

---

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

---

**Экономическое и климатическое обоснование  
приема биоактивации почвы для развития органического земледелия  
в Кабардино-Балкарской Республике**

**Амиран Хабидович Занилов<sup>1,2</sup>✉, Аслан Мухамедович Лешкенов<sup>2</sup>,  
Сарина Руслановна Конова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова,  
Нальчик, Россия

<sup>2</sup>Институт сельского хозяйства –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: amiran78@inbox.ru

**Аннотация**

С целью определения возможности повышения эффективности систем удобрения в органическом земледелии и сопоставления с традиционной системой в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики была выполнена комплексная оценка эффективности приема биологической активации почвы. В качестве средств биоактивации использовались агрономически ценные микроорганизмы, входящие в состав коммерческих биопрепаратов Ризоплан, Азолен, Ультрекс, Микотоп. Опыт заложен на участке многолетних наблюдений, входящем в Геосеть под № 082. Сравнительная оценка традиционной системы удобрения ( $N_{63}P_{42}K_{32}$ ) и органической системы без внесения минеральных удобрений выполнялась по экономическому показателю и углеродному балансу как показателю климатического благополучия. В качестве органических удобрений использовались навоз, сидераты (озимый рапс), солома озимой пшеницы и их сочетание. Варианты с биоактивацией почвы обозначались литером «а». В результате обработки данных было установлено, что отказ от использования минеральных удобрений без внесения органических удобрений (контроль) не отвечает критериям эффективного земледелия. По отношению к варианту с традиционной системой питания отмечается снижение урожайности на 0,95 т/га, экономической эффективности (–3015 руб/га) и доли  $CO_2$ -экв в агроэкосистеме на 0,42 т/га. Использование моноорганических удобрений сопровождается ростом урожайности озимой пшеницы и сопоставимыми экономическими показателями. Максимальная эффективность формируется при сочетании всех исследуемых органических удобрений и приема биоактивации почвы. Данный вариант по отношению к варианту с внесением минеральных удобрений способствует повышению урожая на 0,24 т/га, возрастанию экономического и климатического эффекта на 6945 руб/га и 23,5 т  $CO_2$ -экв соответственно.

**Ключевые слова**

Органическое земледелие, система удобрения, озимая пшеница, парниковые газы, углеродный баланс

**Благодарности**

Исследования проведены за счет гранта Российского научного фонда № 25–16–00243 и Государственного задания Минобрнауки ИСХ КБНЦ РАН (FMEW-2025–0017).

#### Для цитирования

Занилов А.Х., Лешкенов А.М., Конова С.Р. Экономическое и климатическое обоснование приема биоактивации почвы для развития органического земледелия в Кабардино-Балкарской Республике // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 6. С. 25–38.

---

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, ECOLOGY

---

### Economic and climatic justification for soil bioactivation practices to develop organic farming in the Kabardino-Balkarian Republic

Amiran Kh. Zanirov<sup>1,2✉</sup>, Aslan M. Leshkenov<sup>2</sup>, Sarina R. Konova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Russia

<sup>2</sup>Institute of Agriculture – Branch of the Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

✉Corresponding author: amiran78@inbox.ru

#### Abstract

A comprehensive evaluation of the effectiveness of soil bioactivation was conducted in the steppe zone of the Kabardino-Balkarian Republic to determine the potential for enhancing the efficiency of fertilizer systems in organic farming and compare them with conventional systems. Agronomically valuable microorganisms, incorporated into commercial biopreparations such as Rhizoplan, Azolen, Ultrex, and Mycotop, were used as bioactivation agents. The experiment was established on a long-term observation plot, part of the Geoset No. 082. A comparative assessment of the conventional fertilizer system (N<sub>63</sub>P<sub>42</sub>K<sub>32</sub>) and the organic system without mineral fertilizer application was performed based on economic indicators and carbon balance, the latter serving as a measure of climatic well-being. Organic fertilizers utilized included manure, green manures (winter rape-seed), winter wheat straw, and their combinations. Treatments involving soil bioactivation were designated by the letter “a”. Data analysis revealed that the complete abandonment of mineral fertilizers without any organic fertilizers (control treatment) does not meet the criteria for effective farming. Compared to the conventional fertilizer system, this control treatment showed a yield reduction of 0.95 t/ha, a negative economic efficiency (–3015 RUB/ha), and a decrease in the CO<sub>2</sub>-eq footprint within the agroecosystem by 0.42 t/ha. The use of single organic fertilizers resulted in increased winter wheat yields and comparable economic indicators. Maximum efficiency was achieved when combining all investigated organic fertilizers with soil bioactivation. This particular treatment, compared to the mineral fertilization option, led to a yield increase of 0.24 t/ha, and an enhancement in economic and climatic effects by 6945 RUB/ha and 23.5 t CO<sub>2</sub>-eq, respectively.

#### Keywords

Organic farming, fertilizer system, winter wheat, greenhouse gases, carbon balance

#### Acknowledgements

The research was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 25–16–00243, and by the Ministry of Education and Science of the KBSU as a part of the state assignment (FMEW-2025–0017).

#### For citation

Zanirov A.Kh., Leshkenov A.M., Konova S.R. Economic and climatic justification for soil bioactivation practices to develop organic farming in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 6. P. 25–38.

## Введение Introduction

С учетом того, что вклад мирового сельского хозяйства в объем антропогенно образованных газов достигает 25% [1], использование технологических и рыночных возможностей по ограничению их поступления в атмосферу отвечает целям достижения устойчивости агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Прямые выбросы парниковых газов в отрасли земледелия и растениеводства происходят в основном за счет преобразования азотных соединений минеральных и органических удобрений, а также азота, выделенного в процессе распада органического вещества почвы в закись азота ( $N_2O$ ) – парниковый газ с высоким потенциалом глобального потепления (298) [2]. Значительную роль в тепловом загрязнении атмосферы играет парниковый газ –  $CO_2$ , потенциал глобального потепления которого принят за единицу, но по концентрации содержания в атмосфере занимает лидирующее место.

Рыночные возможности органического сегмента АПК связаны с повышением интереса к органическим продуктам питания. Площади органических земель только в России за период 2016–2024 гг. увеличились более чем в 3 раза, а количество предприятий, производящих продукцию по зарубежным органическим стандартам (до вступления в действие Федерального закона № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 1 января 2020 г.), с 2016 г. возросло с 84 [3] до 240 в 2024 г. [4].

Рынок органических продуктов к 2024 г. демонстрировал продолжение роста и по прогнозам к 2030 г. может достичь 230 млрд долл. США [5], что обеспечивает увеличение площадей, обрабатываемых по регенеративным технологиям. Особенностью данной системы земледелия является отказ от синтетических удобрений и средств защиты растений, что ограничивает прямые выбросы парниковых газов [6].

Климатическая составляющая органического земледелия позволяет рассчитывать на повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на международном рынке продовольствия, а механизмами достижения данной цели могут быть не только прямое сокращение выбросов [7], но и использование компонентов агроэкосистем для секвестрации углерода [8].

В текущих условиях на международном уровне остро встает вопрос о сохранении баланса между целью сокращения выбросов парниковых газов, декларируемой Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (UNEP), и целью ликвидации голода и нищеты, декларируемой Всемирной продовольственной программой ООН (WFP). Достижению консенсуса в дискуссионных вопросах должны способствовать научное обоснование и комплексная оценка целесообразности выбранных решений. В связи с этим целью исследований являлась экономическая и климатическая оценка эффективности приема биологической активации почвы как элемента органической системы земледелия в сравнении с интенсивной формой земледелия среднего уровня (1/2 расчетной дозы минеральных удобрений).

**Цель исследований:** комплексная оценка эффективности приема биологической активации почвы для определения возможности повышения эффективности систем удобрения в органическом земледелии и сопоставления с традиционной системой в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

## Методика исследований Objects and methods of research

Исследования проводились на участке долгосрочных исследований действия различных видов органических удобрений и дифференцированных доз минеральных

удобрений. Участок входит во Всероссийскую географическую сеть многолетних опытов (Терский район, Кабардино-Балкарская Республика) под номером 082 и заложен в 1979 г. в соответствии с методическими указаниями [9]. 9-польный севооборот представлен четырьмя культурами: кукуруза, озимая пшеница, подсолнечник, горох.

С 2018 г. для исследования влияния фактора биологической активности почвы на эффективность систем удобрения было проведено расщепление опытных делянок. Существующая при этом схема удобрения в севообороте не претерпела изменений. Повторность опыта – 4-кратная. Почва участка представлена черноземом обыкновенным мицеллярно-карбонатным со средним показателем содержания гумуса в пределах 3,23...3,32% и слабощелочной реакцией  $pH_{KCl} = 7,6$ . Агрофизические свойства удовлетворительные, почва тяжелосуглинистая с общей пористостью более 50%. Наименьшая влагоемкость составляет 24,5–25,4%.

Базовая схема опыта представлена четырьмя уровнями обеспеченности минеральными удобрениями (0NPK, 1/3NPK, 1/2NPK и полная расчетная доза 1NPK). В связи с установленной ранее максимальной экономической эффективностью производства озимой пшеницы в варианте с использованием 1/2 расчетной дозы минеральных удобрений [10] схема опыта предусматривает сопоставление эффективности на двух уровнях обеспеченности минеральными удобрениями – 0NPK и 1/2NPK на фоне четырех схем органических удобрений: навоза, сидератов, соломы и сочетания всех видов органических удобрений (табл. 1).

Таблица 1

**Схема опыта**

Table 1

**Experimental design**

Варианты опыта	Фон минеральных удобрений	Фон органических удобрений	Биоактивация почвы
Контроль	$N_0P_0K_0$	Без ОУ	–
Эталон	$N_{63}P_{42}K_{32}$	Без ОУ	–
1	$N_0P_0K_0$	Контроль + Био	+
1а	$N_{63}P_{42}K_{32}$	Эталон + Био	+
2	$N_0P_0K_0$	Навоз	–
2а		Навоз + Био	+
3	$N_0P_0K_0$	Сидераты	–
3а		Сидераты + Био	+
4	$N_0P_0K_0$	Солома	–
4а		Солома + Био	+
5	$N_0P_0K_0$	Навоз + Сидераты + Солома (Н+С+С)	–
5а		Навоз + Сидераты + Солома + Био (Н+С+С+Био)	+

Внесение навоза проводится 2 раза за ротацию севооборота после кукурузы из расчета по 50 т/га. Сидераты в виде озимого рапса высеваются 4 года за ротацию после озимой пшеницы. Солома в соответствующем варианте измельчается и запахиивается после уборки урожая озимой пшеницы 4 года за ротацию.

Биологическая активация почвы произведена совместным внесением микроорганизмов, входящих в состав коммерческих биопрепаратов Ризоплан (*Pseudomonasfluoreiscence, итамм AP-33*), Азолен Ж (*Azotobactervinelandii ИБ-4*) по 2 л/га каждого и Ультрекс (*Trichoderma harzianum*) и Микотоп (*Trichoderma viride*) по 1 л/га соответственно. Внесение средств биоактивации проводилось перед высевом семян навесным опрыскивателем (ОН-300).

В качестве перспективной системы удобрения для органического земледелия рассматривались варианты 1, 2а, 3а, 4а, 5а, сочетающие органические удобрения с приемом биологической активации почвы без минеральных удобрений. Сравнение проводилось по отношению к эталонному варианту с минеральными удобрениями, отражающими систему питания растений в традиционном земледелии. Контрольный вариант, используемый в качестве абсолютного контроля, позволяет определить влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы.

Для анализа использовались данные мониторинга урожайности озимой пшеницы за 6 лет (с 2019 по 2024 гг.).

Для экономической оценки органических систем удобрения и сопоставления с системами удобрения традиционного земледелия использовалась средняя стоимость затрат на каждую из них в 2019–2024 гг. (табл. 2).

Таблица 2

**Стоимость систем удобрения, руб/га**

Table 2

**Cost of fertilizer systems, RUB/ha**

Варианты опыта	Фон органических удобрений	Затраты, руб/га
Контроль	Без органических удобрений + 0NPK	–
Эталон	$N_{63}P_{42}K_{32}$	7815
1	Контроль + Био	1400
1а	$N_{63}P_{42}K_{32}$ +Био	9215
2	Навоз	1170
2а	Навоз + Био	2570
3	Сидераты	811
3а	Сидераты + Био	2211
4	Солома	225
4а	Солома + Био	1625
5	Н+С+С	2206
5а	Н+С+С + Био	3606

Климатическое обоснование систем удобрения проводилось по потоку закиси азота ( $N_2O$ ), выделяемого азотсодержащими органическими и минеральными удобрениями [11], а также в результате распада органического вещества почвы, пожнивных и корневых остатков. Расчеты выбросов закиси азота производились в соответствии с рекомендациями Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) с использованием усредненных значений коэффициента эмиссионного фактора ( $\text{ЭФ}_{N_2O}$ ), равного 0,0126.

Формула расчета годовых прямых выбросов:

$$N_2O-N_{\text{поступл.}} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1, \quad (1)$$

где  $F_{SN}$  – годовое количество азота минеральных удобрений, внесенных в почвы, кг N/год;  $F_{ON}$  – годовое количество азота навоза, внесенного в почвы, кг N/год;  $F_{CR}$  – годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных) культурных растений, в том числе от азотфиксирующих культур, кг N/год;  $F_{SOM}$  – годовое количество азота в минеральных почвах, которое минерализуется в связи с потерей углерода из почвенного органического вещества в обрабатываемых почвах, кг N/год (по умолчанию используется коэффициент для всех полей, равный 30 кг N/га);  $EF_1$  – коэффициент выбросов  $N_2O$  от антропогенного внесения азота в почву, кг  $N_2O-N$ /кг поступающего N (0,0126).

Расчет производился с использованием формул, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

### Расчет массы с растительных остатков, т/га

Table 3

### Calculated mass of plant residues, t/ha

Урожайность, ц/га	Пожнивные остатки	Корневые остатки
10–25	= (0,4 x Y + 2,6)	= (0,9 x Y + 5,8)
26–40	= (0,1 x Y + 8,9)	= (0,7 x Y + 10)

**Примечание.** Значение доли азота в растительных остатках принято за 0,45%.

### Результаты и их обсуждение

### Results and discussion

Для оценки экономической эффективности систем удобрения ключевое значение имеет как урожайность (табл. 4), так и стоимость зерна озимой пшеницы.

Из данных таблицы следует, что внесение минеральных удобрений, соответствующих 1/2 расчетной дозы, обеспечивает прибавку урожая по отношению к контрольному варианту на 35,2% (0,95 т/га). По отношению к контрольному варианту эффективность проявляют и органические удобрения, уровень которой возрастает в сочетании с приемом предпосевной биоактивации почвы.

Логичным является то, что установление влияния органических и микробиологических удобрений проводится по отношению к эталонному варианту, отражающему систему питания озимой пшеницы в традиционной земледелии. Варианты 2–5 и 2а-5а в свою очередь отражают органическую систему питания, в которой не допускается применение минеральных удобрений.

Таблица 4

## Средняя урожайность озимой пшеницы, т/га

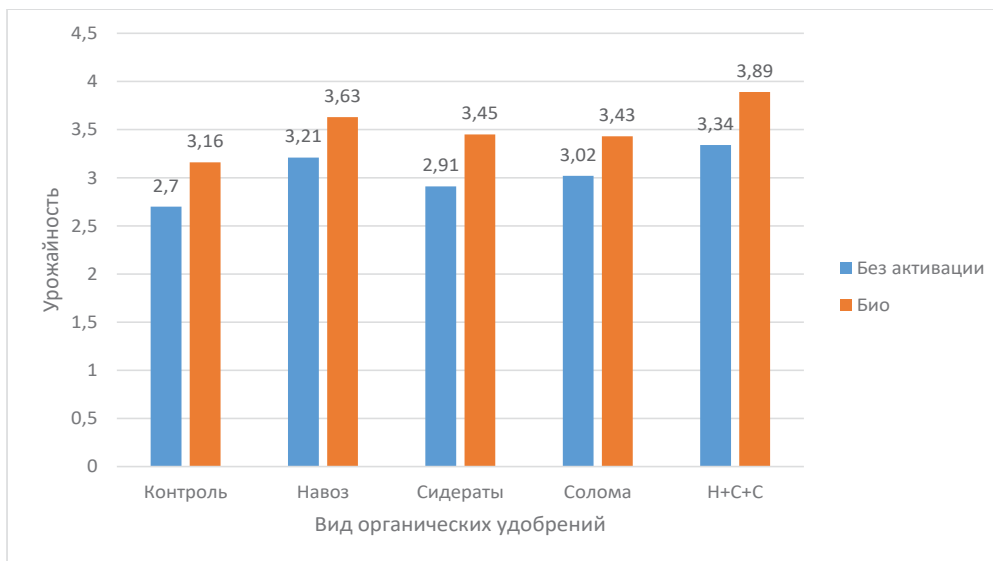
Table 4

## Average winter wheat yield, t/ha

Варианты опыта	Годы						Среднее
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Контроль	1,76±0,05	2,38±0,07	1,9±0,11	3,77±0,18	3,72±0,21	2,69±0,16	2,70
Эталон	2,30±0,10	3,39±0,09	2,44±0,07	5,86±0,26	4,55±0,25	3,38±0,13	3,65
1	1,95±0,07	2,84±0,10	2,27±0,09	4,53±0,27	4,15±0,25	3,22±0,12	3,16
1а	2,78±0,07	5,13±0,14	2,96±0,11	6,04±0,29	4,81±0,19	3,80±0,22	4,25
2	1,79±0,05	3,06±0,03	2,53±0,14	4,47±0,17	4,24±0,23	3,18±0,19	3,21
2а	2,13±0,12	3,56±0,11	2,80±0,03	5,12±0,21	4,48±0,15	3,71±0,20	3,63
3	1,82±0,04	1,65±0,04	2,23±0,13	4,63±0,09	4,01±0,19	3,12±0,16	2,91
3а	2,35±0,07	2,62±0,04	2,66±0,16	4,99±0,22	4,53±0,16	3,53±0,17	3,45
4	1,87±0,10	1,88±0,09	2,64±0,13	4,89±0,19	3,97±0,16	2,87±0,14	3,02
4а	2,23±0,13	2,45±0,12	3,08±0,10	5,09±0,22	4,31±0,14	3,39±0,11	3,43
5	2,06±0,14	2,07±0,12	2,96±0,12	5,16±0,20	4,35±0,11	3,46±0,14	3,34
5а	2,58±0,07	2,49±0,04	3,52±0,16	5,63±0,21	5,09±0,19	4,04±0,17	3,89
НСР <sub>05</sub> по контролю	0,09	0,12	0,16	0,29	0,26	0,20	
НСР <sub>05</sub> по Био	0,11	0,31	0,19	0,34	0,30	0,24	

Из данных таблицы 4 следует, что используемые органические удобрения, несмотря на повышение урожайности по отношению к контролю на 18,9% (вариант 2), на 7,8% (вариант 3), на 11,9% (вариант 4) и на 23,7% (вариант 5), уступали действию минеральных удобрений в тех же вариантах на 12,1; 20,3; 17,3 и 8,5% соответственно.

Прием биоактивации почвы оказался эффективным на всех фонах органических удобрений (рис.). Так, внесение в контрольную почву консорциума микроорганизмов (вариант 1) сопровождалось повышением урожая на 0,46 т/га (17,0%). На фоне навоза (вариант 2а), сидератов (3а) и соломы (4а) прием биоактивации почвы способствовал росту урожая на 0,42 т/га (13,1%); 0,54 (18,6%); 0,41 т/га (13,6%).



**Рис.** Влияние приема биоактивации почвы на эффективность органических удобрений, ц/га  
**Figure.** Effect of soil bioactivation practice on the effectiveness of organic fertilizers, h/ha

Как следует из данных рисунка, наибольшая прибавка от использования био-препаратов отмечена на фоне сидератов (0,54 т/га), в то время как прибавка в других вариантах является относительно равной и находится в пределах 0,41–0,46 т/га. Это может быть связано с легкогидролизуемыми формами зеленых удобрений, эффективно используемыми интродуцированными в почву микроорганизмами. Максимальная абсолютная урожайность (3,89 т/га) под действием приема биоактивации почвы была установлена в варианте, сочетающем все рассматриваемые органические удобрения (5а) с прибавкой 0,55 т/га (16,5%).

Использование приема биоактивации почвы на фоне органических удобрений обеспечило урожайность озимой пшеницы, сопоставимую с урожайностью эталонного варианта. Так, на фоне навоза (вариант 2а) урожайность была равнозначной (3,63 т/га). На фоне сидератов и соломы урожайность была ниже незначительно – на 5,0 и 6,0% соответственно. В варианте с сочетанием всех органических удобрений (вариант 5а) отмечено повышение урожайности на 6,6% (0,24 т/га).

С целью демонстрации значения фактора биологической активности почвы и акцентирования универсальности его действия в таблице 4 представлен вариант, сочетающий использование минеральных удобрений с приемом предпосевной биоактивации почвы. Учитывая, что исследуемый прием предпосевной биоактивации почвы внесением микроорганизмов непосредственно в почву на текущий момент является малораспространенным, данный вариант можно рассматривать как перспективный прием, который, судя по влиянию на урожайность в будущем, может стать стандартным элементом биомодификации системы удобрения. До тех пор сравнительная оценка эффективности органических систем удобрения производится по отношению к эталонному варианту.

Изменение урожайности является одной из статей, формирующей экономическую эффективность производства. Средняя цена зерна за период 2019–2024 гг. составляла 11,4 тыс. руб/т. Второй, не менее важной статьёй экономических расчетов, является стоимость расходов на систему удобрения. Сопоставлением этих данных можно дать ответ на вопрос об экономической целесообразности перехода на органическую систему удобрения. В связи с этим проведено сопоставление стоимости урожая и стоимости систем удобрения сравниваемых вариантов (табл. 5).



Таблица 5

**Окупаемость органической и традиционной систем удобрения  
озимой пшеницы**

Table 5

**Payback of organic and conventional fertilizer systems for winter wheat**

Варианты	Урожайность, ц/га	Стоимость зерна, руб/га	Стоимость системы удобрения, руб/га	Прибыль, руб/га	Прибыль, руб/га
Контроль	2,70	30780	–	30780	–3015
<b>Эталон</b>	<b>3,65</b>	<b>41610</b>	<b>7815</b>	<b>33795</b>	–
1	3,16	36024	1400	34624	829
1а	4,25	48450	9215	39235	5440
2	3,21	36594	1170	35424	1629
2а	3,63	41382	2570	38812	5017
3	2,91	33174	811	32363	–1432
3а	3,45	39330	2211	37119	3324
4	3,02	34428	225	34203	408
4а	3,43	39102	1625	37477	3682
5	3,34	38076	2206	35870	2075
5а	3,89	44346	3606	40740	6945

Из данных таблицы 5 следует, что повышение урожайности под влиянием высоких доз минеральных удобрений не способствует пропорциональному повышению экономической эффективности системы удобрения. Единственным вариантом органической системы удобрения, уступающей по экономическим показателям (–1432 руб/га), является вариант с заделкой сидератов без приема биоактивации почвы. В остальных случаях экономическая эффективность под действием органических систем удобрения находится в пределах 829–6945 руб/га.

Выше было отмечено, что сочетание минеральных удобрений с внесением в почву эффективных микроорганизмов обеспечивает максимальную урожайность (4,25 т/га), что превышает значение эталонного варианта на 16,3% (0,6 т/га). Данная система может быть условно обозначена как «биоинтенсивная», в которой проявляется синергетический механизм взаимодействия биологического и агрохимического факторов. При этом научный подход к органическому земледелию может обеспечить систему удобрения, превышающую по экономическим параметрам интенсивные (эталон) и биоинтенсивные (вариант 1а) системы удобрения. Так, сочетание заделки соломы, сидератов с навозом (вариант 5) при одновременном использовании агрономически ценных штаммов микроорганизмов (вариант 5а) способствует повышению эффективности систем удобрения на 1928 и 6945 руб/га. При этом

первоначальные инвестиции в систему удобрения – в 2,2–2,6 раз ниже, что имеет важное значения для финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий.

Вопрос возможного органического бонуса на сертифицированную продукцию в работе не рассматривается осознанно несмотря на то, что стимулом для перехода предприятий на органические стандарты является именно возможность получения повышенной добавленной стоимости, которая может варьировать в пределах 15–60% в зависимости от культуры. Причина заключается в том, что возможность получения органического бонуса наступает не ранее, чем через 3 года переходного периода. До этого времени предприятие должно иметь возможность производства растениеводческой продукции с приемлемым уровнем экономической эффективности.

*Климатический эффект.* Климатическая сравнительная оценка систем удобрения выполнялась по их влиянию на объем выбросов закиси азота в атмосферу из различных источников (табл. 6) и формированию углеродного баланса, с учетом поступившего с органическими удобрениями и растительными остатками углерода в почву.

Таблица 6

**Влияние систем удобрения на поступление в атмосферу N<sub>2</sub>O-N, кг/га**

Table 6

**Effect of fertilizer systems on atmospheric N<sub>2</sub>O-N emissions, kg/ha**

Фон	Орг. удобрения, т/га/год	F <sub>ON</sub>	F <sub>SN</sub>	Масса остатков, т/га		F <sub>CR</sub>	F <sub>SOM</sub>	ΣF
				пожн.	корн.			
Контроль	–	–	–	0,56	1,40	8,83	30,00	38,8
Эталон	–	–	63	0,61	1,72	10,50	30,00	103,5
1	–	–	–	0,59	1,56	9,67	30,00	39,7
1a	–	–	63	0,64	1,93	11,56	30,00	104,6
2	11,1	49,95	–	0,59	1,57	9,74	30,00	89,7
2a	11,1	49,95	–	0,62	1,72	10,52	30,00	90,5
3	1,44	**27,36	–	0,27	1,47	7,84	30,00	65,2
3a	1,44	**27,36	–	0,60	1,66	10,15	30,00	67,5
4	*0,58	–	–	0,58	1,51	9,41	30,00	39,4
4a	*0,60	–	–	0,60	1,65	10,12	30,00	40,1
5	13,12	77,31	–	0,59	1,62	9,94	30,00	117,3
5a	13,14	77,31	–	0,62	1,81	10,92	30,00	118,2

\*Рассчитываются как пожнивные остатки с привязкой к урожайности (табл. 3).

\*\*Вклад азота с сидератами рассчитан исходя из 1,9% азота в сухом веществе крестоцветных культур [12].

Итоговый расчет углеродного баланса оценивается по разнице С–СО<sub>2</sub>-эквивалента, содержащегося в органических удобрениях и растительных остатках и СО<sub>2</sub>-экв. закиси азота (табл. 7).

Из данных таблицы следует, что основной вклад в формирование углеродного баланса обеспечивает углерод, поступающий с органическими удобрениями. Максимальный объем органического вещества поступает в почву в вариантах 5 и 5а, что отражает наибольшую климатическую приемлемость данной системы удобрения. Непосредственное влияние приема биоактивации почвы на поступление углерода не влияет, но опосредованно через повышение урожая и соответствующего количества пожнивных и корневых остатков ведет к формированию углеродного баланса дополнительно на 0,28 т/га.

Таблица 7

**Углеродный баланс, сформированный системами удобрения, т/га**

Table 7

**Carbon balance generated by fertilizer systems, t/ha**

Фон	∑раст. остатков и органических удобрений, т/га	*С–СО <sub>2</sub> -экв. растительных остатков и органических удобрений, т/га	∑F, кг/га	N <sub>2</sub> O-N <sub>поступ.</sub> , кг/га	N-СО <sub>2</sub> -экв., т/га	Баланс СО <sub>2</sub> -экв, т/га
Контроль	1,96	3,48	38,8	0,49	0,15	3,33
Эталон	2,33	4,14	103,5	1,30	0,39	3,75
1	2,15	3,82	39,7	0,50	0,15	3,67
1а	2,57	4,56	104,6	1,32	0,39	4,17
2	13,21	23,45	89,7	1,13	0,34	23,11
2а	13,44	23,86	90,5	1,14	0,34	23,52
3	3,18	5,64	65,2	0,82	0,24	5,40
3а	3,64	6,46	67,5	0,85	0,25	6,21
4	2,67	4,74	39,4	0,50	0,15	4,59
4а	2,85	5,06	40,1	0,51	0,15	4,91
5	15,411	27,36	117,3	1,48	0,44	26,92
5а	15,57	27,64	118,2	1,49	0,44	27,20

\*Углерод из растительных остатков и органических удобрений рассчитывается исходя из содержания 48,5% и переводится в СО<sub>2</sub>-экв с использованием коэффициента 3,66.

**Выводы**

**Conclusions**

Дискуссионная напряженность в вопросе эффективности органической системы земледелия в общем, и соответствующей системы удобрения – в частности, сохраняется на протяжении последних двух десятилетий. Снижению напряжения способствуют

системный подход и научная аргументация принимаемых технологических решений. Так, из полученных данных можно сделать вывод о том, что органическая система удобрения озимой пшеницы, основанная только на отказе от минеральных удобрений, не отвечает интересам экономической и климатической эффективности землепользования.

Комплексный эффект в органическом земледелии можно достичь при сочетании нескольких видов органических удобрений, относительно равномерно распределенных во времени (вариант 5). Данная система в сравнении с традиционной системой удобрения (эталон) оказалась на 2,1 тыс. руб/га более экономически эффективной и способствовала секвестрации в системе «Удобрение-растение» более 23 т CO<sub>2</sub>-экв. Исследуемый прием биоактивации почвы (вариант 5а) при равнозначном климатическом эффекте дополнительно повышал экономический показатель до 6,5 тыс. руб/га. Результаты обработки данных мониторинга подтверждают экономическую значимость применения биопрепаратов при производстве сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах страны [13–15].

### Список источников

1. Dyson F. Can we control the carbon dioxide in the atmosphere? *Energy*. 1977;2(3):287-291. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(77\)90033-0](https://doi.org/10.1016/0360-5442(77)90033-0)
2. WMO Greenhouse Gas Bulletin. *The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere*. 2019;15:8. <https://library.wmo.int/records/item/58687-no-15-25-november-2019>
3. Занилов А.Х., Мелентьева О.С., Накаряков А.М. *Организация органического сельскохозяйственного производства в России: Методические указания*. Москва: Росинформагротех, 2018. 124 с. EDN: NLISRM
4. Союз органического земледелия. *Количество выданных органических сертификатов по итогам 2024 года выросло почти на 50%*. URL: <https://soz.bio/kolichestvo-vydannykh-organicheskikh-se/> (дата обращения: 28.02.2025)
5. Бридская П.О., Бессонова Е.А., Жахов Н.В. Переход к зеленой экономике: анализ перспектив развития органического сельского хозяйства в России // *Мир экономики и управления*. 2023. Т. 23, № 3. С. 5–20. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2023-23-3-5-20>
6. Charles A., Rochette P., Whalen J. et al. Global nitrous oxide emission factors from agricultural soils after addition of organic amendments: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2017;236:88-98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.021>
7. Mahajan D. Carbon Sequestration Potential of Urban Green Spaces (PMC Gardens) in Pune City, India. *Journal of Geography Environment and Earth Science International*. 2021;25(6):22-38. <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2021/v25i630291>
8. Tsedeke R., Dawud S., Tafere S. Assessment of carbon stock potential of parkland agroforestry practice: the case of Minjar Shenkora; North Shewa, Ethiopia. *Environmental Systems Research*. 2021;10:2. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00211-3>
9. Минеев В.Г., Панников В.Д., Трепачев Е.П. и др. *Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями*: Методические указания. Москва: Всесоюзный НИИ удобрений и агропочвоведения имени Д.Н. Прянишникова, 1986. Ч. 1. 147 с. EDN: VMUIIP
10. Лешкенов А.М., Занилов А.Х. Влияние биоактивации почвы на эффективность минеральной и органоминеральной систем удобрения и продуктивность озимой пшеницы // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 2 (100). С. 39–49. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-2-100-39-49>
11. Farag A., Manal M., Mona M. et al. Carbon footprint for wheat and corn under Egyptian conditions. *Journal on Food, Agriculture and Society*. 2018;6(2):41-54. <https://doi.org/10.17170/kobra-2018122070>

12. Пискунова Х.А., Федорова А.В., Ершова Т.С. Поступление в почву элементов минерального питания с сидеральными культурами // *Владимирский земледелец*. 2012. № 2. С. 15–16. EDN: PАУААZ
13. Накаряков А.М., Завалин А.А. Влияние биопрепаратов и удобрений на урожайность озимой пшеницы на светло-серой почве // *Плодородие*. 2021. № 4 (121). С. 26–30. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.121.08>
14. Засорина Э.В., Комарицкая Е.И., Машошин А.В. Эффективность применения препаратов органического земледелия в картофелеводстве // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 1. С. 49–55. EDN: FGPFSL
15. Мазалов В.И., Кузнецов М.Н., Жук Г.П. Использование агроботехнологических приемов в органическом земледелии Орловской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. № 3 (51). 2024. С. 106–113. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-3-106-113>

### References

1. Dyson F. Can we control the carbon dioxide in the atmosphere? *Energy*. 1977;2(3):287-291. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(77\)90033-0](https://doi.org/10.1016/0360-5442(77)90033-0)
2. WMO Greenhouse Gas Bulletin. *The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere*. 2019;15:8. <https://library.wmo.int/records/item/58687-no-15-25-november-2019>
3. Zanirov A.Kh., Melentyeva O.S., Nakariakov A.M. *Organization of organic agricultural production in Russia: methodological guidelines*. Moscow, Russia: Rosinformagrotech, 2018:124. (In Russ.)
4. Union of Organic Farming. *The number of organic certificates issued by the end of 2024 increased by almost 50%*. (In Russ.) URL: <https://soz.bio/kolichestvo-vydannykh-organicheskikh-se/> (accessed: February 28, 2025).
5. Bridskaya P.O., Bessonova E.A., Zhakhov N.V. Transition to a green economy: an analysis of the prospects for the development of organic agriculture in Russia. *World of Economics and Management*. 2023;23(3):5-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2023-23-3-5-20>
6. Charles A., Rochette P., Whalen J. et al. Global nitrous oxide emission factors from agricultural soils after addition of organic amendments: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2017;236:88-98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.021>
7. Mahajan D. Carbon Sequestration Potential of Urban Green Spaces (PMC Gardens) in Pune City, India. *Journal of Geography Environment and Earth Science International*. 2021;25(6):22-38. <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2021/v25i630291>
8. Tsedeke R., Dawud S., Tafere S. Assessment of carbon stock potential of parkland agroforestry practice: the case of Minjar Shenkora; North Shewa, Ethiopia. *Environmental Systems Research*. 2021;10:2. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00211-3>
9. Mineev V.G., Pannikov V.D., Trepachev E.P. et al. *Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers: guidelines*. Moscow, USSR: All-Union Research Institute of Fertilizers and Agro-Soil Science named after D.N. Pryanishnikov, 1986:147. (In Russ.)
10. Leshkenov A.M., Zanirov A.K. The effect of soil bioactivation on the efficiency of mineral and organo-mineral fertilizer systems and the productivity of winter wheat. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021;(2(100)):39-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-2-100-39-49>
11. Farag A., Manal M., Mona M. et al. Carbon footprint for wheat and corn under Egyptian conditions. *Journal on Food, Agriculture and Society*. 2018;6(2):41-54. <https://doi.org/10.17170/kobra-2018122070>

12. Piskunova H.A., Fedorova A.V., Ershova T.S. Input of mineral nutrients into the soil with green manure crops. *Vladimirskiy zemledelets*. 2012;(2):15-16. (In Russ.)
13. Nakariakov A.M., Zavalin A.A. Influence of biorperarates and fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain on light gray forest soil. *Plodorodie*. 2021;(4(121)):26-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.121.08>
14. Zasorina E.V., Komarnitskaya E.I., Mashoshin A.V. The effectiveness of the use of organic farming preparations in potato growing. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022;(1):49-55. (In Russ.)
15. Mazalov V.I., Kuznetsov M.N., Zhuk G.P. The use of agrobiotechnological techniques in organic farming in the Orel Region. *Legumes and Groat Crops*. 2024;(3(51)):106-113. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-3-106-113>

### Информация об авторах

**Амиран Хабидович Занилов**, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; старший научный сотрудник Центра декарбонизации АПК и региональной экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»; 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; e-mail: [amiran78@inbox.ru](mailto:amiran78@inbox.ru); <https://orcid.org/0009-0002-8635-6501>

**Аслан Мухамедович Лешкенов**, научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; 360004, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: [aslan.leshkenov@yandex.ru](mailto:aslan.leshkenov@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9516-3213>

**Сарина Руслановна Конова**, младший научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; 360004, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: [agrohimplabkbniish@yandex.ru](mailto:agrohimplabkbniish@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4426-2048>

### Information about the authors

**Amiran Kh. Zanirov**, CSc (Ag), Senior Research Associate at the Laboratory of Agrochemistry and Soil Research, Institute of Agriculture – Branch of the Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences; Senior Research Associate at the Center for Decarbonization of Agriculture and Regional Economics, Kabardino-Balkarian State University; 173 Chernyshevskogo St., Nalchik, 360004, Russian Federation; e-mail: [amiran78@inbox.ru](mailto:amiran78@inbox.ru); <https://orcid.org/0009-0002-8635-6501>

**Aslan M. Leshkenov**, Research Associate, Head of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Research, Institute of Agriculture – Branch of the Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences; 224 Kirova St., Nalchik, 360004 Russian Federation; e-mail: [aslan.leshkenov@yandex.ru](mailto:aslan.leshkenov@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9516-3213>

**Sarina R. Konova**, Junior Research Associate at the Laboratory of Agrochemistry and Soil Research, Institute of Agriculture – Branch of the Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences; 224 Kirova St., Nalchik, 360004 Russian Federation; e-mail: [agrohimplabkbniish@yandex.ru](mailto:agrohimplabkbniish@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4426-2048>