

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ СОКРАЩЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. И. БЕРТОШ<sup>1,2</sup>, И. П. НАРКЕВИЧ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,  
Белорусский государственный университет,  
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Бел НИЦ «Экология»,  
ул. Якубова, 76, 220095, г. Минск, Беларусь

Оценка выбросов парниковых газов является основой для выполнения международных обязательств стран, ратифицировавших Рамочную конвенцию Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) и Парижское соглашение, включая Республику Беларусь. Результаты оценки также необходимы при подготовке национальных кадастров парниковых газов, планировании целей по снижению выбросов парниковых газов и при разработке национальных стратегий низкоуглеродного развития на перспективу до 2050 г. В настоящее время в Республике Беларусь отсутствует комплексный нормативно-правовой документ, определяющий долгосрочные направления снижения выбросов парниковых газов различных отраслей экономики, принятие которого требуется, в частности, для реализации положений Парижского соглашения. Некоторые мероприятия предусмотрены программами и стратегиями развития отдельных отраслей экономики на ближайший пятилетний период (2021–2025 гг.) и до 2030 г. В частности, предполагается обеспечить выбросы парниковых газов в 2030 г. ниже уровня 1990 г. на 35–40 % за счет реализации различных мер в области повышения энергоэффективности национальной экономики, ресурсосбережения, развития и внедрения технологий безопасной утилизации отходов, устойчивого управления лесами. Мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве в рамках национальной цели по снижению выбросов парниковых газов пока не рассматриваются. Вместе с тем сельское хозяйство значительно влияет на выбросы парниковых газов, а его вклад в общенациональные выбросы постоянно увеличивается. Следовательно, необходима разработка и реализация определенных мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов в этом секторе. Цель данного исследования – анализ выбросов парниковых газов, происходящих в результате производства сельскохозяйственной продукции за 1990–2021 гг. Для этого определены основные источники выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве, проанализирована эффективность различных мероприятий по сокращению их выбросов, а также предложены приоритетные направления для снижения антропогенного воздействия сельского хозяйства на климат, что может стать основой для разработки долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития в Республике Беларусь.

**Ключевые слова:** парниковые газы; низкоуглеродное развитие; устойчивое сельское хозяйство; меры по сокращению выбросов; углеродное земледелие; климатически-ориентированные технологии.

### Образец цитирования:

Бертош ЕИ, Наркевич ИП. Влияние сельскохозяйственного производства на выбросы парниковых газов и направления их сокращения в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2024;1:93–101. <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2024-1-93-101>

### For citation:

Bertosh EI, Narkevitch IP. The impact of agricultural production on the emissions of greenhouse gases and the directions to reduce them in the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2023;4:93–101. Russian. <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2024-1-93-101>

### Авторы:

**Иван Петрович Наркевич** – доктор технических наук, доцент; профессор кафедры экологического мониторинга и менеджмента<sup>1</sup>; старший научный сотрудник, отдела международного научного сотрудничества и климата<sup>2</sup>.  
**Евгения Ивановна Бертош** – аспирант кафедры экологического мониторинга и менеджмента<sup>1</sup>; заместитель заведующего отделом международного научного сотрудничества и климата<sup>2</sup>.

### Authors:

**Ivan P. Narkevich**, doctor of science (technical), docent; professor at the department of environmental monitoring and management<sup>a</sup>; senior researcher at the department of international scientific cooperation and climate<sup>b</sup>.  
[ivan.narkevitch@mail.ru](mailto:ivan.narkevitch@mail.ru)  
**Evgeniya I. Bertosh**, graduate student at the department of environmental monitoring and management<sup>a</sup>; deputy head of the department of international scientific cooperation and climate<sup>b</sup>.  
[ebertosh@gmail.com](mailto:ebertosh@gmail.com)

## THE IMPACT OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE EMISSIONS OF GREENHOUSE GASES AND THE DIRECTIONS TO REDUCE THEM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*E. I. BERTOSH<sup>a, b</sup>, I. P. NARKEVITCH<sup>a, b</sup>*

*<sup>a</sup>International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,  
23/1 Dauhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus*

*<sup>b</sup>Bel SIC «Ecology»,*

*76 Jakubava Street, Minsk 220095, Belarus*

*Corresponding author: I. P. Narkevich (ivan.narkevitch@mail.ru)*

The assessment of greenhouse gas emissions is the basis for fulfilling of the international obligations of countries that have ratified the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement, including the Republic of Belarus. The results of its assessment are required for the preparation of the Greenhouse Gas Emissions Inventory Reports, goals for reduction of greenhouse gas emissions and the development of national long-term low-carbon strategies until 2050. Currently, the Republic of Belarus does not have a comprehensive document defining long-term directions for the reducing of greenhouse gas emissions in r various sectors of the economy, the adoption of which is necessary, in particular, for the implementation of the requirements of the Paris Agreement. Some of the measures for reduction of greenhouse gas emissions activities have been implemented by programs and strategies for the development of individual sectors of the economy for the next five-year period for 2021–2025 and up to 2030. In particular, it is expected to ensure greenhouse gas emissions in 2030 below the 1990 emission level by 35–40 % through the implementation of various measures to improve the energy efficiency of the national economy, resource saving, development and implementation of technologies of waste management, sustainable forest use. Measures to reduce greenhouse gas emissions in agriculture within the framework of the national goal to reduce greenhouse gas emissions have not yet been considered. At the same time, agriculture has a significant impact on greenhouse gas emissions and its contribution to national emissions is constantly increasing. Therefore, it is necessary to develop and implement certain measures to reduce greenhouse gas emissions in this sector. The purpose of this article is to analyze greenhouse gas emissions resulting from agricultural production over the period 1990–2021. For this purpose, the main sources of greenhouse gas emissions in agriculture have been identified, and priority areas for reducing of anthropogenic impact have been proposed that can be laid down for to the national strategy of low-carbon development of the Republic of Belarus.

**Keywords:** greenhouse gases; low-carbon development; sustainable agriculture; measures to reduce emissions; carbon farming; climate-smart technologies.

### Введение

Сельское хозяйство является важным сектором экономики Республики Беларусь, обеспечивающим продовольственную безопасность, создающим трудовой и социальный потенциал для развития сельской местности. Вместе с тем оно вносит существенный вклад в выбросы парниковых газов, являясь вторым по значимости источником выбросов в стране после сектора энергетики [1]. Традиционные практики ведения сельского хозяйства оказывают огромное влияние на климат, приводят к значительным объемам выбросов парниковых газов, а также усугубляют ряд таких экологических проблем, как деградация почв, загрязнение земель и водных объектов, потеря биоразнообразия.

Без принятия должных мер по сокращению выбросов парниковых газов влияние сектора может только увеличить его вклад в рост общенациональных выбросов парниковых газов и нивелировать все усилия государства, направленные на их ограничение, осуществляемые в рамках установленной национальной цели – сокращение к 2030 г. на 35–40 % от уровня 1990 г. Реализация данной цели планируется, в основном, путем выполнения мероприятий, предусмотренных действующими программами развития в области повышения энергоэффективности национальной экономики, ресурсосбережения, развития и внедрения технологий безопасной утилизации отходов, а также устойчивого управления лесами.

В соответствии с требованиями Парижского соглашения каждые пять лет эта национальная цель должна быть пересмотрена в сторону ее повышения. Уже к концу 2025 г. Правительством республики должна быть принята более амбициозная цель с горизонтом ее реализации до 2035 г. Кроме того, Парижском соглашением установлено требование к его сторонам по разработке стратегий низкоуглеродного развития до 2050 г. В настоящее время в стране такая стратегия еще не утверждена.

Таким образом, основные цели по снижению антропогенной нагрузки на изменения климата в Республике Беларусь распространяются на горизонт до 2030 г., при этом потенциал сельского

хозяйства на сокращение выбросов парниковых газов не учитывается, а долгосрочные ориентиры низкоуглеродного развития пока еще не определены.

Цель исследования – определение приоритетных направлений и мер для сокращения выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве Республики Беларусь на долгосрочную перспективу.

### Материалы и методы исследования

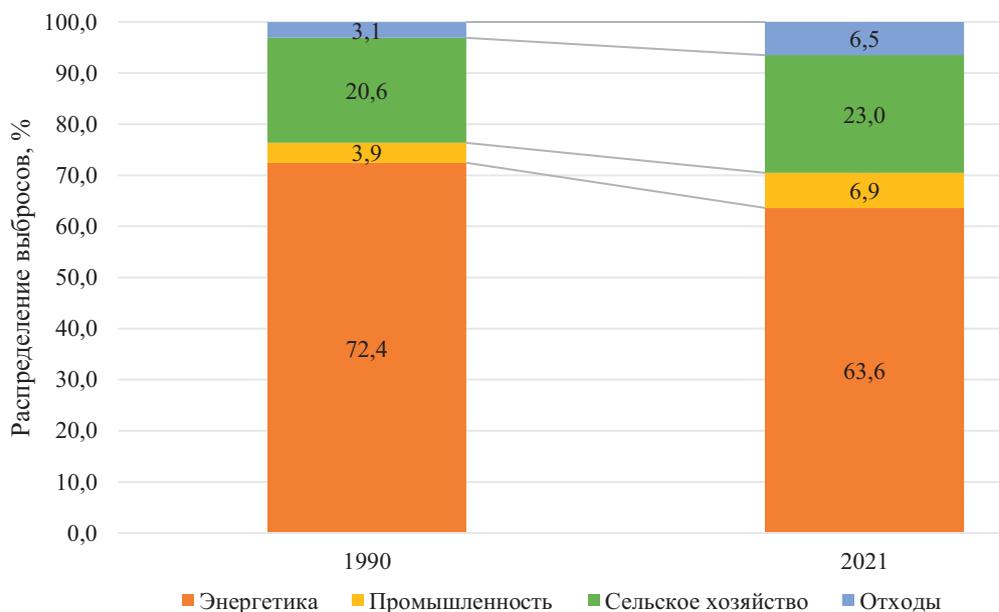
Для подготовки исследования использовались последние опубликованные данные государственного учета антропогенных выбросов из источников абсорбции и поглотителей парниковых газов за 1990–2021 гг., рассчитанные с помощью методических указаний для подготовки национальной отчетности парниковых газов [1; 2].

Приоритетные направления по сокращению выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве были сформированы на основании анализа литературных источников отечественных и зарубежных авторов, национального и международного законодательства в области изменения климата.

Изменение содержания углерода на землях при переходе от традиционных методов возделывания почв к устойчивым формам различных технологий углеродного земледелия рассчитано с использованием данных и методик, описанных в [2].

### Результаты исследования и их обсуждение

По данным [1], выбросы парниковых газов в Республике Беларусь в 2021 г. составили 91 988,2 тыс. т в эквиваленте CO<sub>2</sub>. При этом значительная их часть – 23,0 % приходится на сектор «сельское хозяйство». В 1990 г. доля отрасли была несколько ниже и составляла 20,6 %.



Примечание. Составлено автором по материалам [1]

Рис. 1. Выбросы парниковых газов по секторам экономики

Fig. 1. Greenhouse gases emissions by economy sectors

В данном секторе учитываются следующие категории источников [1; 2]:

- выбросы CH<sub>4</sub> от внутренней ферментации домашнего скота;
- прямые и косвенные выбросы CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O в результате уборки, хранения и использования навоза;
- прямые и косвенные выбросы N<sub>2</sub>O от пахотных почв, включая применение минеральных удобрений, запахивание растительных остатков, культивацию торфяных почв и др.;
- выбросы CO<sub>2</sub> от известкования почв и внесения карбамида (мочевины).

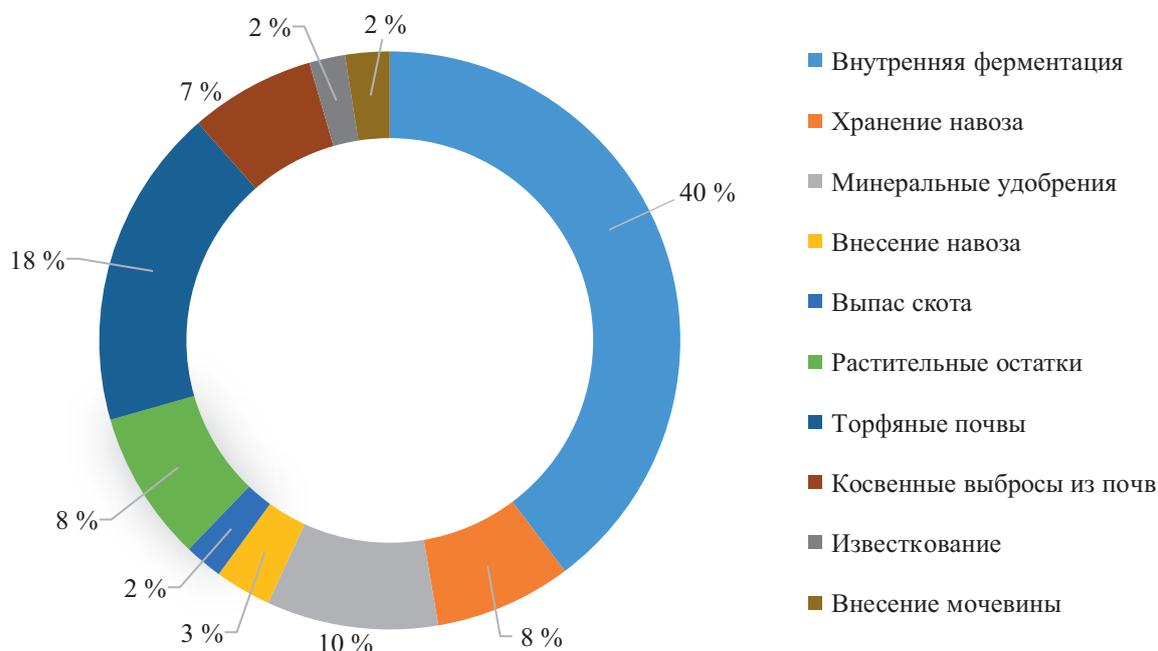
Выбросы парниковых газов, связанные с потреблением энергетических и топливных ресурсов на нужды сельского хозяйства, согласно методическим требованиям для ведения государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и их абсорбции поглотителями парниковых газов (далее – кадастр парниковых газов), включаются в сектор «энергетика» и учитываются совместно с лесным и рыбным

хозяйством, а изменение содержания запасов углерода на сельскохозяйственных землях рассматриваются в секторе «землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство».

По данным кадастра парниковых газов, выбросы от источников в секторе сельское хозяйство в 2021 г. составили 21 178,9 тыс. т в эквиваленте CO<sub>2</sub>, где наибольшее количество – 49 % связано с обработкой сельскохозяйственных почв. Сюда входят прямые выбросы закиси азота от возделывания торфяных почв – 18 %, внесения минеральных (азотных) удобрений – 10, растительных остатков – 8, навоза в почвы – 3, выпаса скота – 2 %, а также косвенные выбросы закиси азота в результате улетучивания в атмосферу и выноса азота в водные объекты (выщелачивания) – 7 %.

Естественные процессы внутренней ферментации, происходящие у сельскохозяйственных животных, служат источником около 40 % выбросов в секторе. Из них 97 % выбросов приходится на крупный рогатый скот (КРС) [1]. Помимо этого, хранение образующегося навоза до его внесения в почву в качестве органических удобрений добавляет еще 7 % выбросов по сектору.

Внесения известковых материалов и мочевины приводит к незначительному количеству выбросов парниковых газов – около 2 % каждый источник соответственно (рис. 2).



Примечание. Составлено авторами по материалам [1].

Рис. 2. Распределение выбросов парниковых газов в секторе сельское хозяйство по категориям источников  
Fig. 2. Contribution of different greenhouse gases emission sources by categories

За 1990–2021 гг. выбросы в сельском хозяйстве сократились на 29,1 %. Оно связано с существенным падением сельскохозяйственного производства в период 1990–1999 гг., которое было вызвано ухудшением экономической ситуации в стране после распада Советского Союза. В результате чего валовая добавленная стоимость сельского хозяйства сократилась на 35,3 %. Наряду с этим, снижение выбросов парниковых газов в 2021 г. по сравнению с базовым периодом – 1990 г. связано с сокращением потребления азотных удобрений на 37,4 %, уменьшением среднегодового поголовья КРС на 40,4 %, а также выводом из сельскохозяйственного использования около 167 тыс. га осушенных торфяных почв [1].

Следует отметить, что несмотря на сокращение объема выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве по сравнению с 1990 г., их доля в общем объеме таких выбросов возросла и составила в 2021 г. 23,0 % (рис. 1).

В течение рассматриваемого периода (1990–2021 гг.) снижение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве наблюдалось до 2002 г., после чего вслед за ростом выпуска сельскохозяйственной продукции на 59,8 %, потребления азотных удобрений на 73,1 % наблюдается увеличение выбросов парниковых газов в отрасли на 17,2 % (рис. 3).



Примечание. Составлено автором по материалам [1; 3; 4].

Рис. 3. Динамика выбросов парниковых газов и основных факторов, влияющих на них в секторе сельское хозяйство

Fig. 3. Greenhouse gases emission trends and its key drivers in the agriculture

Итак, тенденции выбросов парниковых газов в секторе указывают на их тесную связь с темпами экономического развития, а также объемами потребления основных экономических ресурсов, в том числе земельных. Без принятия должных мер дальнейшее наращивание производства сельскохозяйственной продукции непременно приведет к росту выбросов парниковых газов. Согласно некоторым прогнозным оценкам [5], ожидается, что выбросы в сельском хозяйстве повысятся в 2030 г. на 22,1 % по сравнению с текущим уровнем, составив 25 863,8 тыс. т в эквиваленте CO<sub>2</sub>. При этом выбросы все еще будут ниже базового 1990 г. на 13,4 %. Однако, учитывая необходимость каждые пять лет повышать обязательства по Парижскому соглашению по сокращению выбросов парниковых газов, а также снижение потенциала других секторов ограничивать выбросы, в дальнейшем потребуются поиск новых мер и внедрение инновационных технологий по сокращению выбросов парниковых газов, в том числе в сельском хозяйстве.

В стратегиях по декарбонизации экономик различных стран мира в качестве мер, влияющих на сокращение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве, предусматриваются мероприятия по повышению энергоэффективности за счет внедрения возобновляемых источников энергии, снижения потребления топливно-энергетических ресурсов и удобрений, по управлению кормлением для снижения выбросов внутренней ферментации, утилизации отходов сельского хозяйства с целью производства биогаза на биогазовых установках, накоплению углерода в биомассе и почве, а также проведению научных исследований в этой области. При этом отмечается, что наибольшим эффектом на сокращение выбросов парниковых газов обладают меры, влияющие на накопление углерода – поглощение CO<sub>2</sub> на сельскохозяйственных землях [6]. К ним относятся такие практики землепользования, которые способствуют повышению плодородия почв, предотвращению деградации земель, устойчивому управлению пахотными и луговыми землями.

В последние годы в мировой практике ведения сельского хозяйства стало активно внедряться «углеродное земледелие», которое представляет собой совокупность сельскохозяйственных агротехнических приемов, направленных на улавливание (депонирование) атмосферного углерода в почве, биомассе и подстилке. В частности, углеродное земледелие базируется на многих сельскохозяйственных технологиях [7–8]. Некоторые из них рассмотрены ниже.

**Ресурсосберегающие технологии обработки почв (минимальная/нулевая вспашка).** Ресурсосберегающие технологии выращивания сельскохозяйственных культур предполагают минимизацию

или отказ от механической обработки почвы; сохранение растительных остатков на поверхности почвы (мульчирование); планирование севооборотов, включающих рентабельные культуры и культуры, улучшающие плодородие почв; интегрированный подход в борьбе с вредителями и болезнями; использование качественных семян, отзывчивых к данным технологиям [9].

По данным некоторых исследований, за счет применения ресурсосберегающих технологий обработки почв повышается урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур, снижаются затраты на топливо, сохраняется почвенная влага, плодородие почвы [10]. При этом при переходе на технологии минимальной обработки почвы среднее накопление углерода на землях с минимальной вспашкой в среднем составит 524 кг С/га в год, что эквивалентно поглощению 1,9 т CO<sub>2</sub>/га в год обрабатываемых земель. Отказ от вспашки приведет к ежегодному накоплению 753 кг С/га или поглощению на 2,8 т CO<sub>2</sub>/га в год [2]. Здесь следует отметить, что изменение содержания углерода при переходе от одного режима землепользования к другому происходит в среднем в течение 20 лет, после чего баланс углерода приходит в равновесное состояние, где ежегодное накопление углерода будет соответствовать его потерям.

**Органическое земледелие** предусматривает отказ от применения синтетических форм удобрений и добавок, а также пестицидов и характеризуется большим поступлением органических веществ в почву за счет внесения органических форм удобрений (компост, навоз), мульчирования, выращивания покровных культур. Благодаря большому количеству поступления органики, повышается плодородие почв и минимизируются климатические изменения путем увеличения накопления углерода в почвах.

В сравнении с традиционной практикой выращивания сельскохозяйственных культур переход на органическое земледелие будет способствовать ежегодному накоплению 914 кг углерода/га или поглощению 3,4 т в эквиваленте CO<sub>2</sub> в течение 20 лет.

**Точное земледелие** – это комплексная система сельскохозяйственного планирования, позволяющая управлять урожайностью с помощью различных информационных технологий. Управление урожайностью сельскохозяйственных культур достигается за счет дифференцированного подхода к определению оптимальных доз удобрений и семян на различных участках поля, исходя из анализа данных аэрокосмических снимков, структуры и состава почвы, погодных условий и т. д.

Применение точного земледелия позволяет повысить эффективность и производительность на каждом этапе сельскохозяйственных работ, оптимизировать количество вносимых материалов, снизить затраты на топливо и удобрения, а также увеличить урожайность [11]. Помимо экономических выгод, связанных с сокращением материальных ресурсов на внесение минеральных удобрений и добавок в почву, а также получения прибыли с прибавкой к урожаю, внедрение системы точного земледелия снижает антропогенную нагрузку на почвы, улучшает их экологическое состояние, снижает уровень загрязненности водных объектов, благоприятно сказывается на биоразнообразии.

За счет перехода на точное земледелие возможно накопить в среднем в год в течение 20-летнего периода 262 кг углерода/га, что эквивалентно поглощению 1 т CO<sub>2</sub>/га.

**Управление луговыми угодьями и недопущение их деградации.** Одним из направлений углеродного земледелия, влияющего на увеличение поглощения CO<sub>2</sub>, является повышение продуктивности луговых угодий (сенокосы и пастбища) посредством регулирования выпаса скота, дифференцированного внесения органики, а также улучшения посевов трав путем перезалужения травостоев. При этом ежегодное накопление углерода на управляемых луговых угодьях в течение 20 лет составит 1,5 т/га или приведет к поглощению 5,5 т CO<sub>2</sub>/га в год. Все эти приемы позволяют не только положительно воздействовать на климат, но и существенным образом улучшить видовой состав луговой растительности, а также качество и урожайность кормовых угодий.

**Предотвращение деградации осушенных торфяных почв.** Осушенные торфяные почвы характеризуются большими потерями органического вещества, что приводит к ускорению процессов их деградации.

В зависимости от характера использования торфяников в сельском хозяйстве ежегодно теряется от 0,25 до 5 т углерода (или выбросам от 0,9 до 18 т в эквиваленте CO<sub>2</sub>) на гектар возделываемой площади, где наибольшие потери органического вещества наблюдаются при выращивании пропашных культур, наименьшие при выращивании многолетних трав [2].

В этой связи рациональное использование осушенных торфяников в сельском хозяйстве (преимущественно для выращивания многолетних трав) обеспечит минимальные потери органического вещества и сохранит плодородие осушенных торфяных почв [12]. Среднее сокращение потерь углерода при выращивании многолетних трав по сравнению с пропашными культурами составит 4,75 т/га или 17,4 т CO<sub>2</sub>/год.

Как видно из представленных данных (рис. 4), наибольшее поглощение выбросов парниковых газов может быть достигнуто за счет перехода к выращиванию многолетних трав на осушенных

торфяников, управления луговыми землями, наименьшее поглощение выбросов наблюдается при переходе на точное земледелие. Однако здесь не учитывается эффект от сокращения выбросов от уменьшения использования минеральных удобрений за счет их точного дозирования.



Примечание. Составлено авторами на основании выполненных расчетов по методике [2].

Рис. 4. Изменение содержания углерода / поглощение CO<sub>2</sub> при переходе на различные технологии «углеродного земледелия» по сравнению с традиционной технологией выращивания сельскохозяйственных культур

Fig. 4. Carbon stock change during the transition to various «carbon farming» technologies compared to the traditional technology of crop production

Следует отметить, что большинство из перечисленных выше мер являются частью существующей национальной политики Республики Беларусь в области развития сельского хозяйства, охраны окружающей среды и климата. В частности, Государственная программа «Аграрный бизнес на 2021–2025 гг., утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 г. № 59, в качестве приоритетных направлений, имеющих отношение к сокращению выбросов парниковых газов, предусматривает развитие органического земледелия; мероприятия по сохранению почвенного плодородия; развитие точного земледелия.

В соответствии с государственной Программой «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг., утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99, предполагается разработка и реализация проектов по экологической реабилитации торфяников, включая разработку научных обоснований и проектно-сметной документации.

Закон Республики Беларусь от 18 декабря 2019 г. № 272-3 «Об охране и использовании торфяников» и Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 30.12.2015 № 1111 определяют, что осушенные торфяные почвы должны преимущественно использоваться под выращивание многолетних трав и выпас сельскохозяйственных животных. Государственной программой «Энергосбережение» на 2021–2025 гг., утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2021 г. № 103, планируется строительство локальных биогазовых комплексов на отходах сельского хозяйства. В рамках Государственных научно-технических программ ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» (2021–2025 гг.), входящей в Перечень государственных программ научных исследований на 2021–2025 гг., утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 июля 2020 г. № 438, осуществляется финансирование научных исследований в области внедрения эффективного производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия в объемах, достаточных для внутреннего рынка и формирования экспорта при условии сохранения природных ресурсов посредством разработки и освоения в производстве новых подходов и технологий в области экономики и управления сельскохозяйственным производством, сохранения почвенного плодородия, земледелия, растениеводства, животноводства, кормопроизводства, производства продуктов питания, средств механизации.

Из проведенного анализа следует, что в Республике Беларусь реализуется комплекс конкретных мер, влияющих на снижение или сдерживание роста выбросов парниковых газов от сельскохозяйственной деятельности, а также на увеличение депонирования углерода на сельскохозяйственных землях. Однако для демонстрации влияния этих мер на сокращение выбросов парниковых газов необходимо при подготовке кадастра парниковых газов вести учет площадей сельскохозяйственных земель, возделываемых с помощью различных приемов, на основании которого можно выполнить оценку накопления углерода на сельскохозяйственных землях, происходящего в результате перехода от традиционных форм земледелия к климатически-ориентированному сельскому хозяйству [2]. Кроме того, необходимо проводить научные исследования в области влияния различных технологий на изменение запаса углерода на различных типах почв.

### Заключение

Таким образом, текущие тенденции выбросов парниковых газов демонстрируют их снижение относительно базового периода на 29,1 %. Вместе с этим вклад отрасли в общенациональные выбросы постоянно растет и, согласно прогнозам, в дальнейшем ожидается увеличение выбросов к 2030 г. по сравнению с текущим уровнем на 22,1 %. В настоящее время стоит задача выбора оптимальной модели и методов ведения сельского хозяйства с применением технологий снижения выбросов парниковых газов.

Наибольшим эффектом по сокращению выбросов парниковых газов обладают различные технологии «углеродного земледелия» путем применения наилучших методов возделывания почв и эффективного внесения удобрений. Приоритетными в отношении снижения выбросов парниковых газов могут стать меры в области рационального использования осушенных торфяных почв в сельском хозяйстве, различные приемы и технологии улучшения сенокосов и пастбищ, внедрение органического земледелия, а также другие ресурсосберегающие методы его ведения. Переход к методам устойчивого сельского хозяйства позволяет не только сокращать выбросы парниковых газов, но и повышать его производительность.

Следует отметить, что в Республике Беларусь уже реализуется ряд мер, направленных на сокращение выбросов парниковых газов и их поглощение в сельском хозяйстве в рамках отраслевых стратегий и программ развития. Однако для того чтобы эффект от реализации различных направлений низкоуглеродного сельского хозяйства отражался в кадастре парниковых газов, необходимо вести учет показателей внедрения климатически-ориентированных технологий и практик в Республике Беларусь, основанных на материалах национальных научных исследований.

### Библиографические ссылки

1. Государственный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов Республики Беларусь 1990–2021 гг. [Интернет, процитировано 29 февраля 2024]. РКИК ООН. URL: <https://unfccc.int/documents/273516>.
2. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. 2006. Том 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования [Интернет, процитировано 29 февраля 2024]: Институт глобальных экологических стратегий (Япония). URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html>.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Интернет, процитировано 29 февраля 2024]. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/>.
4. World Bank Open Data [Internet, cited 2024 February 29]. World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/>.
5. Восьмое национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по рамочной конвенции ООН об изменении климата [Интернет, процитировано 29 февраля 2024]. РКИК ООН. URL: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8NC\\_BLR.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8NC_BLR.pdf).
6. Long-term strategies portal [Internet, cited 2024 February 29]. UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies/>.
7. McDonald H, Frelih-Larsen A, Lóránt A, Duin L, Pyndt Andersen S, Costa G, and Bradley H. Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. Luxembourg: European Parliament; 2021. 67 p.
8. Carbon Farming [Internet, cited 2024 February 29]. Carbon Cycle Institute. URL: [www.carboncycle.org/](http://www.carboncycle.org/).
9. Кузьмицкий АВ, Трофимчук СС. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур. В: Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК. Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 23–24 октября 2009 г. В 2 частях. Часть 2. Минск: БГАТУ; 2009. с. 19–21.
10. Золотарёва ЕЛ, Архипов КВ. Экономическая эффективность применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2011;3:17–42.
11. Якушев ВВ. Точное земледелие: теория и практика. Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ; 2016. 364 с.
12. Семененко НН. Инновационная система земледелия в звене севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья. *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. 2017;61:58–69.

## Reference

1. National Greenhouse Gases Inventory Report of the Republic of Belarus for 1990–2021. [Internet, cited 2024 February 29]. Available from: <https://unfccc.int/documents/273516>.
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. [Internet, cited 2024 February 29]. Available from: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4>.
3. National State Committee of the Republic of Belarus. [Internet, cited 2024 February 29]. Available from: <http://dataportal.belstat.gov.by/>.
4. World Bank Open Data [Internet, cited 2024 February 29]. World Bank. Available from: <https://data.worldbank.org/>.
5. Eighth National Communication of the Republic of Belarus [Internet, cited 2024 February 29]. Available from: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8NC\\_BLR.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8NC_BLR.pdf).
6. Long-term strategies portal [Internet, cited 2024 February 29]. UNFCCC. Available from: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies/>.
7. McDonald H, Freluh-Larsen A, Lóránt A, Duin L, Pyndt Andersen S, Costa G, and Bradley H. Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. Luxembourg: European Parliament; 221. 67 p.
8. Carbon Farming [Internet, cited 2024 February 29]. Carbon Cycle Institute. Available from: [www.carboncycle.org/](http://www.carboncycle.org/).
9. Kuzmichsky AV. *Resursosberegayushchie tekhnologii obrabotki pochvy i poseva sel'skokhozyaystvennykh kultur* [Resource-saving technologies for soil and crop cultivation]. In: *Energoberezhenie – vazhneishee uslovie innovatsionnogo razvitiya APK. Materialy mezhdunar. nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Minsk, 2009 October 23–24. V 2 chastiah. Chast 2.* Minsk: BGATU; 2009. p. 19–21. Russian.
10. Zolotareva EL, Archipov KV. *Ekonomicheskaya effektivnost primeneniya resursosberegayuschih tekhnologiy v rastenievodstve* [Economic efficiency of using resource-saving technologies in crop production]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* 2011;3:17–42. Russian.
11. Yakushev VV. *Tochnoe zemledeliye: teoriya i praktika* [Precision Farming: Theory and Practice] Saint Peterburg: FGBNU AFI; 2016. 364 p. Russian.
12. Semenenko NN. *Innovatsionnaya sistema zemledeliya v zvene sevooborota na antropogenno-preobrazovannykh torfyanykh pochvakh Polesya* [Innovative farming system on anthropogenically transformed soils of Polesye]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, agrarian series.* 2017;61:58–69. Russian.

Статья поступила в редколлегию 05.03.2024.  
Received by editorial board 05.03.2024.