF-топлива, ТДж | Выбросы CO ₂ в случае сжигания ископаемых видов топлив, тыс. т | | |
|---|--|---|----------------|----------------|
| | | Природный газ | Торф | Топочный мазут |
| Брест | 201,49 | 10,961 | 21,358 | 15,595 |
| Витебск | 216,38 | 11,771 | 22,936 | 16,748 |
| Гомель | 302,68 | 16,466 | 32,084 | 23,427 |
| Гродно | 211,69 | 11,516 | 22,439 | 16,385 |
| Минск | 1198,50 | 65,199 | 127,041 | 92,764 |
| Могилев | 211,81 | 11,523 | 22,452 | 16,394 |
| Сумма | | 127,435 | 248,311 | 181,314 |
| Доля от общенациональных выбросов ПГ без учета ЗИЗЛХ, % | | 0,14 | 0,28 | 0,20 |
| Доля от общенациональных выбросов ПГ с учетом ЗИЗЛХ, % | | 0,22 | 0,43 | 0,31 |



Рис. 2. Динамика стоимости единиц сниженных выбросов парниковых газов в рамках различных систем торговли квотами на выбросы

Примечание:

1. ЕС СТВ – европейская система торговли квотами на выбросы, объединяющая все страны Евросоюза, а также Норвегию, Исландию и Лихтенштейн.
2. Хубэй – система торговли квотами на выбросы в Китайской провинции Хубэй.
3. Квебек – система торговли квотами на выбросы между штатом Калифорния и провинцией Квебек.

В результате использования RDF-топлива, полученного из ТКО, образованных в областных городах и г. Минске в 2019 г., возможно сокращение выбросов ПГ от 127,435 до 248,311 тыс. т CO₂ в зависимости от заменяемого вида ископаемого топлива. Стоимость единиц сокращений выбросов ПГ варьируется в зависимости от мировых систем торговли квотами на выбросы:

- ЕС СТВ – 29,68 долл. США на 01.01.2020 и 47,53 долл. США на 31.03.2021;
- Квебек – 22,49 долл. США на 01.01.2020 и 22,60 долл. США на 31.03.2021;
- Хубэй – 4,16 долл. США на 01.01.2020 и 4,22 долл. США на 31.03.2021.

В результате несложных математических вычислений можно предположить, что стоимость 127,435 тыс. т CO₂ варьируется от 530 до

6057 тыс. долл. США и 248,311 тыс. т CO₂ от 1033 до 11 802 тыс. долл. США.

Сокращение учитываемых выбросов ПГ от использования RDF-топлива происходит не только в результате замещения ископаемых видов топлив, но и за счет сокращения количества захоронения ТКО, которые приводят к выбросам CH₄ от полигонов ТКО [13]. До данным государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов за 1990–2019 гг. удельный выброс CH₄ в CO₂ экв. на тонну захороненных ТКО составляет 0,847 т CO₂ экв./т ТКО [19]. Расчет выбросов CH₄ в CO₂ экв. от захоронения объемов ТКО, равных объемам возможного RDF-топлива, по областным городам и г. Минску в 2019 г. приведен в табл. 5.

Таблица 5

Расчет выбросов CH₄ от захоронения объемов ТКО, равных объемам возможного RDF-топлива (2019 г.)

| Город | Количество RDF-топлива, полученного из ТКО, которое могло быть захоронено, т | Выбросы CH ₄ при захоронении ТКО, из которого образовано RDF-топливо, тыс. т CO ₂ экв. |
|---|--|--|
| Брест | 10 239,407 | 8,676 |
| Витебск | 10 995,984 | 9,317 |
| Гомель | 15 381,718 | 13,032 |
| Гродно | 10 757,858 | 9,115 |
| Минск | 60 905,936 | 51,604 |
| Могилев | 10 763,887 | 9,120 |
| Сумма | 119 044,790 | 100,863 |
| Доля от общенациональных выбросов ПГ без учета ЗИЗЛХ, % | | 0,11 |
| Доля от общенациональных выбросов ПГ с учетом ЗИЗЛХ, % | | 0,17 |

Заключение. Выбросы CO₂ от сжигания RDF-топлива не включаются в общенациональные выбросы ПГ, а указываются в качестве информационного элемента в ежегодных инвентаризациях выбросов и поглощений ПГ сторон РКИК ООН, благодаря этому использование RDF является способом сокращения выбросов ПГ в секторе «Энергетика», так как приводит к замещению сжигания ископаемых видов топлив. При производстве RDF-топлива из ТКО, образованного по областным городам и г. Минску, в 2019 г. можно было бы снизить общенациональные вы-

бросы ПГ от 127,435 до 248,311 тыс. т CO₂ в зависимости от заменяемого вида ископаемого топлива. Стоимость сокращений выбросов ПГ в результате использования RDF-топлива может достигать 11 млн. долл. США в год.

Производство RDF-топлива приведет к снижению захоронения ТКО и, как следствие, к уменьшению выбросов CH₄ от полигонов. Выбросы CH₄ в CO₂ экв. от захоронения объемов ТКО, равных объемам возможного RDF-топлива, по областным городам и г. Минску в 2019 г. могли бы составить 100,863 тыс. т.

Список литературы

1. Об одобрении Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Указ Президента Республики Беларусь от 10 апреля 2000 г. № 177 [Электронный ресурс] // ЭТАЛОН-ONLINE. URL: https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q_id=2118916 (дата обращения: 06.07.2021).
2. Мелех Д. В. Разработка модели расчета выбросов парниковых газов в категории «Производственные отрасли и строительство» сектора «Энергетика» // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. 2020. № 2. С. 25–36.
3. Рамочная конвенция об изменении климата Организации Объединенных Наций [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convru.pdf (дата обращения: 06.07.2021).
4. О реализации положений Парижского соглашения к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 9 марта 2021 г. № 137 [Электронный ресурс] // Pravo.by. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100137> (дата обращения: 06.07.2021).
5. О присоединении Республики Беларусь к Киотскому протоколу к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Указ Президента Республики Беларусь от 12 августа 2005 г. № 370 [Электронный ресурс] // ЭТАЛОН-ONLINE. URL: <https://etalonline.by/webnpa/text.asp?RN=P30500370> (дата обращения: 06.07.2021).
6. Лаевская Е. В. Состояние и перспективы формирования климатического законодательства Республики Беларусь // Право в современном белорусском обществе: сб. науч. тр. / Нац. центр законодательства и правовых исследований Респ. Беларусь; редкол.: Н. А. Карпович (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2016. Вып. 11. С. 362–371.
7. Решение конференции сторон Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций 1/CP.20 [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/eng/10a01.pdf> (дата обращения: 06.07.2021).
8. Решение конференции сторон Рамочной конвенции об изменении климата Организации Объединенных Наций 1/CP.24 [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/10a1.pdf> (дата обращения: 06.07.2021).
9. Доклад конференции сторон, действующей в качестве совещания сторон Парижского соглашения, о работе ее первой сессии, состоявшейся в Катовице 2–15 декабря 2018 года [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_03a01E.pdf (дата обращения: 06.07.2021).
10. Решение 9/CMA.2 конференции сторон, действующей в качестве совещания сторон Парижского соглашения, о работе ее второй сессии, состоявшейся в Мадриде 2–15 декабря 2019 года [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2019_06a01E.pdf (дата обращения: 06.07.2021).
11. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. 2006. Т. 2. Энергетика. Гл. 1. Введение [Электронный ресурс] // Институт глобальных экологических стратегий (Япония). URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf (дата обращения: 06.07.2021).
12. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. 2006. Т. 5. Отходы. Гл. 5. Инсинерация и открытое сжигание отходов [Электронный ресурс] // Институт глобальных экологических стратегий (Япония). URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf (дата обращения: 06.07.2021).

13. Результаты научно-исследовательской работы «Выполнить анализ возможностей использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативных видов топлива и разработать научно обоснованный комплекс мер по их практическому применению» по заданию 2.1.1 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 гг. // Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология». URL: https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2021/08/Scientific_research_on-MSW-using_as-RDF-Bel-SRC_Ecology-2018.pdf (дата обращения: 06.07.2021).

14. Об утверждении Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 августа 2016 г. № 664 [Электронный ресурс] // Совет Министров Республики Беларусь. URL: <http://government.by/ru/solutions/2598> (дата обращения: 06.07.2021).

15. Численность населения на 1 января 2020 г. по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов и поселков городского типа [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_16754/ (дата обращения: 06.07.2021).

16. Образование отходов за 2005–2020 гг. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii/2-i-othody/i-1-obrazovanie-othodov/> (дата обращения: 06.07.2021).

17. Мелех Д. В. Переход на методологию уровня 2 при оценке выбросов диоксида углерода от стационарного сжигания природного газа // Природные ресурсы. 2020. № 2. С. 125–134.

18. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. 2006. Т. 2. Энергетика. Гл. 2. Стационарное сжигание топлива [Электронный ресурс] // Институт глобальных экологических стратегий (Япония). URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf#page=18 (дата обращения: 06.07.2021).

19. Государственный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь 1990–2019 гг. [Электронный ресурс] // Секретариат РКИК ООН. URL: <https://unfccc.int/documents/271557> (дата обращения: 06.07.2021).

References

1. *Ob odobrenii Ramochnoy konventsii Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy ob izmenenii klimata: Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus' ot 10 aprelya 2000 goda № 177* [On approval of the United Nations Framework Convention on Climate Change: Decree of the President of the Republic of Belarus, 10.04.2000, no. 177]. Available at: https://etalonline.by/document/?regnum=p30000177&q_id=2118916 (accessed 06.07.2021).

2. Melekh D. V. Development of a model for calculation greenhouse gas emissions in the category “Manufacturing industries and construction” in the “Energy” sector. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald of Polotsk State University], series F, 2020, no. 2, pp. 25–36 (In Russian).

3. *Ramochnaya konventsiya ob izmenenii klimata Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy* [United Nations Framework Convention on Climate Change]. Available at: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. (accessed 06.07.2021).

4. *O realizatsii polozheniy Parizhskogo soglasheniya k Ramochnoy konventsii Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy ob izmenenii klimata: postanovleniye Soveta Ministrov Respubliki Belarus' ot 9 marta 2021 goda № 137* [On the implementation of the provisions of the Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 09.03.2021, no. 137]. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100137> (accessed 06.07.2021).

5. *O prisoyedinenii Respubliki Belarus' k Kiotskomu Protokolu k Ramochnoy konventsii Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy ob izmenenii klimata: Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus' ot 12 avgusta 2005 goda № 370* [On the accession of the Republic of Belarus to the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change: Decree of the President of the Republic of Belarus, 12.08.2005, no. 370]. Available at: <https://etalonline.by/webnpa/text.asp?RN=P30500370> (accessed 06.07.2021).

6. Laevskaya E. V. State and prospects for the formation of the climate legislation of the Republic of Belarus. *Pravo v sovremennom belorusskom obshchestve: sbornik nauchnykh trudov* [Law in modern Belarusian society: collection of research papers], Minsk, 2016, issue 11, pp. 362–371 (In Russian).

7. *Resheniye konferentsii storon Ramochnoy konventsii ob izmenenii klimata Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy I/CP.20* [Decision of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention

on Climate Change 1/CP.20]. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/eng/10a01.pdf> (accessed 06.07.2021).

8. *Resheniye Konferentsii Storon Ramochnoy Konventsii ob Izmenenii Klimata Organizatsii Ob"yed-inennykh Natsiy 1/CP.24* [Decision of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change 1/CP.24]. Available at: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/10a1.pdf> (accessed 06.07.2021).

9. *Doklad konferentsii storon deystvuyushchey v kachestve soveshchaniya storon Parizhskogo soglashe-niya o rabote ee pervoy sessii, sostoyavsheysya v Katovitse 2–15 dekabrya 2018 goda* [Report of the Con-ference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on the third part of its first session, held in Katowice from 2 to 15 December 2018]. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/re-source/cma2018_03a01E.pdf (accessed 06.07.2021).

10. *Resheniye 9/CMA.2 konferentsii storon deystvuyushchey v kachestve soveshchaniya storon Parizh-skogo soglashe-niya o rabote ee vtoroy sessii, sostoyavsheysya v Madride 2–15 dekabrya 2019 goda* [Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its second session, held in Madrid from 2 to 15 December 2019]. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/re-source/cma2019_06a01E.pdf (accessed 06.07.2021).

11. *Rukovodyashchiye printsipy provedeniya natsional'nykh inventarizatsiy parnikovykh gazov MGEIK*. [Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC], 2006, vol. 2. Energy, chapter 1. Introduction. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Intro-duction.pdf (accessed 06.07.2021).

12. *Rukovodyashchiye printsipy provedeniya natsional'nykh inventarizatsiy parnikovykh gazov MGEIK*. [Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC], 2006, vol. 5. Waste, chapter 5. Incineration and Open Burning of Waste. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf (accessed 06.07.2021).

13. *Rezul'taty nauchno-issledovatel'skoy raboty "Vypolnit' analiz vozmozhnostey ispol'zovaniya tverdykh kommunal'nykh otkhodov v kachestve al'ternativnykh vidov topliva i razpobotat' nauchno obosno-vannyi kompleks mer po ikh prakticheskomu primemeniyu" po zadaniyu 2.1.1 podprogrammy II GNTF "Prirodopol'zovaniye i ekologicheskiye riski", 2016–2020* [Results of the research work "Analysis of the possibilities of using solid municipal waste as alternative fuels and develop a scientifically grounded set of measures for their practical application" according to assignment 2.1.1 of subprogram II of the State Scien-tific and Production Enterprise "Environmental Management and Environmental Risks", 2016–2020.] Avail-able at: https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2021/08/Scientific_research_on-MSW-using_as-RDF-Bel-SRC_Ecology-2018.pdf (accessed 06.07.2021).

14. *Ob utverzhdenii Kontseptsii sozdaniya moshchnostey po proizvodstvu al'ternativnogo topliva iz tverdykh kommunal'nykh otkhodov i ego ispol'zovaniya: postanovleniye Soveta Ministrov Respubliki Bela-rus' ot 22 avgusta 2016 № 664* [On approval of the Concept for the creation of capacities for the production of alternative fuel from solid municipal waste and its use: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 22.08.2016, no. 664]. Available at: <http://government.by/ru/solutions/2598> (accessed 06.07.2021).

15. *Chislennost' naseleniya na 1 yanvarya 2020 goda po Respublike Belarus' v razreze oblastey, ray-onov, gorodov i poselkov gorodskogo tipa* [Population as of January 1, 2020 in the Republic of Belarus in the context of regions, districts, cities and urban-type settlements]. Available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_16754/ (accessed 06.07.2021).

16. *Obrazovaniye otkhodov za 2005–2020* [Waste generation for 2005–2020]. Available at: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovmestnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-1-obrazovanie-othodov/> (acces-sed 06.07.2021).

17. Melekh D. V. Transition to the Tier 2 Methodology for Estimating Carbon Dioxide Emissions from Stationary Combustion of Natural Gas. *Prirodnyye resursy* [Natural Resources], 2020, no. 2, pp. 125–314 (In Russian).

18. *Rukovodyashchiye printsipy provedeniya natsional'nykh inventarizatsiy parnikovykh gazov MGEIK* [Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC], 2006, vol. 2. Energy, chapter 2. Stationary Combustion. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf#page=18 (accessed 15.02.2021).

19. *Gosudarstvennyy kadastr antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorptsii poglotitelyami par-nikovykh gazov Respubliki Belarus' 1990–2019* [The state cadastre of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases of the Republic of Belarus 1990–2019]. Available at: <https://un-fccc.int/documents/271557> (accessed 06.07.2021).

Информация об авторах

Мелех Дмитрий Владимирович – заместитель заведующего отделом международного научного сотрудничества. РУП «Бел НИЦ «Экология» (220095, г. Минск, ул. Якубова, 76, Республика Беларусь). E-mail: melekhdim@gmail.com

Михалевич Руслан Васильевич – директор. РУП «Бел НИЦ «Экология» (220095, г. Минск, ул. Якубова, 76, Республика Беларусь). E-mail: ecologyhelp2@gmail.com

Наркевич Иван Петрович – доктор технических наук, доцент, заведующий отделом международного научного сотрудничества. РУП «Бел НИЦ «Экология» (220095, г. Минск, ул. Якубова, 76, Республика Беларусь). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru

Information about the authors

Melekh Dzmitry Vladimirovich – Deputy Head of the Department of International Scientific Cooperation. RUE “BRC “Ecology” (76, Yakubova str., 220095, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: melekhdim@gmail.com

Mikhalevich Ruslan Vasil’evich – director. RUE “BRC “Ecology” (76, Yakubova str., 220095, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ecologyhelp2@gmail.com

Narkevitch Ivan Petrovich – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of International Scientific Cooperation. RUE “BRC “Ecology” (76, Yakubova str., 220095, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru

Поступила 10.07.2021