

ISSN 2782-3237

Экологический мониторинг и моделирование экосистем

Environmental Monitoring
and Ecosystem Modelling

Том XXXIV № 3-4



Москва 2023

Federal State Budgetary Institution
«Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology»
(FSBI «IGCE»)

**ENVIRONMENTAL MONITORING
AND ECOSYSTEM MODELLING**

Volume XXXIV

№ 3-4

Moscow 2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт глобального климата и экологии
имени академика Ю.А.Израэля»
(ФГБУ «ИГКЭ»)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ**

Том XXXIV № 3-4 2023 год

Научный редактор: С.Б. Сулова

Выпускающий редактор: В.А. Гинзбург

Технические редакторы:
И.М. Брускина,
Л.В. Кудрявцева

Верстка: Л.А. Прохорова

Фото на обложке:
А.В. Исаева
«Возрождение»
Фотовыставка ФГБУ «ИГКЭ»
«Природа России. Пейзажи», весна 2023 г.

Свидетельство о регистрации СМИ: от 15.03.2021 г.
Эл № ФС 77-80601

Москва 2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение
"Институт глобального климата и экологии
имени академика Ю.А.Израэля"
(ФГБУ "ИГКЭ")

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ**

Том XXXIV

№ 3-4

Москва 2023

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ

Том XXXIV № 3-4 2023 г.

Научный журнал, публикующий статьи о методах и результатах мониторинга загрязнения и состояния окружающей среды, по сопряженным вопросам моделирования. Публикуются также статьи о системах мониторинга и их функционировании, информационные материалы. Издание «Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем» выпускается с 1978 г. года. Для экологов, климатологов и специалистов в области охраны окружающей среды.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: Романовская А.А. (главный редактор), Брынцев В.А., Гинзбург В.А., Глазунов Ю.Б., Громов С.А., Есеркепова И.Б., Козулин А.В., Кухта А.Е. (зам. главного редактора), Лысенко А.В., Минин А.А., Мокиевский В.О., Назырова Р.И., Ольчев А.В., Папич Л., Разумовский Л.В., Сулова С.Б. (научный редактор), Терехович Т.И., Тихонова И.О., Тишков А.А., Трунов А.А. (ответственный секретарь), Шварц Е.А., Шуйская Е.А.

Все статьи рецензируются.

Адрес для первичного представления материалов для публикации: РФ, 107258 Москва, ул. Глебовская, д. 20Б, ИГКЭ, Трунову А.А.; e-mail: pemme@inbox.ru. Правила оформления рукописей и их представления для публикации – см. <http://www.igce.ru/>.

© Оформление издания: ФГБУ «ИГКЭ», 2023

ENVIRONMENTAL MONITORING AND ECOSYSTEM MODELLING

Volume XXXIV № 3-4 2023

A scientific journal publishing papers on methodologies and results of monitoring of pollution and state of the environment, as well as on associated modelling issues. Papers on monitoring systems and their functioning, and information materials are also invited. Published since 1978. The journal may be of interest for ecologists, climate scientists and experts in protection of the environment.

EDITORIAL BOARD: Romanovskaya A.A. (editor-in-chief), Bryntsev V.A., Ginzburg V.A., Glazunov Yu.B., Gromov S.A., Yesserkepova I.B., Kozulin A.V., Koukhta A.E. (deputy editor-in-chief), Lysenko A.V., Minin A.A., Mokievsky V.O., Nazyrova R.I., Olchev A.V., Papic L., Razumovsky L.V., Suslova S.B. (science editor), Terekhovich T.I., Tikhonova I.O., Tishkov A.A., Trunov A.A. (assistant editor), Shvarts E.A., Shouyskaya E.A.

All papers are subject for peer-reviewing.

Primary submission of manuscripts: Trunov A.A., IGCE, Glebovskaya str, 20B, 107258 Moscow, Russian Federation; e-mail: pemme@inbox.ru. Rules for the preparation and submission of manuscripts are available at <http://www.igce.ru/>.

© Design: FSBI “IGCE” 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СОБЫТИЯ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

К юбилею Анны Анатольевны Романовской.....	5
К юбилею Сергея Михайловича Семенова.....	7
100 лет кафедре Лесоводство, экология и защита леса Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана.....	11

ИССЛЕДОВАНИЯ

Бардин М.Ю., Платова Т.В., Попов И.О. Изменения статистики экстремумов температурного режима в зернопроизводящих регионах юга Европейской России и Западной Сибири.....	17
Максимова О.В., Кухта А.Е. Сравнительный анализ изменчивости линейных и радиальных приростов сосны обыкновенной в разных типах местообитаний государственного природного заповедника «КИВАЧ».....	45
Махрова Т.Г., Савченкова В.А. Устойчивость отдельных групп древесных растений в условиях высокой антропогенной нагрузки.....	62
Потютко О.М., Кандыба И.В., Медведев А.А. Эколого-фаунистическая характеристика зооперифитона контактной зоны озера Севан (Армения).....	77
Кожечкин В.В., Шишкин А.С., Хританков А.М. Изменения численности рыси и кабарги в заповеднике «Столбы» под влиянием естественных и антропогенных факторов.....	99

СООБЩЕНИЯ

Шушпанова Д.В., Голуб О.В., Санжаровский А.Ю. Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов в целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации.....	117
Крюкова С.А., Поликарпова Н.В., Зацаринный И.В., Шаврина У.Ю. Некоторые результаты работ по экологическому мониторингу в заповеднике "Пасвик".....	136

CONTENTS

EVENTS AND COMMEMORATIVE DATES

To the anniversary of Anna Anatolievna Romanovskaya.....	5
To the anniversary of Sergei Mikhailovich Semenov.....	7
100 years of the Forestry Higher School – the Department of Forestry, Ecology and Forest Protection of the Mytishchi branch of the Bauman Moscow State Technical University.....	11

STUDIES

Bardin M.Yu., Platova T.V., Popov I.O. Changes in statistics of temperature extremes in crop-yielding regions of southern European Russia and Western Siberia.....	17
Maksimova O.V., Koukhta A.E. Comparative analysis of Scots pine lineal and radial increments in different types of habitats of the "Kivach" state nature reserve.....	45
Makhrova T.G., Savchenkova V.A. Resistance of individual groups of woody plants under high anthropogenic load.....	62
Potyutko O.M., Kandyba I.V., Medvedev A.A. Ecological and faunistic characteristic of the zooperiphyton of the contact zone of lake Sevan (Armenia).....	77
Kozhechkin V.V., Shishikin A.S., Khritankov A.M. Changes in the number of lynx and musk deer in the Stolby Nature Reserve under the influence of natural and anthropogenic factors.....	99

MESSAGES

Shushpanova D.V., Golub O.V., Sanzharovskiy A.Yu. Benchmarking of the greenhouse gas emissions in the Russian pulp and paper industry.....	117
Kryukova S.A., Polikarpova N.V., Zatsarinny I.V., Shavrina U.Yu. Some results of environmental monitoring work in the Pasvik nature Pasvic Nature Reserve.....	136

Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов в целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации

Д.В. Шушпанова, О.В. Голуб, А.Ю. Санжаровский*

ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики»,
Российская Федерация, 141006, Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский проспект, 42

* Адрес для переписки: d.shushpanova@eipc.center

Реферат. В статье представлены предварительные результаты сопоставительного анализа удельных выбросов парниковых газов (ПГ) целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) в расчете на единицу выпускаемой предприятиями продукции (бенчмаркинга) в целях дальнейшего установления индикативных показателей удельных выбросов ПГ. Данные показатели являются ориентирами достижения углеродной нейтральности, направленные на определение возможностей повышения энергоэффективности производства, а также возможных стимулирующих решений, включая меры поддержки деятельности предприятий ЦБП по сокращению удельных выбросов ПГ.

В статье описаны основные этапы проведения бенчмаркинга, методический подход к оценке удельных выбросов ПГ, принципы формирования кривой бенчмаркинга, верхней и нижней границ индикативных показателей.

Рассмотрены меры государственной поддержки, а также основные технологии и мероприятия, которые позволят обеспечить сокращение удельных выбросов ПГ в промышленности и достижение целей Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

Ключевые слова. Целлюлозно-бумажная промышленность, производство бумаги и картона, бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов, наилучшие доступные технологии, энергоэффективность, ресурсоэффективность.

Benchmarking of the greenhouse gas emissions in the Russian pulp and paper industry

D.V. Shushpanova, O.V. Golub, A.Yu. Sanzharovskiy*

Federal State Autonomous Institution "Research Institute "Environmental Industrial Policy Center",
42, Olympic Avenue, Mytishchi, Moscow region, 141006, Russian Federation

*Corresponding author: d.shushpanova@eipc.center

Abstract. The article presents preliminary results of a comparative analysis of specific greenhouse gas (GHG) emissions from the pulp and paper industry (PPI) per unit of output produced by enterprises (benchmarking) in order to further establish indicators of specific GHG emissions. These indicators are guidelines for achieving carbon neutrality, aimed at identifying opportunities for increasing the energy efficiency of production, as well as possible incentive solutions, including measures to support the activities of pulp and paper enterprises to reduce specific GHG emissions.

The article describes the main stages of benchmarking, the methodological approach to estimate specific GHG emissions, the principles of forming the benchmarking curve and the upper and lower limits of indicative indicators.

State support measures are considered, as well as the main technologies and measures that will ensure the reduction of specific GHG emissions in industry and the achievement of the goals of the Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050.

Keywords. Pulp and paper industry, paper and cardboard production, greenhouse gas emission benchmarking, Best Available Techniques (BAT), energy efficiency, resource efficiency.

Введение

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) является ключевой отраслью в мире, а бумажная продукция входит в число основных экспортных товаров многих стран. Мировой объем производства целлюлозы в 2022 г. составил 200.4 млн тонн, а бумаги и картона – 415.3 млн тонн (ФАО Стат, 2023).

Лидерами ЦБП, по данным ФАО, являются страны Северной Америки, Азии и Европы, на которые приходится производство большей части мировой бумаги и целлюлозы. Российская Федерация в рейтинге лидеров-производителей продукции ЦБП занимает 8 место (рис. 1).

ЦБП в Российской Федерации является одной из ведущих и стратегически значимых отраслей и занимает четвертое место после производства газа, нефти, черных и цветных металлов. Она же является наиболее энерго-, материало- и капиталоемкой отраслью лесного комплекса, выпускающей продукцию глубокой химической переработки древесины. При этом объемы выбросов загрязняющих веществ в сравнении с другими отраслями промышленности у ЦБП незначительны (рис. 2).

Производство продукции ЦБП требует больших затрат тепловой энергии главным образом из-за большого количества воды, испаряющейся при сушке целлюлозы. При этом общее потребление энергии производства продукции ЦБП складывается из использования в производственных процессах природного газа, электрической и тепловой энергии (рис. 3), где затраты только на электроэнергию составляют до 20% себестоимости продукции (Лахтиков, Пинягина, 2021).

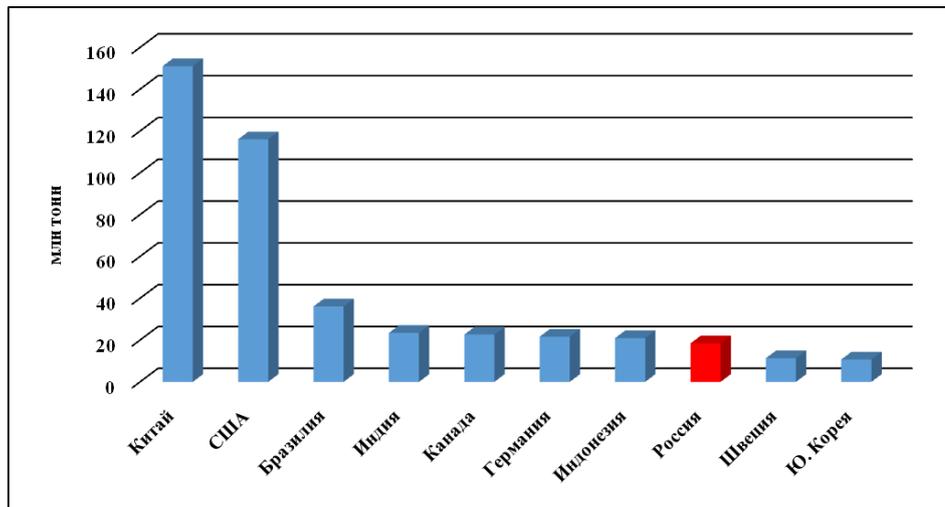


Рисунок 1. Топ-10 стран - производителей целлюлозы, бумаги и картона в 2022 г.
 (составлено авторами по *FAO Stat*, 2023)

Figure 1. Top-10 Producing countries of pulp, paper and cardboard in 2022
 (compiled by the authors using *FAO Stat* data (2023))

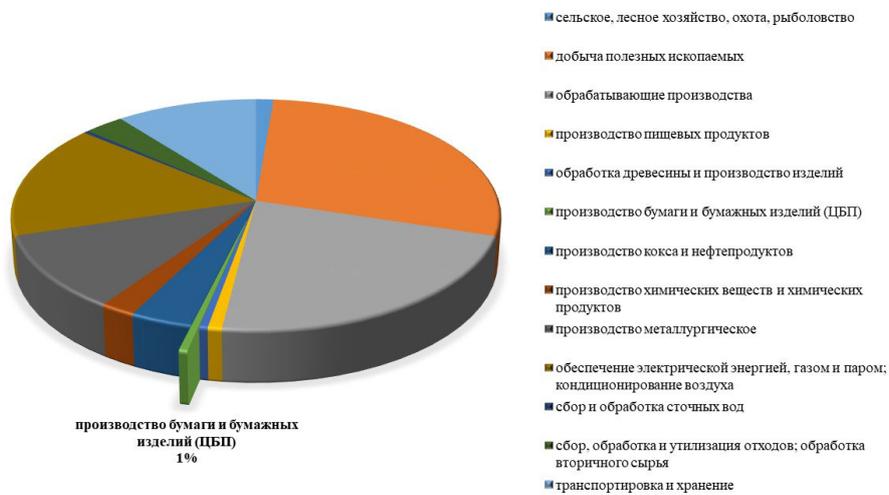


Рисунок 2. Сравнительная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями ЦБП в сравнении с другими отраслями (за 2020 г., тыс. тонн)
 (составлено авторами по данным *ИТС НДТ 1-2022*)

Figure 2. Share of pollutant emissions by pulp and paper industry in comparison with other industries (for 2020, thousand tons)
 (compiled by the authors based on data of *BAT Reference Document "Pulp and paper production"*)

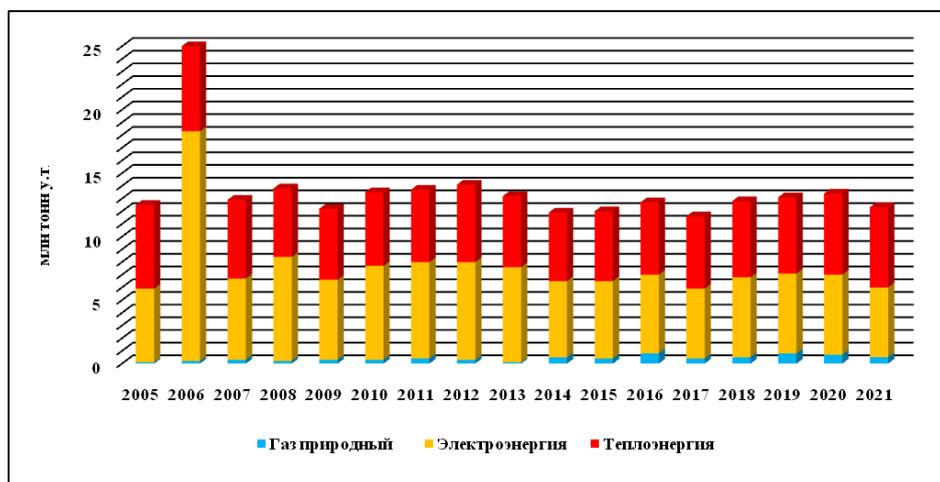


Рисунок 3. Общее потребление энергии производства бумажных изделий с 2005 по 2021 гг. (по некоторым видам энергоресурсов), млн т у.т. (составлено авторами по данным (Росстат, 2023))

Figure 3. Total energy consumption of paper production from 2005 to 2021 (for some types of energy), million tons of standard fuel (compiled by the authors based on data from (Rosstat, 2023))

Учитывая прогнозы увеличения общего объема производства продукции ЦБП к 2030 г. (IEA, 2023), предприятиям отрасли ЦБП необходимо приложить усилия для сокращения энергопотребления, выбросов парниковых газов (ПГ), а также выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду путем повышения энергоэффективности производственных процессов и перевода традиционных источников энергии на биологическое древесное топливо (например, кору, сучья, отбракованную технологическую щепу, низкосортную древесину и др.) (ИТС НДТ 1-2022). Заметим, что совокупные выбросы ПГ в 2021 г. составили 2 157 млн тонн CO_2 -эквивалента в год (Росстат, 2022; Национальный Доклад ..., 2023).

Наиболее значимым и экономически эффективным способом сокращения энергопотребления и выбросов парниковых газов является повышение энергоэффективности (Peng et al., 2015; Worrell et al., 2009; IPCC, 2014). В целях достижения экономически оправданной энергоэффективности необходимо также соблюдение международных климатических документов (РКИК ООН, 1992; Киотский протокол ..., 1997; Парижское соглашение..., 2015) путем принятия национальных планов по снижению выбросов ПГ, технологическому перевооружению, переходу на низкоуглеродную экономику и международному обмену зелеными технологиями (ТАСС, 2019).

Российская Федерация, ратифицировав Парижское соглашение, поставила цель обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года, создать условия по сокращению и предотвращению выбросов ПГ и увеличению их поглощения (Росстат, 2022). Кроме того, утверждена Стратегия социально-экономического развития РФ с

низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (далее – Стратегия), предусматривающая инерционный и целевой (интенсивный) сценарии (РП РФ № 3052-р, 2021).

Инерционный сценарий предполагает использование технологий с низким уровнем выбросов ПГ, характеризующихся максимальной экономической эффективностью и экспортным потенциалом. Такой технологией в ЦБП является, например, производство бумаги и картона из макулатурного сырья.

Также, в рамках реализации инерционного сценария допускается переход на наилучшие доступные технологии (НДТ) и установление показателей ресурсной и энергетической эффективности в информационно-технических справочниках по НДТ (ИТС НДТ) (Скобелев и др., 2018).

Инерционный сценарий в ближайшем горизонте планирования не позволяет достичь «углеродной нейтральности», поэтому предполагается реализация целевого (или интенсивного) сценария, обеспечивающего развитие зеленых проектов, увеличивающих энергетическую эффективность промышленности, в том числе ЦБП, и предотвращающих выбросы ПГ до 20% (Шаповалов, 2021).

Кроме того, целевой (интенсивный) сценарий предполагает:

- разработку нормативной базы достижения целевых показателей выбросов ПГ в различных секторах экономики, в том числе ЦБП, с учетом гармонизации этих показателей с международными аналогами;

- развитие системы публичной нефинансовой отчетности в целях обеспечения информационной открытости компании и, как итог, повышения доверия и привлечения крупных международных инвесторов, а также успешного листинга на биржах мира;

- применение стандартов системы валидации и верификации климатических проектов и верификации углеродной отчетности (РП РФ № 3052-р, 2021).

Итогом реализации целевого (интенсивного) сценария станет снижение ресурсо- и энергоемкости экономики РФ и, как итог, ожидается сокращение уровня выбросов ПГ на предприятиях ЦБП.

Таким образом, согласно Стратегии, приоритетом развития энергоэффективности предприятий ЦБП в настоящее время являются развитие зеленых технологий, снижение материалоемкости и энергоемкости производства, рост использования биологических ресурсов, побочных продуктов переработки древесины и других возобновляемых источников для производства энергии. Кроме того, использование макулатуры взамен древесного сырья и биотоплива взамен ископаемых видов топлива позволит снизить удельные выбросы ПГ на 25-30% и даст значительную экономию ресурсов (Юлкин, 2022).

В целях реализации Стратегии на территории РФ внедрены принципы НДТ, которые определяют текущее положение отрасли, устанавливают показатели эмиссий, ресурсной эффективности, а также индикативные показатели удельных выбросов ПГ.

В частности, был актуализирован информационно-технический справочник НДТ «Целлюлозно-бумажное производство» для включения информа-

ции, касающейся повышения ресурсной и энергетической эффективности отрасли и установления соответствующих показателей (ИТС НДТ 1-2022).

В настоящее время справочник дополняется информацией о результатах бенчмаркинга в целях установления индикативных показателей удельных выбросов ПГ. Данное дополнение необходимо для формирования системы релевантных показателей для сравнения, а также дальнейшего определения порядка применения этих показателей в целях стимулирования предприятий отрасли к сокращению выбросов ПГ.

Методы исследования

Сравнительный анализ углеродоемкости ЦБП выполняется с учетом требований национального стандарта о проведении бенчмаркинга удельных выбросов ПГ в отраслях промышленности (ГОСТ Р 113.00.11-2022).

Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов, согласно вышеуказанному ГОСТ, – это количественная оценка удельных выбросов ПГ, измеряемая в тоннах эквивалента диоксида углерода на единицу производственной деятельности.

Бенчмаркинг по уровню энергоэффективности и углеродоемкости применяется для определения экономии энергии и снижения удельных выбросов ПГ, определения и мониторинга достижения пороговых значений по экономии энергии и снижению выбросов ПГ, формирования мер государственной поддержки предприятиям отрасли ЦБП, снижающим на своих производствах удельные выбросы ПГ, выделения бесплатных квот в системах торговли квотами ПГ, выявлению «зеленых» проектов и дальнейшего их финансирования.

Подход по проведению бенчмаркинга впервые был применен в 2022 г. для установления индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов для предприятий черной металлургии, которые были включены в информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС НДТ 26-2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» (ИТС НДТ 26-2022).

Основные этапы проведения бенчмаркинга представлены на рис. 4.

Для расчета удельных выбросов ПГ используются данные материально-сырьевого и энергетического балансов производственных процессов, полученные в ходе сбора и обработки данных промышленных предприятий ЦБП в 2023 г., необходимых для актуализации ИТС НДТ (Доброхотова, Скобелев, 2023; Доброхотова, Матушанский, 2022). В связи с тем, что наиболее распространенным ПГ является диоксид углерода (CO₂), при проведении количественной оценки удельных выбросов ПГ для ЦБП учитываются выбросы только CO₂ за один полный календарный год. Выбросы иных ПГ не учитываются.

Для расчета интенсивности выбросов CO₂ в целях определения бенчмарков ЦБП принята единая методика для всех видов продукции (целлюлоза, древесная масса, макулатурная масса, бумага, картон), разработанная на основе методических подходов, описанных в существующей нормативно-

методической документации (Методические указания ..., 2017; МГЭИК, 2008; Распоряжение Минприроды № 20-р, 2017; Распоряжение Минприроды № 15-р, 2015).



Рисунок 4. Основные этапы проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в промышленности

Figure 4. Main stages of greenhouse gas benchmarking in industry

Расчет интенсивности выбросов CO₂ (бенчмарк) для производства продукта/полупродукта определяется по формуле:

$$E_{CO_2} = E_{CO_2, \text{топл.}} + E_{CO_2, \text{карб.}} + E_{CO_2, \text{электр.}} + E_{CO_2, \text{тепл.}} \quad (1)$$

где E_{CO_2} – удельные выбросы CO₂ для производства определенного вида целлюлозно-бумажной продукции, т CO₂/т продукции; $E_{CO_2, \text{топл.}}$ – удельные выбросы CO₂ в границах производственного процесса (производства) от стационарного сжигания топлива, т CO₂/т продукции; $E_{CO_2, \text{карб.}}$ – удельные выбросы CO₂ в границах производственного процесса (производства) от использования карбонатов, т CO₂/т продукции; $E_{CO_2, \text{электр.}}$ – удельные выбросы CO₂ за границами производственного процесса (производства), связанные с электрической энергией, т CO₂/т продукции; $E_{CO_2, \text{тепл.}}$ – удельные выбросы CO₂ за границами производственного процесса (производства), связанные с тепловой энергией, т CO₂/т продукции.

Удельные выбросы CO₂ определяются как валовые выбросы CO₂, отнесенные к количеству основной произведенной валовой продукции для каждого производственного процесса (производства). Произведенная валовая продукция включает суммарное количество продукции (товарной продукции и полуфабриката для других производств), переданной за границы данного производственного процесса (производства).

Расчет удельных выбросов CO_2 в границах производственного процесса (или производства) от стационарного сжигания топлива выполняется с учетом удельного расхода ископаемого топлива в границах производственного процесса на тонну производимой продукции и коэффициента выброса CO_2 от сжигания ископаемого топлива. При этом величина указанного коэффициента принимается в соответствии с Приложением № 2 к методике количественного определения объема выбросов парниковых газов (Методика..., 2022).

Расчет удельных выбросов CO_2 в границах производственного процесса (или производства) от использования карбонатов выполняется с учетом удельного потребления карбоната, разлагающегося с образованием CO_2 в границах производственного процесса на тонну продукции, и коэффициента выброса CO_2 для каждого вида карбоната (тонн CO_2 на тонну продукции), который принимается также в соответствии с указанным выше приложением (Методика..., 2022).

Удельные выбросы CO_2 за границами производственного процесса, связанные с электрической энергией, рассчитываются как разница удельного потребления электроэнергии и удельной выработки электроэнергии в границах производственного процесса с учетом коэффициента выброса для электроэнергии, который принимается равным среднеотраслевому для ЦБП коэффициенту выбросов CO_2 для отпускаемой электроэнергии.

Удельные выбросы CO_2 за границами производственного процесса, связанные с тепловой энергией, рассчитываются как разница потребления и выработки тепловой энергии в виде пара и горячей воды с учетом коэффициента выброса для тепловой энергии, который принимается равным среднеотраслевому для ЦБП коэффициенту выбросов CO_2 для отпускаемой тепловой энергии.

После расчета интенсивности выбросов CO_2 для каждого производственного процесса в ИТС НДТ будут построены кривые бенчмаркинга.

Результаты и обсуждение

Российская Федерация в целях определения технологических показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и показателей ресурсной (в том числе энергетической) эффективности производства уже имеет опыт проведения бенчмаркинга удельных выбросов ПГ при создании ряда отраслевых информационно-технических справочников по НДТ (Башмаков и др., 2021; Башмаков и др., 2023).

Бенчмаркинг удельных выбросов ПГ направлен на решение двух задач: обеспечение сопоставимости удельных показателей выбросов ПГ между отдельными производственными линиями и предприятиями в целом и определение эталонных значений удельных выбросов ПГ за счет либо выявления фиксированных эталонных значений, либо положения производственной линии или предприятия на кривой бенчмаркинга.

В процедуре бенчмаркинга принимают участие крупнейшие отечественные предприятия ЦБП, которые представляют соответствующие данные за

период с 2019 по 2022 гг. в ходе опроса с использованием унифицированного шаблона (отраслевой анкеты). Количественная оценка выбросов парниковых газов ЦБП выполняется для производственных процессов получения сульфатной беленой и небеленой целлюлозы, сульфитной беленой и небеленой целлюлозы, нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы, дефибрерной и рафинерной древесной массы, макулатурной массы, бумаги и картона.

В результате обработки, анализа и расчета выбросов ПГ ($\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции) по приведенным выше методикам на основании полученных от предприятий первичных данных материального и энергетического баланса производства будет построена кривая бенчмаркинга для каждого производственного процесса. Кроме того, сформируются индикативные показатели удельных выбросов ПГ, которые представляют собой диапазон значений на кривой бенчмаркинга, где верхнее значение показателя определяет зону возможных ограничений и экономического регулирования, а нижнее служит основой для установления критериев зеленых проектов при оказании мер производственным предприятиям государственной поддержки.

По принципу подходов к применению индикативных показателей удельных выбросов ПГ на рис. 5 представлен пример кривой бенчмаркинга и индикативных показателей удельных выбросов ПГ для производства бумаги, $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции.

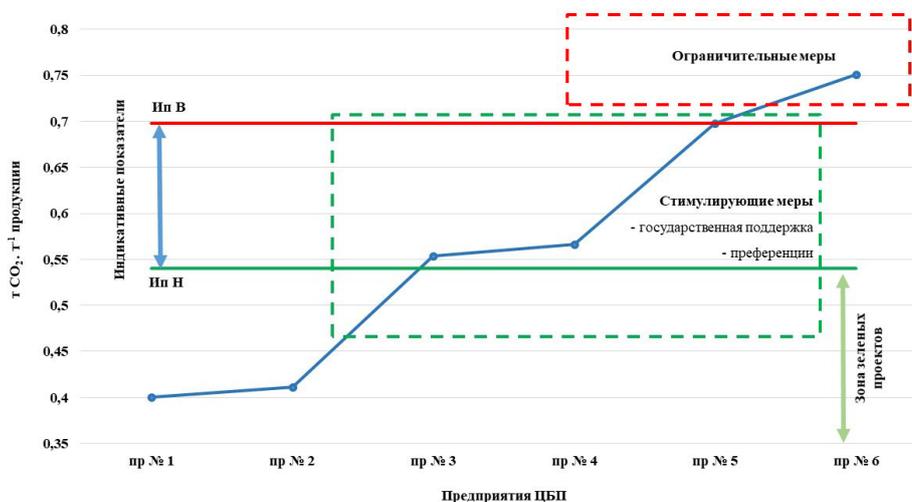


Рисунок 5. Образец кривой бенчмаркинга и индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов для производства бумаги, $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции (составлено авторами)
 Условные обозначения: пр. №1 – пр. № 6 – предприятия ЦБП №№ 1-6; $Ип_в$ – верхний уровень индикативного показателя; $Ип_н$ – нижний уровень индикативного показателя

Figure 5. Sample benchmarking curve and indicators of GHG emissions for paper production, tones $\text{CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ product (compiled by the authors)
 Legend: пр No.1 – пр No. 6 – pulp and paper enterprises No.1-6; $Ип_в$ – upper level of the indicator; $Ип_н$ – lower level of the indicator

Верхняя и нижняя границы индикативного показателя устанавливаются с учетом целевых ориентиров, установленных на макроэкономическом уровне (Доброхотова, Скобелев, 2023).

Верхняя граница очерчивает зону возможных ограничений и экономического регулирования (Зона ограничений). Нижняя граница очерчивает зону зеленых проектов с низким уровнем выбросов ПГ, выделяющихся во время производственного процесса, и дает возможность формирования и оказания мер государственной поддержки предприятиям, внедряющим низкоуглеродные технологии (Зона стимулирования). Эта зона является приоритетом экологической промышленной политики.

Верхний уровень индикативного показателя (ИПв) определяется следующим образом:

$$I_{ИПв} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_1, \quad (2)$$

где I_{max} – максимальный удельный показатель выбросов CO_2 , $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции; I_{min} – минимальный удельный показатель выбросов CO_2 , $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции; k_1 – ограничительный коэффициент.

Нижний уровень индикативного показателя (ИПн) определяется по формуле:

$$I_{ИПн} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times k_2, \quad (3)$$

где I_{max} – максимальный удельный показатель выбросов CO_2 , $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции; I_{min} – минимальный удельный показатель выбросов CO_2 , $\text{т CO}_2 \cdot \text{т}^{-1}$ продукции; k_2 – мотивационный коэффициент.

Организационные и мотивационные коэффициенты разрабатываются исходя из особенностей технологических процессов производства продукции ЦБП.

Различные величины удельного показателя выбросов ПГ обусловлены прежде всего разными уровнями удельного потребления энергетических ресурсов, характеристиками используемого сырья и эксплуатируемого на производстве технологического оборудования, а также требованиями к качеству конечного продукта.

На рис. 5 показано, что в область, расположенную ниже зеленой линии, попадает два предприятия-производителя бумажной продукции. Это означает, что они находятся в зоне зеленых проектов. Остальные предприятия могут претендовать на меры государственной поддержки при реализации проектов, направленных как минимум на достижение установленного нижнего значения индикативного показателя удельных выбросов ПГ.

В зоне, расположенной выше красной линии, находится одно предприятие, руководству которого следует предпринять меры для технологического перехода и повышения энергоэффективности предприятий. В ином случае оно попадает в зону возможных ограничений.

В настоящее время Правительство РФ для предприятий, разрабатывающих и внедряющих современные ресурсо- и энергоэффективные технологии находящиеся в зоне ограничений, осуществляет меры государственной поддержки,

полный перечень которых представлен на сайте государственной информационной системы промышленности Минпромторга России (ГИСП, 2023).

Вместе с тем эффективной мерой государственной поддержки деятельности по сокращению выбросов ПГ также может стать налоговое стимулирование. Возможно создание преференциальной налоговой системы для промышленных предприятий ЦБП, внедряющих низкоуглеродные технологии, и введение льготы по налогу на добавленную стоимость с целью стимулирования хозяйствующих субъектов отрасли к осуществлению деятельности по декарбонизации производственных процессов (Барков, Завьялов, 2021), в которую входят: повышение ресурсной и энергетической эффективности, переход на возобновляемые источники энергии, включая биотопливо, модернизация действующих производств с внедрением НДТ, а также внедрение перспективных и прорывных технологий.

В качестве перспективных технологий предлагается рассмотреть утилизацию отработанного тепла в процессе сушки целлюлозы и бумаги; использование водородного топлива; промывку целлюлозы после химической варки с использованием пара вместо воды (паровым циклом); фракционирование макулатуры перед удалением частиц печатной краски; импульсную сушку и формование бумаги с высокой концентрацией массы.

Следует отметить, что предприятиям ЦБП удастся добиться в сфере климата значительных успехов. Крупнейшие производители целлюлозно-бумажной продукции ежегодно раскрывают информацию о своей климатической деятельности и отмечают, что построение корпоративной системы управления выбросами ПГ в настоящее время – «это неизбежность для предприятий, так как максимальная декарбонизация позволяет трансформировать корпоративные риски в категорию возможностей» (РАО «Бумпром», 2023).

Заключение

Парижское соглашение и Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года позволили сформировать приоритеты национального развития, направленные в сторону перехода на низкоуглеродную экономику. Данные приоритеты обозначают переход от экспортно-сырьевой к инновационной модели роста национальной экономики, которые, в том числе, учитывают вопросы адаптации к изменениям климата и стимулирования развития зеленых технологий.

Переход промышленных предприятий на НДТ и установление показателей ресурсной и энергетической эффективности, диапазонов индикативных показателей выбросов парниковых газов в ИТС НДТ позволит определить текущее положение отрасли, развить систему публичной климатической отчетности предприятий ЦБП, а также использовать стандарты системы валидации и верификации климатических проектов и углеродной отчетности.

Бенчмаркинг удельных выбросов ПГ является начальным этапом для разработки, реализации и оценки действенности мероприятий по технологи-

ческому перевооружению и переходу на низкоуглеродную экономику. Полученные результаты будут представлены в актуализируемом ИТС НДТ и в дальнейшем могут быть использованы для принятия регулирующих и управленческих решений на различных уровнях.

Список литературы

Барков, А.В., Завьялов, М.М. (2021). Правовое стимулирование декарбонизации как фактора обеспечения высоких стандартов экологического благополучия, *Экологическое право*, № 5, с. 23-26.

Башмаков, И.А., Потапова, Е.Н., Борисов, К.Б., Лебедев, О.В., Гусева, Т.В. (2023) Декарбонизация цементной отрасли и развитие систем экологического и энергетического менеджмента, *Строительные материалы*, № 9, с. 4-12, doi: 10.31659/0585-430X-2023-817-9-4-12.

Башмаков, И.А., Скобелев, Д.О., Борисов, К.Б., Гусева, Т.В. (2021) Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии, *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*, № 77(9), с. 1071-1086.

ГИСП (2023) *Навигатор мер поддержки Государственной информационной системы промышленности Минпромторга России*, URL: <https://gispr.gov.ru/nmp/> (дата обращения 11.09.2023).

ГОСТ Р 113.00.11-2022 «Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности».

Доброхотова, М.В., Матушанский, А.В. (2022) Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода, *Экономика устойчивого развития*, № 2, с. 50.

Доброхотова, М.В., Скобелев, Д.О. (2023) Организационно-экономический механизм регулирования углеродоемкости в промышленности, *Вестник евразийской науки*, № 15 (1). URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN123.pdf> (дата обращения 22.09.2023).

ИТС НДТ 1-2022 (2022) *Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Целлюлозно-бумажное производство»*.

ИТС НДТ 26-2022 (2022) *Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство чугуна, стали и ферросплавов»*.

Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (подписан в г. Киото 11.12.1997) (2005), СЗ РФ, 10, Ст. 764.

Лахтиков, Ю.О., Пинягина, Н.Б. (2021) Современные тенденции и перспективы развития целлюлозно-бумажной промышленности России, *Pulp&*

PaperIndustry, № 11 (1), с. 19-27, URL: <https://bumprom.ru/analytics/articles/sovremennye-tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-tsellyulozno-bumazhnoy-proyshennosti-rossii/> (дата обращения 20.09.2023).

МГЭИК (2008) Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года. Базовое руководство. Подготовлено в рамках Программы по национальным кадастрам парниковых газов, Эглстон Х.С., Мива К., Шривастава Н. и Танабэ К. (ред.). Опубликовано ИГЭС, Япония.

Методика количественного определения объема выбросов парниковых газов, утвержденная приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.05.2022 №371 (Зарегистрировано в Минюсте России 29 июля 2022 г. № 69451).

Методические указания по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов, утвержденные приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.06.2017 г. № 330 (Зарегистрировано в Минюсте России 20 октября 2017 г. № 48627).

Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2021 г. (2023), Москва, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, Том 1, 479 с. – EDN SWOUWV.

Парижское соглашение от 12 декабря 2015 г. Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 06.11.2019, № 0001201911060026. Бюллетень международных договоров, № 4, апрель 2020 года, URL: <https://docs.cntd.ru/document/542655698> (дата обращения 11.09.2023).

РКИК ООН (1996) Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (заключена в г. Нью-Йорке 09.05.1992), СЗ РФ № 46, Ст. 5204.

РАО «Бумпром» (2023) Архангельский ЦБК стал участником бенчмаркинга парниковых выбросов в целлюлозно-бумажной отрасли. Новости компаний, URL: <https://bumprom.ru/news/novosti-kompaniy/arkhangelskiy-tsbk-stal-uchastnikom-benchmarkinga-parnikovykh-vybrossov-v-tsellyulozno-bumazhnoy-otrasli/> (дата обращения 11.09.2023).

Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16 апреля 2015 г. № 15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации».

Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р «О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов».

ПП РФ № 3052-р, Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».

Скобелев, Д.О., Гусева, Т.В., Чечеватова, О.Ю., Санжаровский, А.Ю., Щелчков, К.А., Бегак, М.В. (2018). *Сравнительный анализ процедур разработки и пересмотра справочных документов по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации (2-е издание)*, М., Издательство «Перо», 114 с.

ФАО Стат (2023) *Статистические данные*, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций. Производство и торговля лесной продукцией, URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/FO/visualize> (дата обращения 11.09.2023).

ТАСС (2019) *Парижское соглашение по климату. Цель, структура и история документа. 23 сентября 2019*, URL: <https://tass.ru/info/6917170> (дата обращения 22.09.2023).

Росстат (2022) *Федеральная служба государственной статистики. Охрана окружающей среды в России. Статистический сборник. 0-92 М.*, 115 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (дата обращения 20.09.2023).

Росстат (2023) *Федеральная служба государственной статистики. Производство основных видов продукции в натуральном выражении (оперативные данные)*, URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (дата обращения 11.09.2023).

Шаповалов, А. (2021) *Интервью Виктории Абрамченко газете «Коммерсантъ»*, 12.01.2021, URL: <http://government.ru/news/41302/> (дата обращения 20.09.2023).

Юлкин, М.А. (2022) *У целлюлозно-бумажных комбинатов есть все возможности для декарбонизации*, URL: <https://plus.rbc.ru/news/62ab4cdc7a8aa98ade293543> (дата обращения 20.09.2023).

International Energy Agency Technology Collaboration Programme (2023). Paper, URL: <https://www.iea.org/energy-system/industry/paper#programmes> (дата обращения 23.09.2023).

IPCC (2014) *Working Group III: Mitigation of Climate Change, Chapter 10 (Industry)*, URL: http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter10.pdf. (Дата обращения 22.09.2023).

Peng, L., Zeng, X., Wang, Y., Hong, G.B. (2015). Analysis of energy efficiency and carbon dioxide reduction in the Chinese pulp and paper industry, *Energy Policy*, no. 80, pp. 65-75.

Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J. et al. (2009) Industrial energy efficiency and climate change mitigation, *Energy Efficiency*, no. 2, pp. 109-123, <https://doi.org/10.1007/s12053-008-9032-8>.

References

Barkov, A.V., Zav'yalov, M.M. (2021) Pravovoye stimulirovaniye dekarbonizatsii kak faktora, obespechivayushchego vysokkiye standarty ekologicheskikh izmeneniy [Legal incentives for decarbonization as a factor in ensuring high standards of environmental well-being], *Environmental Law*, no. 5, pp. 23-26.

Bashmakov, I.A., Potapova, E.N., Borisov, K.B., Lebedev, O.V., Guseva, T.V. (2023) Dekarbonizatsiya tsementnoy otrasli i razvitiye sistem ekologicheskogo i energeticheskogo menedzhmenta [Decarbonization of the cement industry and development of environmental and energy management systems], *Construction Materials*, no. 9, pp. 4-12, doi: 10.31659/0585-430X-2023-817-9-4-12.

Bashmakov, I.A., Skobelev, D.O., Borisov, K.B., Guseva, T.V. (2021) Benchmarking sistem po izmereniyu vybrosov parnikovyykh gazov v chernoy metallurgii [Benchmarking systems for specific greenhouse gas emissions in the ferrous metallurgy], *Ferrous metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*, no. 77(9), pp. 1071-1086.

GISP (2023) *Navigator mer podderzhki Gosudarstvennoy informatsionnoy sistemy promyshlennosti Minpromtorga Rossii* [Navigator of support measures for the State Information System of Industry of the Ministry of Industry and Trade of Russia], URL: <https://gisp.gov.ru/nmp/> (access date 09/11/2023).

GOST R 113.00.11(2022) «Nailuchshiyе dostupnyye tekhnologii. Poryadok provedeniya benchmarkinga ot del'nykh molodykh parnikov gaza v promyshlennosti» [Best available techniques. Procedure for benchmarking specific greenhouse gas emissions in industrial sectors].

Dobrokhotoва M.V., Matushanskiy A.V. (2022) Primeneniye kontseptsii nailuchshikh imeyushchikhsya tekhnologiy v tselyakh tekhnologicheskoy transformatsii promyshlennosti v usloviyakh energeticheskogo perekhoda [Application of the concept of the best available technologies for the purpose of technological transformation of industry in the context of the energy transition], *Economics of Sustainable Development*, no. 2, pp. 50.

Dobrokhotoва, M.V., Skobelev, D.O. (2023) Organizatsionno-ekonomicheskiy mekhanizm regulirovaniya uglerodoyemkosti v promyshlennosti. [Organizational and economic mechanism for regulating carbon intensity in industry], *Bulletin of Eurasian Science*, no. 15 (1), Electronic resource. URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN123.pdf> (accessed 10/24/2023).

ITS BAT 1 (2022) *Informatsionno-tekhnicheskiy spravochnik po adaptirovannym dostupnym tekhnologiyam «Tsellyulozno-bumazhnoye proizvodstvo»* [Information and technical reference book on the best available techniques “Pulp and paper production].

ITS BAT 26 (2022) *Informatsionno-tekhnicheskiy spravochnik po adaptirovannym dostupnym tekhnologiyam «Proizvodstvo chuguna, stali i*

ferrosplavov» [Information and technical reference book on the best available techniques “Production of iron, steel and ferroalloys].

Kiotskiy protokol k Ramochnoy konferentsii dayet kratkoye predstavleniye o sostoyanii klimata (podpisan v Kioto 11 dekabrya 1997 g.) 2005 [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (signed in Kyoto on December 11, 1997), *SZ RF*, 10, Art. 764.

Lakhtikov, Yu.O., Pinyagina, N.B. (2021) *Sovremennyye tendentsii i perspektivy razvitiya tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti Rossii* [Current trends and prospects for the development of the pulp and paper industry in Russia], *Pulp & Paper Industry*, no. 11(1), pp. 19-27, URL: <https://bumprom.ru/analytics/articles/sovremennyye-tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-tsellyulozno-bumazhnoy-promyshlennosti-rossii/> (date accessed 09/20/2023).

IPCC 2008: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Basic Guide. Prepared within the framework of the National Greenhouse Gas Inventories Program. Eggleston, H. S., Miwa, K., Srivastava, N., Tanabe, K. (Eds.). Published: IGES, Japan.

Metodika kolichestvennogo opredeleniya ob'yema chetyrekh parnikovykh gazov, utverzhdenyy prikaz o zashchite resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 27.05.2022 №371 (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 29 iyulya 2022 g. № 69451) [Methodology for quantitative determination of greenhouse gas emissions, approved by order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated May 27, 2022 No. 371 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on July 29, 2022 No. 69451).

Metodicheskiye ukazaniya po proizvod'nomu izmereniyu ob'yema vneshnikh vybrosov parnikovykh gazov, utverzhdennyye prikazom o vneshnikh prirodnykh resursakh i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 29.06.2017 g. № 330 (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 20 oktyabrya 2017 g. № 48627) [Methodological guidelines for the quantitative determination of the volume of indirect energy emissions of greenhouse gases, approved by order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated June 29, 2017 No. 330 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on October 20, 2017 No. 48627)].

Natsional'nyy doklad o kadastrе antropogennykh istochnikov iz i absorptsii poglotiteley parnikovykh gazov, nereguliruyemykh Monreal'skim protokolom na 1990-2021 gg. (2023) [National report on the inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for 1990-2021], Moscow, Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu.A. Izrael, Volume 1, 479 p., EDN SWOUWV.

Parizhskoye soglasheniye ot 12 dekabrya 2015 g. Ofitsial'nyy internet-portal rassmotreniya informatsii www.pravo.gov.ru, 11.06.2019, № 0001201911060026. Byulleten' mezhdunarodnykh dogovorov, № 4, aprel' 2020 goda [Paris Agreement.

December 12, 2015. (2020) Official Internet portal of legal information www.pravo.gov.ru, 11/06/2019, No. 0001201911060026. Bulletin of international treaties, No. 4, April 2020], URL: <https://docs.cntd.ru/document/542655698> (access date 09.11.2023).

RKIK OON (1992) *Ramochnaya konventsiya OON, otkryvayushchaya dostup k klimatu (zaklyuchena v g. N'yu-York, 09 maya 1992 g.) (1996 g.)*, [United Nations Framework Convention on Climate Change (concluded in New York on 05/09/1992) (1996)], RF Law No. 46, Art. 5204.

RAO «Bumprom» (2023) *Arkhangel'skiy TSBK stal startovym benchmarkingom molodykh molodykh lyudey v tsellyulozno-bumazhnoy otrasli. Novosti kompanii* [RAO Bumprom Arkhangelsk Pulp and Paper Mill became a participant in benchmarking greenhouse emissions in the pulp and paper industry. Company news], URL: <https://bumprom.ru/news/novosti-kompaniy/arkhangelskiy-tsbk-stal-uchastnikom-benchmarkinga-parnikovykh-vybrossov-v-tsellyulozno-bumazhnoy-otrasli/> (date accessed 09/11/2023).

Rasporyazheniye vneshnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 16 aprelya 2015 g. № 15-r «Ob utverzhdenii metodicheskikh mer po provedeniyu dobrovol'noy inventarizatsii ob"yema yevropeyskikh parnikovykh gazov v sub"yektakh Rossiyskoy Federatsii» [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated April 16, 2015 No. 15-r “On approval of methodological recommendations for conducting a voluntary inventory of greenhouse gas emissions in the constituent entities of the Russian Federation].

Rasporyazheniye vneshnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 30 iyunya 2017 g. № 20-r «O metodicheskikh ukazaniyakh po chislennomu izmereniyu ob"yema parnikovykh gazov» [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated June 30, 2017 No. 20-r “On guidelines for quantifying the volume of greenhouse gas absorption].

RP RF № 3052-r, Rasporyazheniye razvitiya RF ot 29.10.2021 № 3052-r «Ob utverzhdenii Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na urovne vysokogo urovnya molodykh parnikovogo gaza do 2050 goda» [Order of the Government of the Russian Federation dated October 29, 2021 No. 3052-r “On approval of the Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050].

Skobelev, D. O., Guseva, T. V., Chechevatova, O. Yu., Sanzharovsky, A. Yu., Shchelchikov, K. A., Begak, M. V. (2018) *Sravnitel'nyy analiz protsedur razrabotki i peresmotra spravochnykh dokumentov po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam v Yevropeyskom Soyuze i Rossiyskoy Federatsii (2-ye izdaniye)* [Comparative analysis of procedures for the development and revision of reference documents on best available technologies in the European Union and the Russian Federation (2nd edition)], Pero Publishing House, Moscow, Russian, 114 p.

Stat FAO (2023) *Statisticheskiye dannyye, Prodovol'stvennaya i sel'skokhozyaystvennaya organizatsiya boleye melkikh natsiy. Proizvodstvo i torgovlya lesnoy*

produktsiyey [Statistics FAO Stat Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production and trade of forest products], URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/FO/visualize> (accessed 09/11/2023).

TASS (2019) *Parizhskoye soglasheniye po klimatu. Tsel', struktura i istoriya dokumenta. 23 sentyabrya 2019 g.* [Paris climate agreement. Purpose, structure and history of the document. September 23, 2019], URL: <https://tass.ru/info/6917170> (access date 09/22/2023)

Rosstat (2022) *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Okhrana okruzhayushchey sredy v Rossii. Statisticheskii sbornik 0-92* [Federal State Statistics Service (2022). Environmental protection in Russia. Statistical collection], Moscow, Russia, 115 p., DOI: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (date accessed 09/20/2023).

Rosstat (2023) *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Proizvodstvo osnovnykh vidov produktsii v natural'nom vyrazhenii (operativnyye dannyyeRosstat,* [Federal State Statistics Service (Rosstat) (2023). Production of main types of products in physical terms (operational data)], URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (access date 09/11/2023)

Shapovalov, A. (2021) *Interv'yu Viktorii Abramchenko gazete «Kommersant»* [Interview with Victoria Abramchenko to the Kommersant newspaper] 01/12/2021, URL: <http://government.ru/news/41302/> (access date 09/20/2023).

Yulkin, M.A. (2022) *U tsellyulozno-bumazhnykh kombinatov yest' vse vozmozhnosti dlya dekarbonizatsii* [Pulp and paper mills have every opportunity for decarbonization], URL: <https://plus.rbc.ru/news/62ab4cdc7a8aa98ade293543> (accessed September 20, 2023).

International Energy Agency Technology Collaboration Programme (2023). Paper, URL: <https://www.iea.org/energy-system/industry/paper#programmes> (дата обращения 23.09.2023).

IPCC (2014) *Working Group III: Mitigation of Climate Change, Chapter 10 (Industry).* URL: http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter10.pdf. (Дата обращения 22.09.2023).

Peng, L., Zeng, X., Wang, Y., Hong, G.B. (2015). Analysis of energy efficiency and carbon dioxide reduction in the Chinese pulp and paper industry, *Energy Policy*, no. 80, pp. 65-75.

Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J. et al. (2009) Industrial energy efficiency and climate change mitigation, *Energy Efficiency*, no. 2, pp. 109-123, <https://doi.org/10.1007/s12053-008-9032-8>.

Статья поступила в редакцию (Received): 26.10.2023;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 14.11.2023.

Для цитирования / For citation

Шушпанова, Д.В., Голуб, О.В., Санжаровский, А.Ю. (2023) Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов в целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXIV, № 3-4, с. 117-135, doi:10.21513/0207-2564-2023-3-4-117-135.

Shushpanova, D.V., Golub, O.V., Sanzharovskiy, A.Yu. (2023) Benchmarking of the greenhouse gas emissions in the Russian pulp and paper industry, *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, vol. XXXIV, no. 3-4, pp. 117-135, doi:10.21513/0207-2564-2023-3-4-117-135.