

## **Разработка национального коэффициента выбросов диоксида углерода от производства технического углерода (сажи) на предприятиях Российской Федерации**

*Э.Ю. Бакурова\*, Е.В. Имшенник, А.И. Нахутин*

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»,  
Россия, 107258, Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

\*Адрес для переписки: *e.bakurova@igce.ru*

**Реферат.** Выбросы диоксида углерода от нефтехимического производства в российском национальном кадастре являются ключевой категорией. До 95% вклада выбросов  $\text{CO}_2$  в структуру выбросов в этой категории вносят производства этилена, метанола и технического углерода. Уточнение оценки выбросов от нефтехимического производства необходимо для снижения неопределенности расчетов выбросов  $\text{CO}_2$ . В статье представлены результаты расчета национального коэффициента выбросов  $\text{CO}_2$  от производства технического углерода по данным предприятий-производителей. Национальный коэффициент выбросов рассчитан по методике уровня 2 МГЭИК, основанной на расчете массового баланса углерода в производственном цикле. Коэффициент рассчитан по данным шести крупнейших производителей технического углерода путем определения индивидуальных коэффициентов выбросов для отдельных производств и дальнейшем расчетом средневзвешенного по объемам производства значения. Коэффициенты выбросов существенно зависят от структуры потребляемого сырья. Применение в производстве газового сырья существенно снижает выход целевого продукта и увеличивает образование диоксида углерода до 12 и выше тонн  $\text{CO}_2/\text{т}$  технического углерода. Менее углеродоемким является потребление жидкого и твердого углеродсодержащего сырья – удельное образование  $\text{CO}_2$  доходит до 2.07 т  $\text{CO}_2/\text{т}$  технического углерода. Национальный коэффициент составил 3.178 т  $\text{CO}_2/\text{т}$  технического углерода, что на 21% выше коэффициента по умолчанию МГЭИК, использованного ранее. Неопределенность коэффициента рассчитана по методике 1 уровня МГЭИК и составила  $\pm 5\%$ .

**Ключевые слова.** Диоксид углерода, парниковые газы, нефтехимическая промышленность, технический углерод

## **Developing of national carbon dioxide emission factor from carbon black production at the enterprises of the Russian Federation**

*E.Yu. Bakurova\*, E.V. Imshennik, A.I. Nakhutin*

---

**Abstract.** Carbon dioxide emissions from petrochemical production are a key category in the Russian national greenhouse gas inventory. Up to 95% of CO<sub>2</sub> emissions in this category come from the production of ethylene, methanol, and carbon black. Refining emissions estimates for petrochemical production is necessary to reduce uncertainty in CO<sub>2</sub> emissions estimates. This paper presents the results of developing a national CO<sub>2</sub> emission factor for carbon black production based on data from manufacturing enterprises. The national emission factor was developed using the IPCC Tier 2 methodology, which relies on a carbon mass balance approach across the production cycle. The factor was developed using data from six major carbon black enterprises by determining individual emission factors for specific production facilities and then computing a production-weighted average. Emission factors are highly dependent on the feedstock structure. The use of gaseous feedstock significantly reduces target product yield and increases CO<sub>2</sub> generation to 12 or more tons of CO<sub>2</sub> per ton of carbon black. In contrast, the utilization of liquid and solid feedstock substantially reduces CO<sub>2</sub> emissions, with specific CO<sub>2</sub> emissions reaching up to 2.07 tons of CO<sub>2</sub> per ton of carbon black. The national emission factor was determined to be 3.178 tons of CO<sub>2</sub> per ton of carbon black, which is 21% higher than the default IPCC factor previously used. The uncertainty of the factor, calculated using the IPCC Tier 1 methodology, was estimated at ±5%.

**Key words.** Carbon dioxide, greenhouse gases, petrochemical industry, carbon black.

## Введение

Настоящая работа посвящена разработке национального коэффициента выбросов диоксида углерода от производства технического углерода (ТУ), ее целью было совершенствование оценки выбросов диоксида углерода от нефтехимической промышленности в национальном кадастре выбросов парниковых газов Российской Федерации.

В соответствии с руководством Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), среди продуктов производства нефтехимической промышленности оцениваются выбросы CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> от метанола, этилена и пропилена, этилендихлорида, окиси этилена и акрилонитрила. Выбросы CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> от производства ТУ включены в данную категорию несмотря на то, что он не считается нефтехимическим продуктом, поскольку он производится из нефтехимического сырья. Оценка выбросов CO<sub>2</sub> в российском национальном кадастре выбросов парниковых газов осуществлялась по методике первого уровня МГЭИК, в связи с отсутствием подробных данных о технологических особенностях российских производств.

Выбросы CO<sub>2</sub> от нефтехимического производства в российском национальном кадастре являются ключевой категорией. В 2021 году доля выбросов

парниковых газов в национальном кадастре от этой категории без учета сектора Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство составила 0.81% (НДК, 2023). Основным парниковым газом в структуре категории является диоксид углерода с долей в 2021 году 96.4%. В связи с этим, оценка выбросов CO<sub>2</sub> от нефтехимических производств и производства ТУ должна производиться по методике 2 уровня МГЭИК, учитывающей национальные технологические особенности производств в Российской Федерации. Производство ТУ является одним из крупнейших эмитентов CO<sub>2</sub> в категории нефтехимических производств, уступая только производству этилена и метанола. Совокупный вклад в выбросы CO<sub>2</sub> от нефтехимии, который вносят эти три источника, достигает 95%.

### **Анализ текущего состояния отрасли производства ТУ, обзор предприятий**

По состоянию на 2023 год в Российской Федерации функционирует более восьми производителей ТУ. Шесть крупнейших из них, представленных в табл. 1, производят более 98% ТУ.

**Таблица 1.** Крупнейшие в Российской Федерации производители ТУ

**Table 1.** The largest producers of carbon black in Russian Federation

№	Название предприятия	Производственная мощность, тыс. тонн/год	Технология производства
1	АО «Ярославский технический углерод имени В.Ю. Орлова»	350	Печная
2	ОАО «Омсктехуглерод»	280	Печная
3	АООТ «Волгоградский завод технического углерода»	200	Печная
4	АО «Нижекамсктехуглерод»	113	Печная
5	ОАО «Туймазинский завод техуглерода»	35	Печная
6	Сосногорский газоперерабатывающий завод ООО «Газпром переработка»	30	Печная
		15	Термическая

Производство ТУ преимущественно осуществляется по двум технологиям – печной и термической. В основе классификации процессов его производства лежит тип сырья и химического процесса. Печная технология представляет собой процесс термоокислительного разложения остатков переработки нефти и угля, а также природного газа. В основе термической технологии лежит процесс термического разложения, преимущественным сырьем является природный газ. Эти различия обуславливают возможности получения отличных друг от друга марок ТУ. Технологии также характеризуются разными возможными выходами целевого продукта – печная технология позволяет получать ТУ с выходом 40-60%, а термическая – до 30%.

Помимо упомянутых технологий, производство ТУ возможно с использованием канального и ацетиленового метода, однако в настоящее время в Российской Федерации они не применяются. Для получения ТУ в России наиболее широко используется печная технология, производственные мощности которой составляют более 95% всех мощностей производства ТУ в стране.

Термическая технология реализована на единственном в России предприятии в г. Сосногорске. Этот завод производит ТУ на двух линиях. Второй из применяемых на предприятии технологий является печная технология, однако это единственное предприятие в стране, на котором она реализована с потреблением газового сырья.

Помимо технологических различий, для производства ТУ на разных предприятиях используется различное сырье. Преобладающими типами сырья в целом по стране являются каталитические газойли, мазуты и тяжелые смолы пиролиза, на одном предприятии производство осуществляется из газового сырья – сухого отбензиненного газа и газа стабилизации. На всех предприятиях топливом выступает природный газ, одновременно выступающим в роли вторичного сырья, так как углерод из природного газа также переходит в целевой продукт производства.

### Разработка коэффициента выбросов

Методика уровня 2 МГЭИК для нефтехимической промышленности представляет собой метод, основанный на балансе углерода для конкретного сырья и процесса. Он используется для расчета разницы между количеством углерода, введенным в производственный процесс в составе первичного и вторичного сырья, и количеством углерода, выходящем из процесса в составе продукта производства. Полученное количество углерода, выходящего из процесса, умножается на коэффициент перевода  $C$  в  $CO_2$ . Данная методика включает допущение о том, что весь углерод, введенный в процесс, перешел либо в продукты производства, либо в  $CO_2$ . Для расчетов использовалось уравнение (1) (IPCC, 2006):

$$E_{CO_2} = (\sum(F A_k \cdot F C_k) - C P \cdot C C) \cdot 44 / 12, \quad (1)$$

где:

$E_{CO_2}$  – выбросы  $CO_2$  от производства технического углерода, тонны,

$F A_k$  – годовое потребление сырья  $k$ , тонны,

$F C_k$  – содержание углерода в сырье  $k$ , %,

$C P$  – годовое производство технического углерода, тонны,

$C C$  – содержание углерода в техническом углероде, %.

Коэффициент выбросов от производства ТУ рассчитывался по формуле (2):

---

$$EF_{CO_2} = \frac{E_{CO_2}}{CP}, \quad (2)$$

где:

$EF_{CO_2}$  – коэффициент выбросов  $CO_2$  от производства ТУ, т  $CO_2$ /т ТУ,

$E_{CO_2}$  – выбросы  $CO_2$  от производства ТУ за год, тонны,

$CP$  – годовое производство ТУ, тонны.

Элементарный состав сырья представлен в табл. 2. Он определялся как по литературным данным, так по информации, полученной от предприятий.

**Таблица 2.** Элементарный состав сырья для производства ТУ

**Table 2.** The elemental composition of feedstock for carbon black production

Наименование сырья	Элементарный состав, масс. %			
	С	Н	S	N (O)
Первичное сырье – основное				
Масло антраценовое (Гюльмисарян, Гилязетдинов, 1975)	90.6	6.4	0.5	0.6 (2.1)
Тяжелый газойль каталитического крекинга (Ивановский, 2004)	90.6	7.1	-	-
Смола пиролизная тяжелая (Мухамедзянова и др., 2012)	91.4	7.8	0.2	-
Остаток тяжелый нефтяной:				
Гудрон (Ахметов, 1997)	85.1	10.7	3.4	0.5
Смолы (Мусина, 2014)	79-87	1-2	5.1±0.4	0.5±0.1 (1.0±0.2)
Асфальтены (Мусина, 2014)	85±3	8.1±0.7	-	-
Смола каменноугольная (Павлович, 2006)	92	5.5	0.7	0.9 (1.6)
Коксохимическое сырье:				
Антраценовая фракция (Кузнецов и др., 2021)	87.6	5.2	-	-
Пековый дистиллят (Гюльмисарян, Гилязетдинов, 1975)	89.5	5.6	1.3	1.3±2.4
Мазут топочный (Рябцев, Волков, 1968)	87.6	10.5	0.7-1,0	1.0
СОГ (сухой отбензиненный газ) (Егорова, 2001)	74.7	-	-	-
Газ стабилизации (по данным ООО «Газпром переработка»)	72.0	-	-	-
Газ ароматизации (по данным ООО «Газпром переработка»)	74.3	-	-	-
Тяжелый остаток производства бензина (Мусина, 2014)	84.8	-	-	-
Вторичное сырье – присадки				

Наименование сырья	Элементарный состав, масс. %			
	С	Н	S	N (O)
Лигносulfонаты технические (по данным ООО «Омсктехуглерод»)	44.9	4.5	2	(29.9)
Полипласт ДТ-500.3НО (по данным ООО «Омсктехуглерод»)	38.2	-	-	-
Вторичное сырье – топливо				
Природный газ (по данным АО «ЯТУ им. В.Ю. Орлова»)	74.7	-	-	-

Элементарный состав ТУ определялся по данным предприятий, среднее содержание компонентов в продукте производства представлено в табл. 3.

**Таблица 3.** Химический состав ТУ разных способов получения

**Table 3.** Chemical composition of carbon black by production method

Элемент	Массовая доля, %		
	печной	термический	канальный
Углерод	98.0-99.0	≥99.0	92.0-96.0
Кислород	<1.0	<0.3	3.0-7.0
Водород	<0.4	0.4	0.5
Сера	0.5-1.8	<0.1	<0.1

Сотрудничество с предприятиями позволило получить непосредственные данные о производственных параметрах за разное время, Наиболее полный набор данных был получен от ООО «Газпром переработка» и ООО «Омсктехуглерод», однако, в виду отсутствия более подробных данных от иных предприятий, расчет национального коэффициента производился по данным 2022 года,

От производителей были получены следующие данные:

1. Объем производства ТУ по маркам и применяемой технологии производства.
2. Масса первичного сырья, использованного в производстве ТУ, по видам.
3. Масса вторичного сырья (природного газа), использованного в производстве ТУ.
4. Характеристики вторичного сырья (состав природного газа и его плотность).

В табл. 4 представлены обобщенные данные объемов произведенного ТУ в 2022 году, объемы и типы использованного сырья.

Расчет национального коэффициента выбросов производился путем расчета средневзвешенного значения между коэффициентами выбросов каждого предприятия, представленными в табл. 5, и объемами их производства.

**Таблица 4.** Объемы использованного сырья и производства ТУ

**Table 4.** Volumes of feedstock consumption and carbon black produced

Тип использованного сырья	Масса потребленного сырья, т	Масса потребленного природного газа, т	Произведено ТУ
<i>Печная технология производства</i>			
Жидкое сырье	1532215.0	297574.0	878998.0
Газообразное сырье	65514.0	-	11501.0
<i>Термическая технология производства</i>			
Газообразное сырье	28662.0	-	5346.0

**Таблица 5.** Коэффициенты выбросов предприятий-производителей ТУ

**Table 5.** Emission factors of carbon black manufacturing facilities

Предприятие	Рассчитанный коэффициент выбросов	
	2015	2022
<i>Печная технология производства</i>		
ОАО «Гуймазинский завод теухглерода»	2.07 <sup>1)</sup>	2.07
АО «ЯТУ им. В,Ю, Орлова»	3.16	2.89
АО «Нижекамсктеухглерод»	3.05	2.88
ООО «Омсктеухглерод»	2.60 <sup>2)</sup>	3.17
Волгоградский филиал ООО «Омсктеухглерод»	2.72 <sup>2)</sup>	3.51
ООО «Газпром переработка»	11.60	12.00
<i>Термическая технология производства</i>		
ООО «Газпром переработка»	9.32	11.50

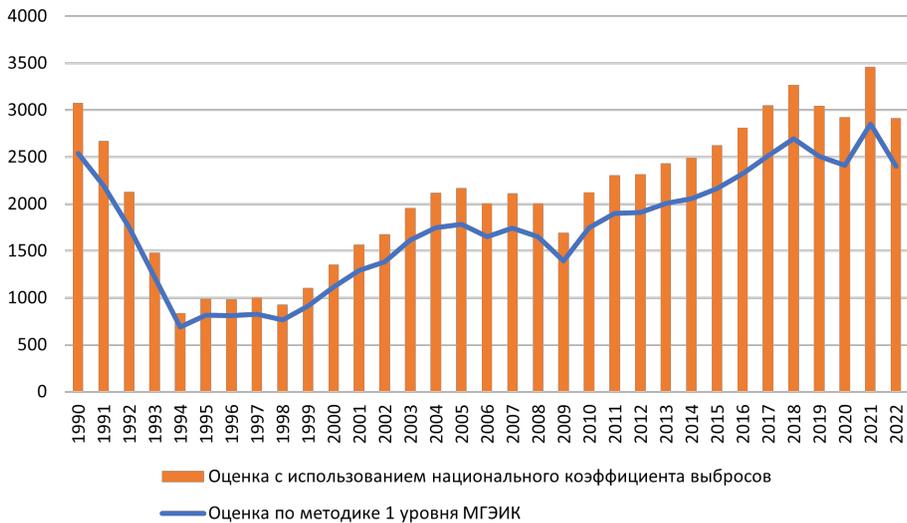
**Примечания:** 1. Коэффициент за 2022 год.  
 2. Коэффициенты за 2017 год.

В силу того, что термическая технология производства ТУ в России реализована на единственном предприятии, производственные мощности которого составляют менее 5% от всех мощностей в стране, расчет средневзвешенного коэффициента производился единожды для всех технологий производства.

Повышенные коэффициенты выбросов у предприятия ООО «Газпром переработка» связаны с применением на производстве исключительного газового сырья, особенность использования которого связана со сравнительно низким выходом целевого продукта в процессе производства, что влечет за собой существенное увеличение выбросов CO<sub>2</sub>.

Было произведено определение средневзвешенного по объемам производства коэффициента выбросов для 2022 и 2015 годов. Далее путем расчета между ними среднего значения был получен национальный коэффициент выбросов, составивший 3.178 т CO<sub>2</sub>/т ТУ, превышающий коэффициент по умолчанию МГЭИК на 21%.

Сравнение объемов выбросов CO<sub>2</sub> от производства ТУ в 1990-2022 гг, с использованием коэффициента выбросов по умолчанию и рассчитанного в рамках данной работы национального коэффициента выбросов представлено на рис. 1.



**Рисунок 1.** Сравнение результатов оценки выбросов CO<sub>2</sub> от производства ТУ по методике 1 уровня МГЭИК и с использованием разработанного национального коэффициента выброса, Гг

**Figure 1.** Comparison of CO<sub>2</sub> emission estimates from carbon black production using IPCC Tier 1 methodology and the developed national emission factor, Gg

Диапазон неопределенности оценки выбросов при использовании метода материального баланса по данным отдельных предприятий, согласно (IPCC, 2006), составляет  $\pm 5\%$ .

Полученные результаты уникальны для мировой практики национальной инвентаризации выбросов диоксида углерода от производства ТУ – в базе данных коэффициентов выбросов МГЭИК (IPCC-EFDB) отсутствуют какие-либо разработанные коэффициенты выбросов для данного источника, кроме коэффициентов МГЭИК по умолчанию, что делает невозможным сравнения полученных результатов с данными Нацкадастров других стран и подчеркивает актуальность проведенного исследования".

## Выводы

Отрасль производства ТУ в России представлена шестью крупнейшими предприятиями, суммарно производящими более 98% ТУ в стране, Преимущественной технологией производства является печная технология, с применением которой производится 99% ТУ.

Печная технология, в сравнении с термической, обеспечивает более высокий выход целевого продукта (до 60%), применение печного метода несет в себе преимущество в виде снижения удельного образования CO<sub>2</sub>.

Основным сырьем для производства ТУ в стране являются богатые углеродом газойлевые фракции термоллиза и каталитического крекинга, антраценовая фракция и различные углеводородные смеси, образующиеся в процессах переработки нефти и производства нефтехимических продуктов, Газовое сырье применяется на единственном предприятии, чья доля производства на рынке составляет менее 2%. Применение газового сырья в производстве существенно повышает удельное образование  $\text{CO}_2$ , из-за сравнительно низкого выхода целевого продукта производства,

Рассчитанный национальный коэффициент выбросов  $\text{CO}_2$  от производства ТУ составил 3.178 т  $\text{CO}_2$ /т технического углерода, что на 21% выше коэффициента по умолчанию МГЭИК, применявшегося ранее.

Применение метода материального баланса по данным отдельных предприятий позволило снизить неопределенность оценки выбросов  $\text{CO}_2$  до  $\pm 5\%$ .

*Работа выполнена в рамках проекта «Российская система климатического мониторинга» (ВИП-ГЗ) в 2023-2024 гг.*

### Список литературы

- Ахметов, С.А. (1997) *Физико-химическая технология глубокой переработки нефти и газа*, Учебное пособие. Часть 2, Уфа, УГНТУ, 304 с.
- Гюльмисарян, Т.Г., Гилязетдинов, Л.П. (1975) *Сырье для производства углеводных печных саж*, М., «Химия», 149 с.
- Егорова, С.Р. (2001) *Ароматизация алифатических углеводородов с использованием модифицированных цеолитсодержащих катализаторов*, диссертация... кандидата химических наук, 05.17.04. Казань, 150 с. ил, РГБ ОД, 61 02-2/47-7.
- Ивановский, В.И. (2004) *Технический углерод, Процессы и аппараты*, Учебное пособие, Омск, ОАО «Техуглерод», 228 с.
- Кузнецов, П.Н., Сафин, В.А., Авид, Б., Кузнецова, Л.И., Пурэвсурэн, Б., Исмагилов, З.Р. (2021) Термическое растворение углей ряда метаморфизма в антраценовой фракции смолы коксования, анализ корреляционных связей с химико-технологическими свойствами углей, *Химия твердого топлива*, № 2, с. 1-3.
- Мусина, Н.С. (2024) *Разработка способов определения элементного и углеводородного состава тяжелых нефтяных остатков*, диссертация... кандидата химических наук: 02.00.02. Москва, 186 с.
- Мухамедзянова, А.А., Гимаев, Р.Н., Хайбуллин, А.А., Теляшев, Э.Г. (2012) Исследование качественных характеристик тяжелой смолы пиролиза, *Вестник Башкирского университета*, т. 17, № 2, с. 909-915.
-

Павлович, О.Н. (2006) *Состав, свойства и перспективы переработки каменноугольной смолы*, Учебное электронное текстовое издание, Екатеринбург, УГТУ-УПО, 41 с.

Российская Федерация (2023) *Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2021 гг*, в 2 томах, М.

Рябцев, И.И., Волков, А.Е. (1968) *Производство газа из жидких топлив для синтеза аммиака и спиртов*, М., «Химия», 207 с.

IPCC (2006) 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe K. (eds.), Published: IGES, Japan.

*Intergovernmental panel on climate change – emission factor database*, URL: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp).

## References

Akhmetov, S.A. (1997) *Fiziko-khimicheskaya tekhnologiya glubokoy pererabotki nefi i gaza* [Physico-chemical technology of deep oil and gas processing, Textbook, Part 2], Ufa, UGNTU, Russia, 304 p.

Gyulmisaryan, T.G., Gilyazetdinov, L.P. (1975) *Syrre dlya proizvodstva uglerodnykh pechnykh sazh* [Raw materials for furnace carbon black production], Khimiya, Moscow, Russia, 149 p.

Egorova, S.R. (2001) *Aromatizatsiya alifaticheskikh uglevodorodov s ispolzovaniem modifitsirovannykh tseolitsoderzhashchikh katalizatorov* [Aromatization of aliphatic hydrocarbons using modified zeolite-containing catalysts] PhD thesis in Chemical Sciences, 05.17.04, Kazan, Russia, 150 p.

Ivanovskiy, V.,I. (2004) *Tekhnicheskii uglerod, Protsessy i apparaty* [Carbon black, Processes and equipment: Textbook], OAO "Tekhuglerod", Omsk, Russia, 228 p.

Kuznetsov, P.N., Safin, V.A., Avid, B., Kuznetsova, L.I., Purevsuren, B., Ismagilov, Z.R., (2021) *Termicheskoe rastvorenie ugley ryada metamorfizma v antratsenovoy fraktsii smoly koksovaniya: analiz korrelyatsionnykh svyazey s khimiko-tekhnologicheskimi svoystvami ugley* [Thermal dissolution of coals of different metamorphism stages in anthracene fraction of coking tar: analysis of correlations with chemical-technological properties of coals], *Khimiya tverdogo topliva*, no. 2, pp. 1-3.

Musina, N.S. (2014) *Razrabotka sposobov opredeleniya elementnogo i uglevodorodnogo sostava tyazhelykh neftyanykh ostatkov* [Development of methods for determining elemental and hydrocarbon composition of heavy oil residues] PhD thesis in Chemical Sciences: 02.00.02. Moscow, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, 186 p.

Mukhamedzyanova, A.A., Gimaev, R.N., Khaibullin, A.A., Telyashev, E.G. (2012) *Issledovanie kachestvennykh kharakteristik tyazheloy smoly piroliza* [Study of qualitative characteristics of pyrolysis heavy tar], *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, vol. 17, no. 2, pp. 909-915,

Pavlovich, O.N. (2006) *Sostav, svoystva i perspektivy pererabotki kamennougolnoy smoly* [Composition, properties and processing prospects of coal tar], Electronic textbook, Yekaterinburg, UGTU-UPO, Russia, 41 p.

Russian Federation (2023) *Natsionalnyy doklad o kadaстре antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorbsii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruemyykh Monreal'skim protokolom za 1990-2021 gg, v 2 tomakh* [National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not regulated by the Montreal Protocol for 1990-2021 in 2 volumes], Moscow, Russia.

Ryabtsev, I.I., Volkov, A.E., (1968) *Proizvodstvo gaza iz zhidkikh topliv dlya sinteza ammiaka i spirtov* [Gas production from liquid fuels for ammonia and alcohol synthesis], Khimiya, Moscow, Russia, 207 p.

IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., (eds, Published IGES, Japan.

*Intergovernmental panel on climate change – emission factor database*, URL: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp).

### **Для цитирования / Forcitation**

Бакурова, Э.Ю., Имшенник, Е.В., Нахутин, А.И. (2025) *Разработка национального коэффициента выбросов диоксида углерода от производства технического углерода (сажи) на предприятиях Российской Федерации*, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXVI, № 3-4, с. 8-18, doi:10.21513/0207-2564-2025-3-4-8-18.

Bakurova, E Yu., Imshennik, E.V., Nakhutin, A.I. (2025) *Developing of national carbon dioxide emission factor from carbon black production at the enterprises of the Russian Federation*, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, vol. XXXVI, № 3-4, с. 8-18, doi:10.21513/0207-2564-2025-3-4-8-18.