

УДК 631.95:504.38

## Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145

Ю.Н. Романцева ✉

А.М. Бодур

В.В. Маслакова

М.В. Кагирова

Российский государственный  
аграрный университет – МСХА  
им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ [romantceva@rgau-msha.ru](mailto:romantceva@rgau-msha.ru)

Поступила в редакцию:

27.12.2023

Одобрена после рецензирования:

19.01.2024

Принята к публикации:

02.02.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145

Julia N. Romantseva ✉

Aisu M. Bodur

Vesta V. Maslakova

Maria V. Kagirova

Russian State Agrarian University –  
Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, Russia

✉ [romantceva@rgau-msha.ru](mailto:romantceva@rgau-msha.ru)

Received by the editorial office:

27.12.2023

Accepted in revised:

19.01.2024

Accepted for publication:

02.02.2024

# Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России

## РЕЗЮМЕ

Проблеме оценки углеродного следа в экономике в последнее время уделяется большое внимание во многих странах мира, в том числе и в России. Учитывая важность проблемы климатических изменений, актуальной задачей является сокращение выбросов парниковых газов для достижения международных климатических целей, обозначенных Парижским соглашением по климату и Стратегией социально-экономического развития страны с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

В настоящее время основным общемировым трендом развития отраслей экономики становятся реализация ESG-принципов и нацеленность на использование энергосберегающих технологий, поэтому особое внимание во всех отраслях экономики уделяется вопросам учета эмиссии парниковых газов и оценке их влияния на изменение климата. Учет, контроль и обоснование направлений снижения углеродного следа также являются важными задачами в условиях формирования зеленой экономики. Сельское хозяйство по величине выбросов находится на третьем месте после энергетики и промышленности. Проведение регулярного мониторинга выбросов парниковых газов по источникам необходимо для эффективного решения проблемы выбросов и разработки экономически эффективных мер государственной политики с целью обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства и развития экспортного потенциала.

**Цель исследования** – всестороннее исследование объемов и источников выбросов парниковых газов, роли сельского хозяйства в формировании углеродного следа. В исследовании подробно рассмотрены объем и структура эмиссии парниковых газов в длительной динамике за 1990–2022 годы. Применение ряда статистических методов позволило установить, снижение выбросов по аграрной сфере, что объясняется резким сокращением ресурсного потенциала и расширением использования в последние годы ресурсосберегающих технологий.

**Ключевые слова:** углеродный след, сельское хозяйство, эмиссия парниковых газов, изменение климата, ESG-повестка

**Для цитирования:** Романцева Ю.Н., Бодур А.М., Маслакова В.В., Кагирова М.В. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. *Аграрная наука*. 2024; 379(2): 139–145.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145>

© Романцева Ю.Н., Бодур А.М., Маслакова В.В., Кагирова М.В.

## Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture

## ABSTRACT

The problem of assessing the carbon footprint in the economy has recently received much attention in many countries around the world, including Russia. Given the importance of the problem of climate change, the urgent task is to reduce greenhouse gas emissions to achieve international climate goals outlined by the Paris Climate Agreement and the Strategy for the socio-economic development of a country with low greenhouse gas emissions until 2050.

Currently, the main global trend in the development of economic sectors is the implementation of ESG principles and a focus on the use of energy-saving technologies, therefore, special attention in all sectors of the economy is paid to the issues of accounting for greenhouse gas emissions and assessing their impact on climate change. Accounting, monitoring and justification of directions for reducing the carbon footprint is also an important task in the context of the formation of the Green Economy. Agriculture is in third place in terms of emissions after energy sector and industry sector. Regular monitoring of greenhouse gas emissions by source is necessary to effectively address the emissions problem and develop cost-effective public policy measures to ensure sustainable agricultural development and develop export potential.

*The purpose of the study* is a comprehensive study of the volumes and sources of greenhouse gas emissions, the role of agriculture in the formation of the carbon footprint. The study examines in detail the volume and structure of greenhouse gas emissions in long-term dynamics for 1990–2022. The use of a number of statistical methods made it possible to establish a reduction in emissions in the agricultural sector, which is explained by a sharp reduction in resource potential and the increased use of resource-saving technologies in recent years.

**Key words:** carbon footprint, agriculture, greenhouse gas emissions, climate change, ESG agenda

**For citation:** Romantseva Yu.N., Bodur A.M., Maslakova V.V., Kagirova M.V. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture. *Agrarian science*. 2024; 379(2): 139–145 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145>

© Romantseva Yu.N., Bodur A.M., Maslakova V.V., Kagirova M.V.

## Введение/Introduction

Важнейшим направлением экономики в ведущих странах мира на сегодняшний день становится реализация политики энергоэффективного зеленого развития, которая выступает стратегическим механизмом, позволяющим достичь целей устойчивого развития [1, 2].

Преимуществом зеленой экономики являются ориентация на инновационные ресурсоэффективные технологии с низким уровнем выбросов углерода, уменьшение нагрузки на природу и создание дополнительных рабочих мест, что обеспечивает устойчивое развитие. При этом, по оценкам ряда исследователей, темпы роста экономики в долгосрочной перспективе могут быть не ниже, чем при современном развитии [3, 4].

В 2016 году Россия присоединилась к Парижскому соглашению в рамочной конвенции ООН<sup>1</sup> об изменении климата, согласно которому РФ обязуется сократить выбросы ПГ на уровне 70% от показателя 1990 года к 2030-му и выйти на углеродно-нейтральный путь развития к 2060 году. В 2021 году Правительство России утвердило Стратегию социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года<sup>2</sup>, цель которой — сократить выбросы на 60% по сравнению с уровнем 2019 года [4]. Среди мероприятий по декарбонизации заявлены оказание мер поддержки в отношении внедрения, тиражирования и масштабирования низко- и безуглеродных технологий, стимулирование использования вторичных энергоресурсов, изменение налоговой, таможенной и бюджетной политики, развитие зеленого финансирования, меры по сохранению и увеличению поглощающей способности лесов и иных экосистем, поддержка технологий улавливания, использования и утилизации парниковых газов. С 1 января 2023 года в России углеродная отчетность, установленная Федеральным законом № 296-ФЗ, обязательна для предприятий с массой выбросов CO<sub>2</sub> от 150 тыс. т / год, а 1 января 2025 года порог снизится до 50 тыс. т / год<sup>3</sup>.

Проблему выбросов парниковых газов в атмосферу принято рассматривать в разрезе отдельных секторов экономики в связи с неравномерным вкладом в формирование углеродного следа. В перспективе это позволит не только выявить наиболее проблемные из них, но и разработать более обоснованные меры для сокращения выбросов [6].

Увеличение внимания к проблемам экологии на всех уровнях производства и управления, социальная ответственность бизнеса в значительной мере затрагивают аграрную сферу. Здесь актуальным становится не только устойчивое развитие сельской местности, но и бережное и эффективное использование биологических ресурсов, являющихся основным средством производства [7]. Применение ESG-принципов в экономике, предполагающих увеличение внимания

к проблемам экологии на всех уровнях производства и управления и социальную ответственность бизнеса, особенно актуально в сельском хозяйстве. По данным ФАО ООН, в мире на долю сельскохозяйственного сектора приходится около 14% от общего объема мировых выбросов, что уступает только выбросам от энергетического сектора (70%)<sup>4</sup>.

Производственные процессы в сельском хозяйстве, такие как обработка почвы, использование удобрений, выращивание животных и хранение продуктов, вносят значительный вклад в формирование общего объема парниковых газов, особенно в виде диоксида углерода и метана. Анализ углеродного следа в сельском хозяйстве помогает определить наиболее экологически эффективные методы и технологии, а также эффективно управлять выбросами в данном секторе. Основные направления — снижение потребления энергии, переход к устойчивому земледелию и введение инновационных и технологически совершенных методов производства [8, 9].

Цель исследования — анализ уровня углеродного следа в сельском хозяйстве, а также вклад аграрной сферы в формирование общего объема эмиссии парниковых газов для оценки направлений снижения негативного воздействия на климат и адаптации сельского хозяйства к происходящим климатическим изменениям.

## Материалы и методы исследований / Materials and methods

В представленной работе анализ проведен на основе материалов зарубежных и отечественных авторов, нормативно-правовой базы, статистических данных об изменении выбросов парниковых газов и климата в России и мире в целом по экономике и при производстве сельскохозяйственной продукции. Приводимые ниже оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) парниковых газов на территории Российской Федерации получены методами расчетного мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)<sup>5</sup>.

Основными источниками данных выступили: Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год; Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг.<sup>6</sup>.

В исследовании особое внимание уделено рассмотрению объемов и структуры эмиссии парниковых газов в длительной динамике за 1990–2022 годы.

Основные методы исследования — аналитический и сравнительный, табличный и графический с последующим обобщением данных, специальные статистические методы, такие как аналитическое выравнивание динамических рядов, построение и анализ структурных рядов и др.

<sup>1</sup> Парижское соглашение по климату [Электронное издание]. — Режим доступа: [https://unfccc.int/sites/default/files/russian\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf)

<sup>2</sup> Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpuzWfHaiUa.pdf>

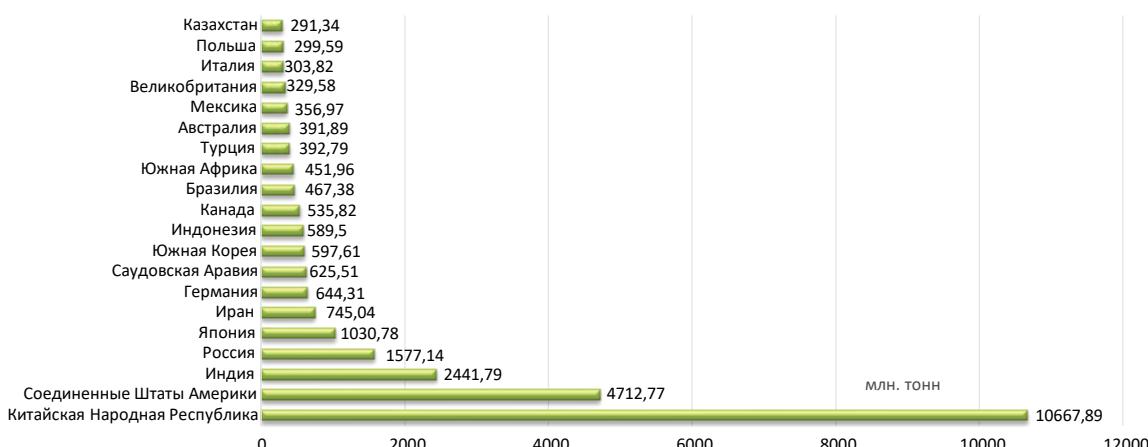
<sup>3</sup> Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407263706/>

<sup>4</sup> FAO. 2021. The share of food systems in total greenhouse gas emissions. Global, regional and country trends 1990–2019. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 31. Rome.

<sup>5</sup> Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва. 2023; 215.

<sup>6</sup> Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.igce.ru/2023/04/18-%d0%b0%d0%b6%d1%80-%d0%b3-%d1%80%d0%be%d1%81%d1%81%d0%b8%d0%b9%d1%81%d0%ba%d0%b0%d1%8f-%d1%84%d0%b5%d0%b4%d0%b5%d1%80%d0%b0%d1%86%d0%b8%d1%8f-%d0%bf%d1%80%d0%b5%d0%b4%d1%81/](http://www.igce.ru/2023/04/18-%d0%b0%d0%b6%d1%80%d0%b5%d0%b2%d1%80-%d0%b3-%d1%80%d0%be%d1%81%d1%81%d0%b8%d0%b9%d1%81%d0%ba%d0%b0%d1%8f-%d1%84%d0%b5%d0%b4%d0%b5%d1%80%d0%b0%d1%86%d0%b8%d1%8f-%d0%bf%d1%80%d0%b5%d0%b4%d1%81/)

**Рис. 1. Рейтинг стран по уровню эмиссии парниковых газов**  
**Fig. 1. Rating of countries by level of greenhouse gas emissions**



Источник: Составлено авторами по данным сайта <https://wisevoter.com><sup>7</sup>

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Информационное обеспечение учета углеродного следа находится в стадии формирования и не позволяет точно оценить общий масштаб выбросов, хотя национальные и глобальные системы мониторинга и информационные системы оценки эмиссии парниковых газов активно применяются во многих странах [10]. Проблема влияния парниковых газов на изменение климата на сегодняшний день является наиболее актуальной для всех стран мира, особенно важной для Российской Федерации, поскольку экономика России входит в пятерку стран с наибольшей эмиссией углекислого газа (рис. 1).

В 2021 году крупнейшими в мире источниками выбросов CO<sub>2</sub> стали Китай, США, Индия, Россия и Япония. На эти страны приходится 49,2% мирового населения, 62,4% мирового валового внутреннего продукта, 66,4% мирового потребления ископаемого топлива, 67,8% мировых выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива.

За 2021 год выбросы CO<sub>2</sub> в России превысили 1,5 млрд т, что составило 4,6% общемирового объема. Несмотря на то что Россия находится на 4-м месте в рейтинге стран по объему выбросов парниковых газов, этот показатель здесь значительно ниже, чем в странах-лидерах: почти в 7 раз меньше, чем у Китая, в 3 раза — чем у США. На страны первой пятерки приходится более 56% всех выбросов.

Парниковые газы — это газообразные составляющие атмосферы как природного, так и антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение. Диоксид

углерода (CO<sub>2</sub>) не единственный парниковый газ, на который стоит обращать внимание. К газам, которые также поглощают и переизлучают инфракрасное излучение, относят метан (CH<sub>4</sub>), оксид диазота (N<sub>2</sub>O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF<sub>6</sub>, элегаз), трифтормид азота (NF<sub>3</sub>) и некоторые другие газы<sup>8</sup>.

Основной вклад в антропогенную эмиссию парниковых газов вносит диоксид углерода, удельный вес которого в общем объеме газов составляет почти 80%. На втором месте находятся метан (14,6%), закись азота (4,4%), прочие парниковые газы (около 2%). С 1990 года объем выбросов в целом по экономике значительно снизился (на 31,9%) почти по всем видам газов (рис. 2), при этом структура выбросов осталась без существенных изменений.

Основной причиной резкого сокращения выбросов парниковых газов стали негативные тенденции 1990-х годов, связанные с началом экономико-политических преобразований и характеризующиеся спадом производства во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, сокращением ресурсного потенциала и наукоемких инновационных производств и технологической и технологической деградацией экономики, что привело к снижению валового внутреннего продукта и замедлению развития экономики.

**Таблица 1. Совокупные выбросы парниковых газов в Российской Федерации за 1990 и 2021 гг.**  
Table 1. Cumulative greenhouse gas emissions in the Russian Federation for 1990 and 2021

Вид парниковых газов	Объем выбросов		Структура выбросов		Изменение за 1990–2021 гг.		
	1990 г.	2021 г.	1990 г.	2021 г.	±	%	структура выбросов, %
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	2536,2	1712	80,1	79,4	-824,2	-32,5	-0,7
Метан (CH <sub>4</sub> )	438,5	314,8	13,8	14,6	-123,7	-28,2	0,7
Закись азота (N <sub>2</sub> O)	139,3	88,4	4,4	4,1	-50,9	-36,5	-0,3
Гидрофторуглероды (HFC)	35,9	38,6	1,1	1,8	2,7	7,5	0,7
Перфторуглероды (PFC)	15,1	1,6	0,5	0,1	-13,5	-89,4	-0,4
Гексафторид серы (SF <sub>6</sub> )	1,4	1,2	0,0	0,1	-0,2	-14,3	0,0
<b>Всего</b>	<b>3166,6</b>	<b>2156,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>-1010</b>	<b>-31,9</b>	<b>x</b>

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»<sup>9</sup>

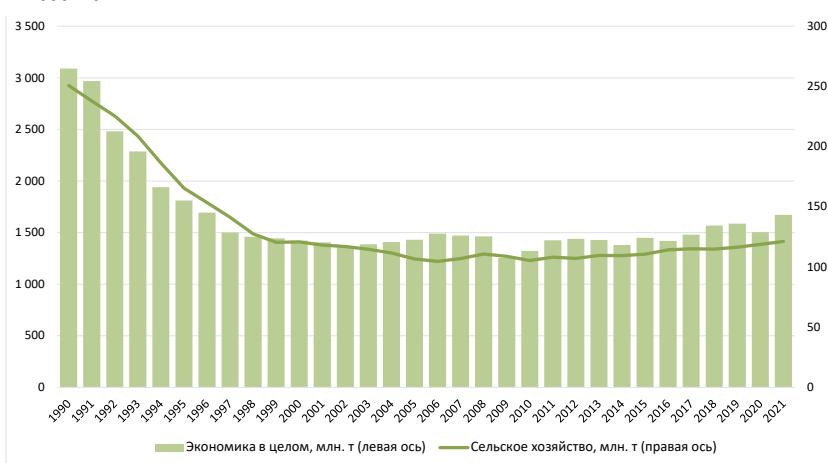
<sup>7</sup> Greenhouse Gas Emissions by Country [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://wisevoter.com/country-rankings/greenhouse-gas-emissions-by-country/>

<sup>8</sup> Охрана окружающей среды в России. Статистический сборник / Росстат. Москва. 2022; 115.

<sup>9</sup> Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2021 гг.

**Рис. 2.** Динамика выбросов парниковых газов по экономике в целом и сельскому хозяйству за 1990–2021 гг.

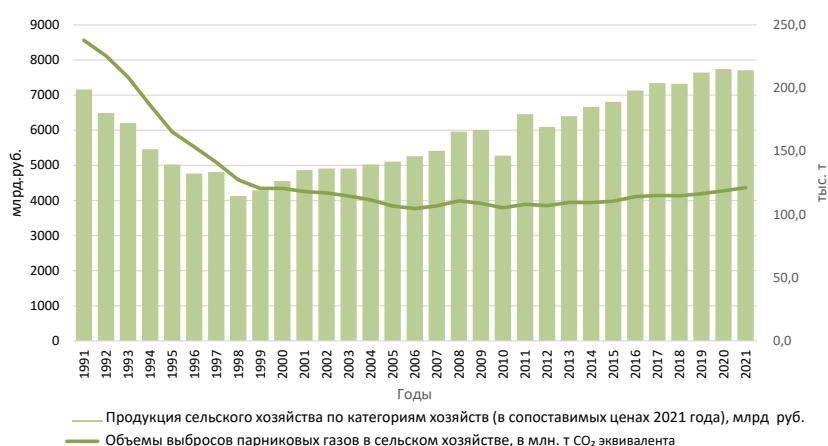
**Fig. 2.** Dynamics of greenhouse gas emissions for the economy as a whole and agriculture for 1990–2021



Источник: Построено авторами по данным сайта <https://www.climatewatchdata.org><sup>10</sup>

**Рис. 3.** Динамика продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах 2021 г.) и выбросов парниковых газов в 1991–2021 гг.

**Fig. 3.** Dynamics of agricultural products (in constant 2021 prices) and greenhouse gas emissions in 1991–2021



Источник: Построено авторами по данным Росстата<sup>11</sup> и сайта <https://www.climatewatchdata.org>

**Таблица 2.** Динамика выбросов парниковых газов по секторам экономики за 1990–2021 гг. (млн т CO2-эквивалента в год)

**Table 2.** Dynamics of greenhouse gas emissions by economic sectors for 1990–2021 (million tons of CO<sub>2</sub> equivalent per year)

Сектор	1990 г.	2021 г.	Изменение за 1990–2021 гг.		Структура выбросов без учета ЗИЗЛХ, %		
			млн т	%	1990 г.	2021 г.	структуры
Энергетика	2577,1	1679,1	-898,0	-34,8	81,4	80,3	-1,1
Промышленные процессы и использование продукции	286,5	259,5	-27,0	-9,4	9,0	10,5	1,4
Сельское хозяйство	250,7	121,3	-129,4	-51,6	7,9	6,4	-1,5
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство	-77,4	-506,6	-429,2	554,5	-2,4	-25,0	-22,5
Отходы	52,2	96,7	44,5	85,2	1,6	2,9	1,2
Всего (без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства)	3166,5	2156,6	-1009,9	-31,9	100,0	100,0	0,0
Всего (с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства)	3089,2	1650	-1439,2	-46,6	x	x	x

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»<sup>6</sup>

Незначительные колебания в последующие годы были результатом различных внутренних и внешних факторов, оказывающих влияние на развитие экономики. После 2000-х годов, несмотря на рост ВВП и последующее восстановление производства, выбросы остаются практически без изменений в связи с положительными изменениями в энергоэффективности применяемых технологий. Аналогичная картина наблюдается в сельском хозяйстве. Несмотря на существенное увеличение объемов производства продукции сельского хозяйства с 1999 года, дальнейшего роста выбросов не последовало (рис. 3)

Причиной наблюдаемых разнонаправленных тенденций является внедрение технологий и методов, которые позволяют более эффективно использовать оборотные средства производства (удобрения, пестициды, энергетические мощности и др.). Например, использование точного земледелия и контролируемое орошение позволяют сократить потребность в химических веществах и уменьшить загрязнение окружающей среды [11]. Всё это позволит повысить эффективность сельского хозяйства при минимальных негативных воздействиях на окружающую среду и низких объемах выбросов парниковых газов.

Анализ рейтинга секторов, вносящих вклад в выбросы парниковых газов (табл. 2), показал, что долю сельского хозяйства в выбросах можно оценить как незначительную по сравнению с энергетическими отраслями и промышленными производствами. Поэтому основной упор в России делается на снижение выбросов именно в энергетике за счет увеличения доли возобновляемых источников энергии.

За изучаемый период удельный вес агросектора снизился на 1,5%, что явилось следствием сокращения выбросов в абсолютном выражении на 129,4 млн т, или на 51,6%. Несмотря на мнение отдельных экспертов, утверждающих, что сокращение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве существенно не изменит ситуацию в решении проблемы декарбонизации экономики<sup>12</sup>, следует отметить, что отрасль находится на 3-м месте в рейтинге секторов, влияющих на размер выбросов парниковых газов, а доля составляет около 6,4% от общего объема в 2021 году, за последние 50 лет выбросы в сельском, лесном и рыбном хозяйстве практически удвоились (по оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной ООН), и если не принять необходимых мер, то к 2050 году они могут вырасти еще на 30%.

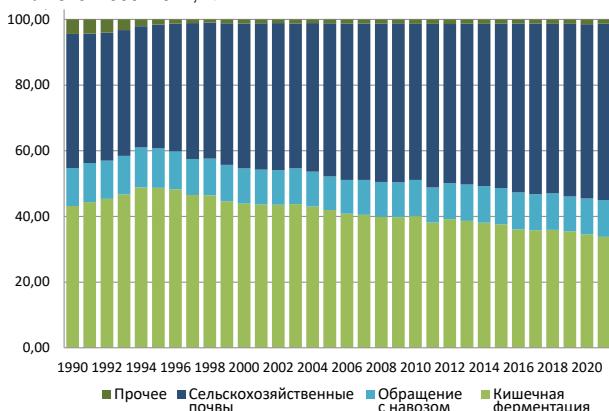
<sup>10</sup> Climate Watch: открытые данные [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.climatewatchdata.org/>

<sup>11</sup> Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2022 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13396>

<sup>12</sup> Кулакова Т. Путь к углеродной нейтральности. Какую роль будет играть сельское хозяйство в декарбонизации экономики. АгроИнвестор, 2022 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/37492-put-k-uglerodnoy-neytralnosti-kakuyu-rol-budet-igrat-selskoe-hozyaystvo-v-dekarbonizatsii-ekonomiki/>

**Рис. 4.** Структура углеродного следа сельского хозяйства по источникам в динамике за 1990–2021 гг., %

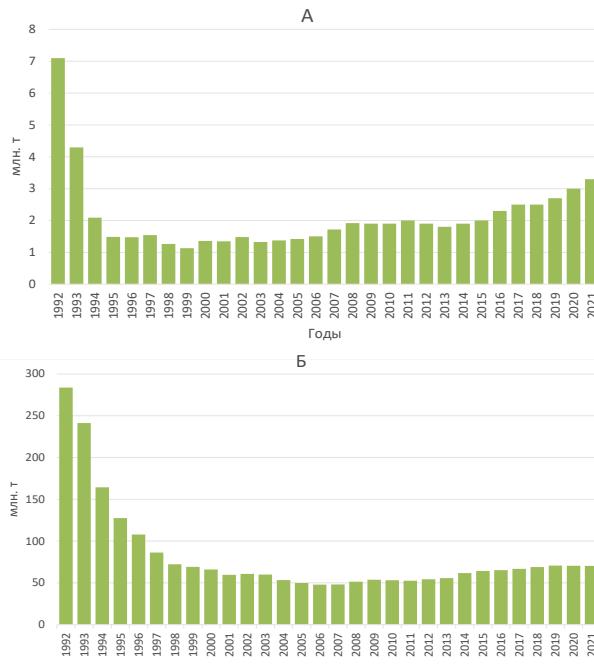
**Fig. 4.** Structure of the carbon footprint of agriculture by source over time for 1990–2021, %



Источник: Построено авторами по данным сайта <https://www.climatewatchdata.org/>

**Рис. 5.** Динамика внесения минеральных (А) и органических (Б) удобрений в сельскохозяйственных организациях (в пересчете на 100% питательных веществ) за 1992–2021 гг.

**Fig. 5.** Dynamics of the application of mineral (A) and organic (B) fertilizers in agricultural organizations (in terms of 100% nutrients) for 1992–2021



Источник: Построено авторами по данным Росстата<sup>8</sup>

**Таблица 3. Динамика выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве по источникам за 1990–2021 гг.**

**Table 3. Dynamics of greenhouse gas emissions in agriculture by source for 1990–2021**

Год	Внутренняя ферментация, $\text{CH}_4$	Системы сбора и хранения навоза			Рисовые поля, $\text{CH}_4$	Почвы		Выбросы $\text{CO}_2$ при известковании и внесении мочевины	Всего
		$\text{CH}_4$	прямой выброс, $\text{N}_2\text{O}$	косвенный выброс, $\text{N}_2\text{O}$		прямой выброс, $\text{N}_2\text{O}$	косвенный выброс, $\text{N}_2\text{O}$		
Объемы выбросов, тыс. т $\text{CO}_2$ -экв.									
1990	108 280	13 495	8450	7042	856	85 327	17 112	10 173	250 735
2000	53 068	5652	4065	3214	520	46 446	6830	971	120 764
2010	42 294	4594	3959	3077	623	43 500	6596	778	105 420
2020	40 995	5706	3886	3428	609	53 976	9091	1115	118 805
2021	41 007	5926	4041	3594	585	55 588	9564	980	121 285
Темп прироста за 1990–2021 гг., %	-62,1	-56,1	-52,2	-49,0	-31,6	-34,9	-44,1	-90,4	-51,6
Структура по источникам выбросов, % к итогу									
1990	43,2	5,4	3,4	2,8	0,3	34,0	6,8	4,1	100,0
2021	33,8	4,9	3,3	3,0	0,5	45,8	7,9	0,8	100,0

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Выбросы  $\text{N}_2\text{O}$  из обрабатываемых почв и выбросы  $\text{CO}_2$  в результате применения извести и мочевины // Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)

Рассмотрение объемов и структуры выбросов в результате функционирования сельского хозяйства — важное направление анализа. Основными источниками роста парникового эффекта в аграрной сфере являются следующие: развитие животноводства, способствующее росту выбросов метана в результате жизнедеятельности животных, особенно крупного рогатого скота. Это составляет до 15% всех парниковых газов, производимых человеком; внесение азотных удобрений вследствие интенсификации производства в целях роста урожайности культур и производства сельскохозяйственной продукции растениеводства. Использование этого вида удобрений в земледелии приводит к выделению оксидов азота; выращивание риса, предполагающее затопление рисовых полей, ведет к генерированию значительных объемов метана; вырубка лесов для расширения площадей сельскохозяйственных угодий устраивает естественные «поглотители»  $\text{CO}_2$ , усиливая парниковый эффект; использование ископаемого топлива для осуществления всех процессов механизации, транспортировки, а также производства удобрений — источника  $\text{CO}_2$ .

Как видно из таблицы 3 и рисунка 4, наибольшее влияние на формирование общего объема парниковых газов оказывают два основных источника — почвы и кишечная ферментация животных.

Так, наибольший удельный вес в сельском хозяйстве занимают выбросы закиси азота от сельскохозяйственных почв (удельный вес 45,8%) в связи с происходящими естественными процессами нитрификации и денитрификации. Основными источниками  $\text{N}_2\text{O}$  из обрабатываемых почв являются искусственные азотные удобрения, органический азот, внесенный в качестве удобрения (например, навоз, компост, осадок сточных вод, отходы переработки непищевого животного сырья), азот мочи и помета, оставленный на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными, азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфикссирующих и кормовых культур в процессе обновления (восстановления) пастбища<sup>13</sup>. За изучаемый период доля этой категории увеличилась на 11,8% в общем объеме выбросов, притом что с 1990 года прямые выбросы закиси азота снизились на 29,7 млн т в  $\text{CO}_2$ -эквиваленте.

Это было связано прежде всего с существенным снижением внесения минеральных и органических удобрений (рис. 5), объемы применения которых только в сельскохозяйственных организациях с 1992 года

Таблица 4. Динамика поголовья скота в хозяйствах всех категорий России, млн голов

Table 4. Dynamics of livestock in farms of all categories in Russia, million heads

Вид животных	1991 г.	2000 г.	2010 г.	2021 г.	Изменение численности поголовья животных в 2021 г. по сравнению с 1991 г.	
					±	%
Крупный рогатый скот	54,7	27,5	19,8	17,6	-37,1	32,2
Свиньи	35,4	15,8	17,3	26,2	-9,2	74,0
Овцы и козы	55,3	15,0	21,7	21,0	-34,3	38,0

Источник: Рассчитано авторами по данным Росстата

сократились на 53,5% и 75,3% соответственно. В силу высокой стоимости минеральных удобрений и снижения поголовья животных для крестьянских (фермерских) хозяйств и тем более хозяйств населения это стало роскошью.

На втором месте в структуре выбросов парниковых газов находится прямой выброс метана в результате внутренней ферментации домашних животных (треть всех выбросов в эквиваленте  $\text{CO}_2$ ). В России, так же как и во многих странах, крупный рогатый скот является важным источником метана вследствие высокой интенсивности выделения этого газа в связи с особенностями пищеварительной системы жвачных животных и высокой плотности поголовья<sup>14</sup>.

За 30 лет доля метана снизилась на 9,4 п. п. за счет существенного сокращения его выбросов с 108,2 до 41,0 тыс. т (на 62,1%).

Снижение показателя обусловлено сокращением поголовья крупного рогатого скота за период агроэкономических преобразований, серьезно отразившихся на ресурсном и производственном потенциале сельского хозяйства. В первые 10 лет агроэкономических преобразований поголовье КРС сократилось в 2 раза, свиней — в 2,2 раза, овец и коз — в 3,7 раза. Несмотря на замедление темпов и рост к 2021 году поголовья скота и свиней, допустимый уровень так и не восстановился, особенно это касается крупного рогатого скота, по которому не достигнута продовольственная независимость страны. Соответственно, сократились и посевные площади, используемые под кормление животных, с 44,6 млн га в 1990 г. до 13,9 млн га в 2021-м (на 30,7 млн га, или в 3,2 раза).

### Выводы/Conclusion

В политике снижения парниковых газов основополагающую роль играет государство, на котором лежит ответственность за создание нормативно-правовой базы климатического регулирования. В связи с целевыми индикаторами требуется осуществлять мониторинг показателей углеродной нейтральности для формирования безопасности окружающей среды и устойчивого экономического роста [12, 13].

Несмотря на то что в данный момент к регулируемым относят ресурсодобывающие, металлургические, химические и транспортные предприятия, выбросы парниковых газов которых превышают 150 т  $\text{CO}_2$  в год, тем не менее остальные предприятия в скором будущем будут отчитываться о своем углеродном следе. А реализацию на практике Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года ожидает дальнейшее масштабирование, после которого низкоуглеродная политика будет касаться всех сфер и практических всех предприятий, в том числе в аграрной сфере [14].

На данный момент мониторинг, контроль и снижение углеродного следа в аграрной сфере интересуют только ориентированные на внешний экспорт предприятия. Однако расчет углеродного следа поможет аграриям достичь больших результатов меньшими ресурсами, будет способствовать получению дешевого кредитования за счет своей экологичности и, конечно, позволит ставить долгосрочные цели по сохранению климата.

Важным направлением совершенствования учета выбросов парниковых газов является создание единой информационной системы [15], которая позволит как актуализировать информацию о кадастре антропогенных выбросов в РФ, так и автоматически собирать углеродную отчетность предприятий на базе реестра выбросов парниковых газов. Для этого необходима разработка инструмента для оперативного и точного расчета эмиссии парниковых газов, учитывающего особенности деятельности хозяйствующего субъекта.

К эффективному инструменту для расчета углеродного следа предъявляются следующие требования: точность в измерении и мониторинге выбросов парниковых газов из различных источников; научно обоснованная методология, разработанная в соответствии с отраслевыми стандартами и особенностями; интуитивно понятный и удобный интерфейс; формирование отчетности и инструменты визуализации данных; возможность интеграции с существующими на предприятии системами.

Достижение сельским хозяйством углеродной нейтральности — процесс длительный и сложный, предполагающий пересмотр всех аспектов производственного, организационного и управленического процесса производства, комплексной цифровизации, внедрения новых инновационных зеленых технологий, осуществления постоянного экологического мониторинга, разработки принципиально новых механизмов функционирования и развития, повышения квалификации работников и др. Учет эмиссии парниковых газов должен быть интегрирован в общую систему управления сельским хозяйством для обеспечения рационального использования ресурсов, роста производства продовольствия без снижения эффективности и доходности агропроизводителей и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

<sup>14</sup> Выбросы от скота и в результате уборки, хранения и использования навоза // Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за пLAGIAT.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосеева Т.А. Методы мониторинга парниковых газов. *Инновации и инвестиции*. 2023; (5): 456–461.  
<https://www.elibrary.ru/apueug>
2. Копыгин И.А., Резникова О.Б. Низкоуглеродное развитие — усиливающийся тренд в мировой экономике. Барановский В.Г., Соловьев Э.Г. (ред.). *Год планеты*. М.: Идея-Пресс. 2022; 2021: 21–29.  
<https://www.elibrary.ru/psktpb>
3. Охотников И.В., Шарифуллин А.Р. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности как приоритет и фактор экономического роста и развития России. *Экономическая наука и практика. Материалы VI Международной научной конференции*. Казань: Молодой ученый. 2018; 10–13.  
<https://www.elibrary.ru/ywoofe>
4. Бобылев С.Н., Кириюшин П.А., Кудрявцева О.В. (ред.). Зеленая экономика и цели устойчивого развития для России. Коллективная монография. М.: Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. 2019; 284.  
ISBN 978-5-906932-32-7
5. Бодур А.М., Романцева Ю.Н. Нормативно-правовое регулирование выбросов парниковых газов в России. *Тренды развития сельского хозяйства и агрообразования в парадигме реленой экономики. Материалы Международной научно-практической конференции*. М.: Издательство РГАУ — МСХА. 2023; 1: 181–185.  
<https://www.elibrary.ru/bbgrmm>
6. Стоцкая Д.Р., Муратов Р.Р. Парниковые газы — глобальная экологическая проблема. *Наука через призму времени*. 2020; (11): 5–7.  
<https://www.elibrary.ru/yuvcrh>
7. Родионова И.А., Силкин С.А., Тимофеев Е.И. Устойчивое развитие сельского хозяйства на основе инноваций. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2021; 17(397): 699–718.  
DOI: 10.24891/ni.17.4.699
8. Порфирьев Б.Н., Ширков А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России. *Мировая экономика и международные отношения*. 2020; 64(9): 15–25
9. Нечаев В.И., Михайловский П.В. Проблемы научно-инновационного развития отраслей АПК. *Экономика сельского хозяйства России*. 2019; (5): 52–59.  
<https://doi.org/10.32651/195-52>
10. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Базы данных по эмиссии парниковых газов от агропродовольственных систем *International agricultural journal*. 2023; 66(4): 2.  
<https://www.elibrary.ru/dabydi>
11. Ровнов Ю.Е., Калимуллина М.Э., Беляева М.А. и др. Карбоновое земледелие: условия для прорыва: экспертный доклад. 2022; 64.  
DOI: 10.17323/978-5-7598-2738-2
12. Тимофеев Г.П., Подколзин П.Л., Гладилин Д.Е. Глобальные тренды и проблемы достижения углеродной нейтральности. *Отходы и ресурсы*. 2022; 9(4). DOI: 10.15862/01ECOR422
13. Романовская А.А., Гинзбург В.А., Гладильщикова А.А. Возможности усовершенствования системы расчетного мониторинга антропогенных выбросов парниковых газов и черного углерода на территории Российской Федерации. *Проблемы прогнозирования*. 2023; (6): 37–52.  
<https://doi.org/10.47711/0868-6351-201-37-52>
14. Щелконогова Е.Е. Стратегия низкоуглеродного перехода России. *Экономика и предпринимательство*. 2023; 12(161). 112–115.  
DOI: 10.34925/EIP2023.161.12.20
15. Хоружий Л.И., Катков Ю.Н., Романова А.А., Каткова Е.А., Джихия М.К. Информационно-аналитические инструменты мониторинга экологической безопасности организаций АПК. *Экономика сельского хозяйства России*. 2023; (11): 104–109.  
<https://doi.org/10.32651/2311-104>

## ОБ АВТОРАХ

## Юлия Николаевна Романцева

кандидат экономических наук, доцент  
romantseva@rgau-msha.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-0784-6693>

## Айсу Мустафаевна Бодур

ассистент  
bodur\_a@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0009-0002-7491-0114>

## Веста Владимировна Маслакова

кандидат экономических наук, доцент  
maslakovavv@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5670-8516>

## Мария Вячеславовна Кагирова

кандидат экономических наук, доцент  
mkagirova@rgau-msha.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-1782-3647>

Российский государственный аграрный университет —  
МСХА им. К.А. Тимирязева,  
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

## REFERENCES

1. Fedoseeva T.A. Methods for monitoring greenhouse gases. *Innovation & Investment*. 2023; (5): 456–461 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/apueug>
2. Kopytin I.A., Reznikova O.B. Low carbon development is a growing trend in the world economy. Baranovsky V.G., Soloviev E.G. (eds.). *Year of the Planet*. Moscow: Idea-Press.ru. 2022; 2021: 21–29 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/psktpb>
3. Okhotnikov I.V., Sharifullin A.R. Energy saving and increasing energy efficiency as a priority and factor in the economic growth and development of Russia. *Economic science and practice. Proceedings of the VI International scientific conference*. Kazan: Young scientist. 2018; 10–13 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/ywoofe>
4. Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtseva O.V. (eds.). *Green economy and sustainable development goals for Russia. Collective monograph*. Moscow: MSU Faculty of Economics. 2019; 284 (in Russian).  
ISBN 978-5-906932-32-7
5. Bodur A.M., Romantseva Yu.N. Regulatory regulation of greenhouse gas emissions in Russia. *Trends in the development of agriculture and agro-education in the Green Economy paradigm. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2023; 1: 181–185 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/bbgrmm>
6. Stotskaya D.R., Muratov R.R. Greenhouse gases — a global ecological problem. *Nauka cherez prizmu vremeni*. 2020; (11): 5–7 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/yuvcrh>
7. Rodionova I.A., Silkin S.A., Timofeev E.I. Sustainable development of agriculture based on innovation. *National interests: priorities and security*. 2021; 17(397): 699–718 (in Russian).  
DOI: 10.24891/ni.17.4.699
8. Porfirьев B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Yu. Low-carbon development strategy: prospects for the Russian economy. *World economy and international relations*. 2020; 64(9): 15–25 (in Russian).
9. Nechaev V.I., Mikhailushkin P.V. Problems of scientific innovative development of the industries of agrarian and industrial complex. *Economics of Agriculture of Russia*. 2019; (5): 52–59 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32651/195-52>
10. Sipits S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Databases on greenhouse gas emissions from agrifood systems. *International agricultural journal*. 2023; 66(4): 2 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/dabydi>
11. Rovnov Yu.E., Kalimullina M.E., Belyaeva M.A. etc. Carbon farming: conditions for a breakthrough: expert report. 2022; 64 (in Russian).  
DOI: 10.17323/978-5-7598-2738-2
12. Timofeev G.P., Podkolzin P.L., Gladilin D.E. Global trends and challenges to achieving carbon neutrality. *Waste and resources*. 2022; 9(4) (in Russian).  
DOI: 10.15862/01ECOR422
13. Romanovskaya A.A., Ginzburg V.A., Gladilshchikova A.A. Possibilities for Improving the System of Calculated Monitoring of Anthropogenic Emissions of Greenhouse Gases and Black Carbon on the Territory of the Russian Federation. *Studies on Russian Economic Development*. 2023; 34(6): 746–757 (in Russian).  
<https://doi.org/10.1134/S1075700723060138>
14. Shchelkonogova E.E. Russia's low-carbon transition strategy. *Economics and entrepreneurship*. 2023; 12(161); 112–115 (in Russian).  
DOI: 10.34925/EIP2023.161.12.20
15. Khoruzhy L.I., Katkov I.A., Romanova A.A., Katkova E.A., Jikiya M.K. Information and analytical tools for monitoring the environmental safety of agricultural organizations. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023; (11): 104–109 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32651/2311-104>

## ABOUT THE AUTHORS

## Julia Nikolaevna Romantseva

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
romantseva@rgau-msha.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-0784-6693>

## Aisu Mustafaevna Bodur

Assistant  
bodur\_a@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0009-0002-7491-0114>

## Vesta Vladimirovna Maslakova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
maslakovavv@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5670-8516>

## Maria Vyacheslavovna Kagirova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
mkagirova@rgau-msha.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-1782-3647>

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia