

© Авторы, 2026 г.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors, 2026.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 631.461:579.64:631.41

<https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.358-370>
<https://www.elibrary.ru/sblmaj>

Влияние использования консорциума эффективных микроорганизмов на биологические свойства и содержание гумуса в почвах трех контрастных агроэкосистем

Е. А. Евсеева^{1,2}, Я. О. Тимофеева²

¹ ООО «Приморский ЭМ-Центр», Владивосток, Россия

² Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Резюме. В условиях современного землепользования одним из ключевых экологических вызовов является нарушение баланса между процессами деструкции и гумификации органического вещества почв, что ведёт к прогрессирующей дегумификации и снижению устойчивости агроэкосистем. Целью проводимых исследований являлось изучение воздействия консорциума эффективных микроорганизмов (препарат «Восток ЭМ-1») на структурно-функциональные изменения микробного сообщества и процессы трансформации органического вещества в почвах трёх контрастных агроэкосистем земледельческих регионов России. Полевые опыты были заложены в период 2018–2024 гг. в Самарской области (агрочернозёмы), Красноярском крае (агротемно-серые почвы) и Приморском крае (агротемногумусовые подбелы). В работе использованы общепринятые в микробиологии почв (общая биогенность, целлюлозоразлагающая активность), почвоведении (содержание гумуса), агрохимии (учет урожайности выращиваемых культур) аналитические и расчетные методы. Установлено, что применение препарата увеличивает общую биогенность (от 10 до 295%) и целлюлозоразлагающую активность (в среднем на 60%) всех исследованных почв. В почвах всех регионов проведения исследований отмечена смена типа микробного сообщества с грибного (минерализующего) на бактериальный (гумусообразующий). Выявлен накопительный эффект использования препарата в экологической регуляции формирования гумуса. В агрочернозёмах Самарской области трансформация микробного сообщества и последующая стабилизация гумусовых соединений достигнуты на третий год применения препарата (потери гумуса сократились в 8 раз). В агротемно-серых почвах Красноярского края устойчивый положительный эффект зафиксирован на второй год (прирост гумуса 32%, рост *B:F ratio* в 2.3 раза) использования препарата. В агротемногумусовых подбелах Приморского края положительный эффект от использования препарата (прирост гумуса 36%) отмечен уже в первый год его применения. Полученные результаты свидетельствуют о направленной регуляции почвенной микробиоты применяемым консорциумом эффективных микроорганизмов, что позволяет рассматривать его как эффективный инструмент оптимизации процессов деструкции и гумификации органических соединений, сопровождающихся депонированием углерода в пахотных горизонтах различных типов почв и повышением экологической устойчивости почвенной системы.

Ключевые слова: почвы агроэкосистем, гумус, эффективные микроорганизмы, Восток ЭМ-1, биотическая регуляция, экологическая устойчивость

Effects of applying an effective microorganism consortium on the biological properties and humus content of soils in three contrasting agroecosystems

Ekaterina A. Evseeva^{1,2}, Yana O. Timofeeva²

¹ Limited Liability Company «Primorsky EM-Center», Vladivostok, Russia

² Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

Abstract. One of the key environmental problems in modern agriculture is the imbalance between the processes of organic matter decomposition and humification in soils, leading to the progressive soil dehumification and reduced agroecosystem sustainability. The aim of the study was to investigate the influence of the effective microorganism consortium (Vostok EM-1) on structural and functional alteration of the microbial community and the processes of organic matter transformation in soils of three contrasting agroecosystems located in agricultural regions of Russia. Field experiments were conducted during 2018–2024 in Samara Oblast (agrochernozems), Krasnoyarsk Krai (agro-dark gray soils), and Primorsky Krai (agro-dark humus podbels). The analytical and calculation methods commonly accepted in soil microbiology (total soil biogenicity, cellulolytic activity), soil science (humus content), and agrochemistry (crop yield assessment) were employed. It was found that the application of the microbiological agent increased the overall biogenicity (from 10 to 295%) and cellulolytic activity (by an average of 60%) in all studied soils. The shift in the microbial community from a fungal (mineralizing) to a bacterial (humus-forming) type was observed in soils from all studied regions. A cumulative effect of the microbiological agent application on the ecological regulation of humus formation was identified. The transformation of the microbial community and subsequent stabilization of humus compounds were achieved in the third year of the microbiological agent application in agrochernozems from the Samara Oblast, with humus losses decreasing eightfold. A stable positive effect was determined in the second year of the microbiological agent application in agro-dark gray soils from Krasnoyarsk Krai, including a 32% increase in humus and a 2.3-fold increase in *B:F ratio*. A positive effect from the microbiological agent was observed as early as the first year of its application in agro-dark humus podbels from Primorsky Krai, with a 36% increase in humus. The obtained results indicate directed regulation of soil microbiota by the applied effective microorganism consortium, which allows it to be considered an effective instrument for optimizing the decomposition and humification of organic compounds, accompanied by carbon sequestration in the plough layer of various soil types and by increased environmental sustainability of the soil system.

Keywords: soils of agroecosystems, humus, effective microorganisms, Vostok EM-1, biotic regulation, ecological sustainability

Финансирование и благодарности

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012400285-7). Авторы благодарят уважаемых рецензентов за внимание к данной работе и конструктивные замечания.

Funding and Acknowledgements

The study was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 124012400285-7). The authors thank the respected Reviewers for their attention to this paper and their constructive comments.

Для цитирования: Евсеева Е.А., Тимофеева Я.О. Влияние использования консорциума эффективных микроорганизмов на биологические свойства и содержание гумуса в почвах трех контрастных агроэкосистем. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 3, с. 358–370. <https://doi.org/10.30730/grtz.2026.10.3.358-370>; <https://www.elibrary.ru/sblmaj>

For citation: Evseeva E.A., Timofeeva Ya.O. Effects of applying an effective microorganism consortium on the biological properties and humus content of soils in three contrasting agroecosystems. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 3, p. 358–370. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/grtz.2026.10.3.358-370>; <https://www.elibrary.ru/sblmaj>

Введение

Современное состояние агроэкосистем характеризуется нарастающими процессами деградации почвенного покрова, что приводит к нарушению ключевых экосистемных функций почв [1]. Одной из центральных агрохимических и экологических проблем почв агрофитоценозов является дисбаланс в процессах трансформации органического вещества, выражающийся в преобладании процессов минерализации над гумификацией. Такое смещение

обусловлено интенсивной агротехнической нагрузкой, приводящей к снижению разнообразия почвенных микробоценозов — основных регуляторов трансформации органических соединений [2, 3]. Следствием становятся прогрессирующая дегумификация, активизация эмиссии парниковых газов и потеря углерода почвами [4].

Экологическая устойчивость почвы определяется сбалансированностью процессов деструкции и гумификации [5, 6]. Деструкция обеспечивает мобилизацию элементов питания

и замыкание биологических циклов, гумификация — депонирование углерода, формирование агрономически ценной структуры и долговременной устойчивости агроэкосистем. Одним из перспективных направлений экологизации земледелия является применение комплексных микробных консорциумов, способных восстанавливать функциональную активность и разнообразие почвенной биоты. Технология эффективных микроорганизмов (ЭМ-технология), представленная в России препаратом «Восток ЭМ-1» [7], основана на использовании симбиотического сообщества фотосинтезирующих, молочнокислых бактерий, дрожжей и актиномицетов. Результаты использования препарата в почвах различных регионов мира позволили установить механизм увеличения содержания органических соединений в почвах. Однако комплексная оценка роли препарата в регуляции разнонаправленных процессов трансформации органических соединений в почвах, формирующихся в различных природно-климатических условиях, остается недостаточно изученной.

Цель работы — изучение воздействия консорциума эффективных микроорганизмов (препарат «Восток ЭМ-1») на структурно-функциональные изменения микробного сообщества и процессы трансформации органического вещества в почвах трёх контрастных агроэкосистем, расположенных в различных земледельческих регионах России.

Исходя из цели, были поставлены следующие задачи:

1. выявить изменения общей биогенности и соотношения основных эколого-трофических групп микроорганизмов (*B:F ratio*) в пахотных горизонтах различных типов почв при использовании препарата «Восток ЭМ-1»;
2. исследовать динамику целлюлозоразлагающей активности как интегрального показателя интенсивности деструкционных процессов при применении тестируемого препарата;
3. определить влияние консорциума эффективных микроорганизмов на содержание гумуса в пахотных горизонтах разных типов почв;
4. установить региональную специфику и временной период действия препарата в пахотных почвах различных регионов.

Материалы и методы

Исследования проведены в период с 2018 по 2024 гг. на территории трех регионов РФ с контрастно отличными факторами формирования почв и ведения сельского хозяйства. Объектом исследования являлись пахотные горизонты (глубиной до 30 см) агрочернозёмов (Самарская область), агротемно-серые почвы (Красноярский край) и агротемногумусовых подбелов (Приморский край).

В каждом регионе были заложены полевые опыты с применением полного блочного метода и 3–5-кратной повторностью. Схемы опытов включали контрольный вариант (без применения препарата) и варианты с внесением препарата «Восток ЭМ-1» в дозах 5–6 л/га. Препарат вносили в виде аэрозольного распыления раствора на поверхность почвы перед началом посева культур и в конце вегетационного периода проводили обработку стерни. Учетные площадки были заложены с соблюдением принципа однородности почвенного покрова на площадях от 2 до 300 га в трёх контрастных агроэкосистемах:

1. Интенсивная зернобобовая система (Самарская область, КФХ «Орловка», трехлетний период (2018–2020 гг.), агрочернозём). Опыт закладывался на трёх полях в севообороте: поле №1 (кукуруза – соя – яровая пшеница), поле №2 (соя – яровая пшеница – подсолнечник), поле №3 (чечевица – озимая пшеница – соя). Препарат «Восток ЭМ-1» применялся в дозе 6 л/га.

2. Зернопаровая система на малоплодородных почвах (Красноярский край, ООО «Емельяновское», двухлетний период 2019–2020 гг., агротемно-серые почвы). В 2019 году поле находилось под паром (без возделывания культуры), в 2020 году — яровая пшеница. Препарат «Восток ЭМ-1» применялся в дозе 5 л/га.

3. Овощная система в условиях климата с муссонными чертами (Приморский край, ООО «Овощевод», 2024 г., агротемногумусовый подбел) в агроценозе картофеля с применением препарата в дозе 5 л/га.

Отбор почвенных образцов осуществляли в июне и сентябре методом конверта на глубине мощности пахотного горизонта.

Биологическую активность оценивали по общей численности микроорганизмов (посев на МПА, КАА, среда Чапека) [8]. Интенсивность деструкции органических соединений в почвах определяли по целлюлозоразлагающей активности (метод льняных полотен) [9]. Содержание органического углерода определяли методом Тюрина (ГОСТ 26213-91) с последующим пересчетом показателя на содержание гумуса. Для оценки направленности трансформации микробного сообщества и соотношения интенсивности прохождения процессов гумификации и минерализации органических соединений рассчитывали уровень отношения численности бактерий и актиномицетов к микромикетам (*B:F ratio*) [10, 11].

Анализ каждого параметра в отдельном образце проводили в 3-кратной аналитической повторности. Статистическая обработка полученных данных проведена методами описательной и тестовой статистики (расчёт средних арифметических значений, стандартной ошибки среднего арифметического значения, значимости различий средних (*t*-критерий для независимых выборок)) по общепринятым методикам с применением программы Microsoft Excel 2007 и SPSS software (SPSS Inc., version 13, 2018). Расчёты осуществляли при заданном уровне значимости $p \leq 0.05$. В таблицах значимые различия обозначены разными буквенными индексами.

Результаты

Согласно шкале оценки гумусного состояния почв [12], почвы исследуемых агроэкосистем различались по уровню содержания гумуса в пахотном горизонте в начале проведения опытных работ (табл. 1). Агрочернозёмы Самарской области характеризовались содержанием гумуса ниже средних значений, агротемно-серые почвы Красноярского края и агротемногумусовые подбелы Приморского края – низким содержанием гумуса.

При использовании препарата во всех исследованных типах почв наблюдалось достоверное увеличение общей биогенности па-

хотного горизонта относительно контрольных вариантов (табл. 2). Различия в уровне общей биогенности, установленной в разных регионах проведения исследований и при разных периодах внесения препарата, статистически значимы. Однако наиболее показательные результаты получены с опытных полей Самарской области, где препарат применялся в течение трёх лет на трёх полях в севообороте, что позволило проследить более долговременный эффект использования технологии. В первый год применения (2018) на всех полях Самарской области препарат оказал умеренное стимулирующее действие на изученные показатели. Отмечен рост общей биогенности и целлюлозоразлагающей активности (табл. 2). Установленные различия величины целлюлозоразлагающей активности являлись статистически значимыми. Однако разница в содержании гумуса в почвах контрольного и экспериментального вариантов в начале и конце вегетации в первый год проведения опыта оставалась отрицательной, хотя потери гумуса в экспериментальном варианте были меньше, чем в контрольном варианте (табл. 1). Во второй год применения (2019) эффективность препарата возросла. В почвах всех экспериментальных полей зафиксировано увеличение биогенности, целлюлозоразлагающей активности и уровня отношения *B:F ratio* (табл. 1). Различия уровня отношения *B:F ratio* являлись статистически значимыми. Следует отметить, что за вегетационный период второго года использования препарата потери гумуса в почвах опытных вариантов сократились в 2.5 раза по сравнению с контрольным вариантом опыта. На третий год применения (2020) зафиксирован максимальный эффект от его использования. В почвах поля №1 (яровая пшеница) общая биогенность возросла на 74%, целлюлозоразлагающая активность — на 31%, величина отношения *B:F ratio* увеличилась на 16%. Потери гумуса в почвах варианта опыта с использованием препарата за вегетационный период сократились в 8 раз по сравнению с контрольным вариантом. В почвах опытных полей №2 и №3 также отмечен значительный рост биогенности (в среднем на 37%), целлюлозо-

Таблица 1. Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на содержание гумуса и соотношение численности различных групп микроорганизмов**Table 1.** Effects of the “Vostok EM-1” application on the humus content and the ratio of the number of different groups of microorganisms

Схема севооборота Crop rotation scheme	Вариант опыта Variant of experiment	Отношение численности бактерий и актиномицетов к микромицетам (<i>B:F ratio</i>) The ratio of the number of bacteria and actinomycetes to micromycetes (<i>B:F ratio</i>)	Гумус, % Humus, %	
			На начало сезона At the beginning of the season	На конец сезона At the end of the season
1-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 1st year of Vostok EM-1 application				
Самарская область / Samara Oblast				
Поле №1 2018 – кукуруза / Field No. 1 2018 – maize	Контроль / Control	562 <i>a</i>	4.2±0.03 <i>a</i>	4.0±0.02 <i>a</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	201 <i>b</i>	4.2±0.02 <i>a</i>	4.1±0.02 <i>a</i>
Поле №2 2018 – соя/ Field No. 2 2018 – soybean	Контроль / Control	920 <i>c</i>	4.2±0.03 <i>a</i>	4.0±0.02 <i>a</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	227 <i>d</i>	4.2±0.01 <i>a</i>	4.1±0.03 <i>a</i>
Поле №3 2018 – чечевица / Field No. 3 2018 – lentil	Контроль / Control	754 <i>e</i>	4.2±0.02 <i>a</i>	4.0±0.01 <i>a</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	804 <i>fe</i>	4.2±0.04 <i>a</i>	4.2±0.02 <i>a</i>
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai				
2019 – пар / 2019 – bare fallow	Контроль / Control	272 <i>a</i>	3.9±0.03 <i>a</i>	3.6±0.02 <i>b</i>
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	634 <i>b</i>	3.9±0.02 <i>a</i>	3.5±0.01 <i>b</i>
Приморский край / Primorsky Krai				
2024 – картофель / 2024 – potato	Контроль / Control	136 <i>a</i>	3.23±0.03 <i>a</i>	3.06±0.02 <i>a</i>
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	261 <i>b</i>	3.11±0.01 <i>a</i>	4.15±0.03 <i>b</i>
2-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 2nd year of Vostok EM-1 application				
Самарская область / Samara Oblast				
Поле №1 2019 – соя / Field No. 1 2019 – soybean	Контроль / Control	236 <i>a</i>	4.0±0.02 <i>a</i>	3.7±0.01 <i>b</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	245 <i>a</i>	4.1±0.04 <i>a</i>	3.9±0.02 <i>a</i>
Поле №2 2019 – яровая пшеница / Field No. 2 2019 – spring wheat	Контроль / Control	272 <i>b</i>	4.0±0.02 <i>a</i>	3.6±0.03 <i>b</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	561 <i>c</i>	4.1±0.02 <i>a</i>	4.0±0.02 <i>a</i>

Схема севооборота Crop rotation scheme	Вариант опыта Variant of experiment	Отношение численности бактерий и актиномицетов к микромицетам (<i>B:F ratio</i>) The ratio of the number of bacteria and actinomycetes to micromycetes (<i>B:F ratio</i>)	Гумус, % Humus, %	
			На начало сезона At the beginning of the season	На конец сезона At the end of the season
Поле №3 2019 – озимая пшеница / Field No. 3 2019 – winter wheat	Контроль / Control	343 <i>d</i>	4.0±0.01 <i>a</i>	3.7±0.02 <i>b</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	399 <i>e</i>	4.2±0.02 <i>a</i>	4.1±0.03 <i>a</i>
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai				
2020 – яровая пшеница / 2020 – spring wheat	Контроль / Control	272 <i>a</i>	3.9±0.01 <i>a</i>	2.8±0.02 <i>b</i>
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	634 <i>b</i>	3.9±0.03 <i>a</i>	3.7±0.02 <i>a</i>
3-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 3rd year of Vostok EM-1 application				
Самарская область / Samara Oblast				
Поле №1 2020 - яровая пшеница / Field No. 1 2020 – spring wheat	Контроль / Control	333 <i>a</i>	3.7±0.02 <i>a</i>	3.4±0.01 <i>c</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	387 <i>b</i>	3.9±0.01 <i>a</i>	4.0±0.02 <i>b</i>
Поле №2 2020 – подсолнечник / Field No. 2 2020 – sunflower	Контроль / Control	216 <i>c</i>	3.6±0.02 <i>a</i>	3.3±0.03 <i>c</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	308 <i>d</i>	4.0±0.01 <i>b</i>	3.9±0.01 <i>a</i>
Поле №3 2020 – соя / Field No. 3 2020 – soybean	Контроль / Control	160 <i>e</i>	3.7±0.03 <i>a</i>	3.4±0.02 <i>c</i>
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	239 <i>f</i>	4.1±0.02 <i>b</i>	4.1±0.03 <i>b</i>

Примечание: разные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами опыта в пределах одного года и региона ($p \leq 0.05$, t-критерий для независимых выборок), одинаковые индексы указывают на отсутствие достоверных различий, двойной буквенный индекс (например, *fe*) указывает на статистическую неразличимость данного варианта с двумя разными группами, которые при этом значимо различаются между собой.

Note: Different letters indicate significant differences among variants of experiment within the same year and region ($p \leq 0.05$; t-test for independent samples); identical letters, no significant differences. Double letters (e.g., *fe*) mean the variant is not significantly different from either of two groups that are significantly different from each other.

разлагающей активности (на 20% и 59% соответственно) и величины отношения *B:F ratio* (на 43% и 49% соответственно).

В почвах опытных полей Красноярского края стабильный эффект от использования

препарата был достигнут за 2 года. В первый год использования препарата (2019) поле находилось под паром (культура не возделывалась), поэтому оценка урожайности не проводилась. Тем не менее, фитосанитарное и

агрохимическое состояние почвы оценивалось в полном объёме. Внесение препарата в паровом поле (2019) сопровождалось повышением целлюлозоразлагающей активности до 67.5% по сравнению с почвой контрольного варианта опыта (табл. 2). Во второй год (2020) после предпосевного внесения препарата под яровую пшеницу общая биогенность почв возросла в 2.95 раза, уровень отношения $B:F$ ratio увеличился в 2.3 раза, содержание гумуса повысилось на 32% относительно почв контрольного варианта. Различия величин изученных показателей, установленные

за двухлетний период, являлись статистически значимыми.

В почвах опытного поля Приморского края стабильный положительный эффект от использования препарата был зафиксирован уже в первый год его применения. Рост общей биогенности почв составил 22%, целлюлозоразлагающей активности - 30%, уровень отношения $B:F$ ratio увеличился в 1.9 раза. Содержание гумуса за вегетационный период увеличилось на 35.6 %. Различия изученных показателей пахотных горизонтов почв Приморского края являлись статистически значимыми.

Таблица 2. Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на биологические показатели почв и продуктивность агроценозов

Table 2. Effects of the “Vostok EM-1” application on the biological parameters of soils and the productivity of agroecosystems

Схема севооборота Crop rotation scheme	Вариант опыта Variant of experiment	Общая биогенность, тыс. КОЕ/г аб.с.п. Total microbial abundance, thousand CFU/g dry soil	Целлюлозоразлагающая активность (%) Cellulose-degrading activity (%)	Урожайность, ц/га Yield, c/ha	Прибавка урожая, ц/га Increased yield, c/ha
1-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 1st year of Vostok EM-1 application					
Самарская область / Samara Oblast					
Поле №1 2018 – кукуруза / Field No. 1 2018 – maize	Контроль / Control	4552±101a	24.4a	55.2±0.2a	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	4970±205b	31.1b	58.4±0.3ba	+3.2
Поле №2 2018 – соя / Field No. 2 2018 – soybean	Контроль / Control	3922±23c	20.1c	15.4±0.3c	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	6872±210d	22.1d	15.1±0.04c	-0.3
Поле №3 2018 – чечевица / Field No. 3 2018 – lentil	Контроль / Control	3123±54e	9.3e	11.1±0.1d	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	4139±138f	15.4f	11.6±0.01d	+0.5
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai					
2019 – пар / 2019 – bare fallow	Контроль / Control	3980±103a	42.1a	—	—
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	7340±175b	67.5b	—	—

Схема севооборота Crop rotation scheme	Вариант опыта Variant of experiment	Общая биогенность, тыс. КОЕ/г аб.с.п. Total microbial abundance, thousand CFU/g dry soil	Целлюлозо-разлагающая активность (%) Cellulose-degrading activity (%)	Урожайность, ц/га Yield, c/ha	Прибавка урожая, ц/га Increased yield, c/ha
Приморский край / Primorsky Krai					
2024 – картофель / 2024 – potato	Контроль / Control	8747±213 a	36.6 a	300.7±8 a	—
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	10701±303 b	47.7 b	322.3±11 b	+21.6
2-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 2nd year of Vostok EM-1 application					
Самарская область / Samara Oblast					
Поле №1 2019 – соя / Field No. 1 2019 – soybean	Контроль / Control	4406±55 a	23.9 a	11.7±0.1 a	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	7690±74 b	29.1 b	11.9±0.2 a	+0.2
Поле №2 2019 – яровая пшеница / Field No. 2 2019 – spring wheat	Контроль / Control	3753±79 c	13.2 c	21.5±0.3 b	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	4406±107 a	18.6 d	21.7±0.2 b	+0.2
Поле №3 2019 – озимая пшеница / Field No. 3 2019 – winter wheat	Контроль / Control	3222±143 d	11.6 c	19.5±0.3 c	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	4462±89 a	19.6 ed	19.4±0.1 c	-0.1
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai					
2020 – яровая пшеница / 2020 – spring wheat	Контроль / Control	4130±23 a	42.1 a	45.0±1 a	—
	Восток ЭМ-1 5 л/га / Vostok EM-1 (5 L/ha)	12190±135 b	67.5 b	57.3±2 b	+12.3
3-й год применения препарата «Восток ЭМ-1» / 3rd year of Vostok EM-1 application					
Самарская область / Samara Oblast					
Поле №1 2020 – яровая пшеница / Field No. 1 2020 – spring wheat	Контроль / Control	5338±230 a	20.1 a	42.9±0.1 a	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	9306±321 b	26.3 b	45.6±0.2 ba	+2.7

Схема севооборота Crop rotation scheme	Вариант опыта Variant of experiment	Общая биогенность, тыс. КОЕ/г аб.с.п. Total microbial abundance, thousand CFU/g dry soil	Целлюлозо-разлагающая активность (%) Cellulose-degrading activity (%)	Урожайность, ц/га Yield, c/ha	Прибавка урожая, ц/га Increased yield, c/ha
Поле №2 2020 – подсолнечник / Field No. 2 2020 – sunflower	Контроль / Control	5644±157 ac	13.2 c	18.0±0.1 c	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	7727±145 d	15.9 d	18.3±0.2 c	+0.3
Поле №3 2020 – соя / Field No. 3 2020 – soybean	Контроль / Control	3859±125 e	9.6 e	10.7±0.3 d	—
	Восток ЭМ-1 6 л/га / Vostok EM-1 (6 L/ha)	5285±101 a	15.3 d	11.1±0.2 e	+0.4

Примечание: разные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами опыта в пределах одного года и региона ($p \leq 0.05$, t-критерий для независимых выборок), одинаковые индексы указывают на отсутствие достоверных различий, двойной буквенный индекс (например, ac , ba) указывает на статистическую неразличимость данного варианта с двумя разными группами, которые при этом значимо различаются между собой.

Note: Different letters indicate significant differences among variants of experiment within the same year and region ($p \leq 0.05$; t-test for independent samples); identical letters, no significant differences. Double letters (e.g., ba , ac) mean the variant is not significantly different from either of two groups that are significantly different from each other.

По завершении полевых экспериментов в почвах контрольных вариантов всех трёх регионов проведения исследований отмечено снижение содержания гумуса (табл. 1). В почвах Самарской области в контрольных вариантах через 3 года уровень содержания гумуса снизился в 1.2 раза, что соответствует переходу содержания гумуса из градации «ниже среднего» в «низкое». В почвах Красноярского края в контрольных вариантах через 2 года содержание гумуса уменьшилось в 1.4 раза и осталось в рамках градации «низкое». В почвах Приморского края в контрольных вариантах за 1 год проведения опыта показатель гумуса снизился только в 1.06 раза, оставшись в рамках градации «низкое».

Отмеченная положительная динамика биологических показателей и активизация механизмов гумификации в почвах при использовании опытного препарата закономерно отразилась на содержании гумуса в почвах и

в конечном итоге на урожайности выращиваемых культур (табл. 1, 2). Относительный прирост гумуса в почвах при применении препарата варьировал от 21% в Самарской области (на третий год применения препарата) до 35.6% в Приморском крае (в первый год применения препарата) по сравнению с почвами контрольных вариантов опыта. Оценка исследуемых почв по величине содержания гумуса позволила отразить наиболее значимое влияние препарата на гумусированность агротемногумусового подбела Приморского края, где за один год использования препарата содержание гумуса увеличилось в 1.36 раза и изменилось с оценки «низкое» на «ниже среднего». Установленные различия содержания гумуса в почвах Приморского края являлись статистически значимыми. Также на опытных полях Приморского края зафиксирована значительная прибавка урожая выращиваемого картофеля на 7.2% (табл. 2). В агротемно-серых почвах Красноярского края

использование препарата на протяжении двух-летнего периода сопровождалось увеличением содержания гумуса (в 1.32 раза), однако это не привело к смене оценочных градаций почв, но позволило добиться увеличения урожая яровой пшеницы на 27,3% по сравнению с контролем. В агрочерноземах Самарской области применение опытного препарата не оказало значимого влияния на увеличение содержания гумуса, однако позволило избежать его потерь при выращивании сельскохозяйственных культур. Прибавка урожая (+6,3%) на полях Самарской области была достигнута только на третий год использования препарата под яровой пшеницей, что подтверждает накопительный характер его действия в почвах с изначальным высоким уровнем содержания органического вещества.

Обсуждение

Различное содержание гумуса в пахотных горизонтах почв трех агроэкосистем позволило оценить влияние использования препарата «Восток ЭМ-1» на изменение исследуемых параметров в различных почвенных и климатических условиях. Во всех исследованных агроэкосистемах внесение консорциума эффективных микроорганизмов достоверно вызвало значительные изменения в структуре и функционировании почвенного микробного сообщества.

Результаты исследований указывают на смену состава микробного сообщества почв опытных полей при использовании препарата с преобладания микромицетов, активно минерализующих органические соединения почв, на доминирование бактерий и актиномицетов, участвующих в процессах формирования гумуса [13]. Во всех регионах проведения исследований на разных типах почв установлен рост уровня отношения *B:F ratio*, что свидетельствует о доминировании бактерий и актиномицетов – ключевых агентов синтеза гуминовых кислот. С точки зрения экологического состояния почв, отмеченные смещения в структуре микробного сообщества и доминирование бактериального компонента (рост *B:F ratio*) ука-

зывают на активизацию биотической регуляции углеродного цикла, что в конечном итоге вносит вклад в повышение буферной способности агроэкосистемы в целом. Это подтверждается разницей в содержании гумуса в начале и конце вегетационного периода (табл. 1) в почвах всех исследованных агроэкосистем.

Одним из основных результатов проведенного исследования являлось установление сочетания процессов интенсификации деградации органического вещества почв при использовании консорциума эффективных микроорганизмов и накопления гумусовых соединений в пахотных горизонтах различных типов почв. Согласно концепции синтропии, эффективные микроорганизмы образуют стабильное сообщество в почвах, основанное на принципах сопряженного питания [14]. Консорциум продуцирует широкий спектр ферментов, обеспечивая интенсивный «ферментативный удар» по сложным органическим полимерам [15]. Ключевое значение для понимания отмеченной в исследовании активизации процесса гумусообразования при использовании препарата имеют результаты Fan et al., в которых было показано, что под действием консорциума эффективных микроорганизмов происходит селективная деструкция алифатических структур гумусовых кислот, в то время как ароматические структуры накапливались и поликонденсировались [15]. Дополнительно, результаты, полученные Żukowska et al., подтвердили увеличение соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот и снижение доли гумина в гумусе при применении консорциума эффективных микроорганизмов для рекультивации деградированных почв [16]. В целом, совокупность литературных данных и результатов собственных исследований свидетельствует о формировании более стабильных пулов органического вещества в почвах различных типов природопользования. Таким образом, консорциум эффективных микроорганизмов выполняет функции своеобразного биологического регулятора, направляя поток углерода из разлагающихся органических остатков не преимущественно

в атмосферу (в виде CO₂), а в стабильный почвенный резервуар – гумус.

Анализ полученных данных позволяет выявить региональную специфику и временную динамику действия препарата в почвах различных регионов проведения исследований. В Самарской области (агрочернозёмы) препарат «Восток ЭМ-1» демонстрирует постепенное нарастание эффективности: устойчивые положительные результаты были достигнуты только на третий год применения препарата. Вероятнее всего, в почвах, имеющих высокое содержание органического вещества, необходим более длительный период для смены доминантов в микробном сообществе и достижения баланса между деструкцией и гумификацией органических соединений. В Красноярском крае (агротемно-серые почвы, низкий уровень естественного плодородия) заметный эффект от использования препарата проявился уже на второй год применения. Резкий рост биогенности и отношения *B:F ratio* привёл к выраженному относительному приросту гумуса и значительной прибавке урожая зерновой культуры. Это подтверждает, что в почвах с изначально низким содержанием органического вещества потенциал препарата «Восток ЭМ-1» раскрывается наиболее быстро и полно. В Приморском крае (агротемногумусовые подбелы, стрессовые условия переувлажнения) устойчивый положительный эффект зафиксирован уже за один год применения препарата, что свидетельствует о высокой эффективности препарата в почвах муссонного климата, где при сезонном переувлажнении доминируют процессы выщелачивания и минерализации органических соединений [17].

Заключение

Изучение изменения отдельных биологических показателей и содержания гумуса при использовании микробиологического препарата «Восток ЭМ-1» в различных типах почв агрофитоценозов трех крупных земледельческих регионов РФ позволило достоверно установить эффективное влияние препарата на

смену доминантов в микробном сообществе пахотных горизонтов (увеличение уровня *B:F ratio* в 1.2–2.3 раза по сравнению с контролем), на повышение содержания гумуса (прирост относительно контрольных вариантов опыта от 21 до 36%) и продуктивность агроценозов (прибавка урожая относительно контроля от 6.3 до 27.3%) во всех регионах проведения исследований.

Свойства различных типов почв определяют некоторую специфику действия тестируемого препарата. В почвах, характеризующихся изначально более высоким уровнем биогенности, но более низким показателем *B:F ratio* и содержанием гумуса (агротемногумусовые подбелы Приморского края и агротемно-серые почвы Красноярского края), значимое влияние препарата на улучшение биологических показателей и содержания гумуса установлено через 1 и 2 года использования препарата, соответственно. В почвах, имеющих изначально более высокое содержание гумуса (агрочернозёмы Самарской области) максимальная эффективность препарата достигнута на третий год его системного применения.

Полученные результаты указывают на направленную регуляцию микробиологического сообщества почв с помощью сбалансированных микробных консорциумов препарата, что является одним из эффективных методов оптимизации баланса деструкции и гумификации органических соединений в почвах и лежит в основе повышения экологической устойчивости агроэкосистем, депонирования углерода и формирования адаптивного плодородия.

Список литературы

1. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. Развитие фундаментального почвоведения, особой охраны почв и научно-философская деятельность В.В. Докучаева, Г.В. Добровольского, Е.Д. Никитина. *Тенденции развития науки и образования*. 2019, 47(2):70–74. <https://doi.org/10.18411/lj-02-2019-40>
2. Камилов М.К., Камилова П.Д., Камилова З.М. Экологические проблемы в сельском хозяйстве как следствие интенсификации развития агропромышленного комплекса России. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2017, 75(1):11–20. <http://doi.org/10.26726/2305-4484-2017-1-11-20>

3. Трофимов С.Я., Трофимова Л.С. *Биологическая активность почв и трансформация органического вещества*. М.: ГЕОС, 2015, 316 с.
4. Беляев В.И., Варлагин А.В., Дридигер В.К., Курганова И.Н., Орлова Л.В., Орлов С.В., Попов А.И., Романовская А.А., Тойгильдин А.Л., Троц Н.М., Фомин А.А., Хомяков Д.М. Мировая климатическая повестка. Почвозащитное ресурсосберегающее (углеродное) земледелие как стандарт межнациональных и национальных стратегий по сохранению почв и аграрных карбоновых рынков. *International agricultural journal*. 2022,1:421–441. <http://doi.org/10.55186/25876740-2022-6-1-26>
5. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. *Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв*. М.: ГЕОС, 2010, 416 с.
6. Lehmann J., Bossio D.A., Kögel-Knabner I., Rillig M.C. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020,1:544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0083-8>
7. Евсеева Е.А. Биотехнологические приемы получения экологически чистой высококачественной продукции (на примере технологии эффективных микроорганизмов). *Аграрный вестник Приморья*. 2018,3(11):35–38. EDN: UWZNIR
8. Нетрусов А.И., Котова И.Б. *Микробиология: теория и практика*. М.: Издательство Юрайт, 2026, 676 с.
9. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Влияние агротехнических факторов на целлюлозоразлагающую активность микробоценоза серой лесной почвы. *Владимирский земледелец*. 2025,1:21–28. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2025-4110-21-28>
10. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. *Биология почв*. М.: Изд-во МГУ, 2005, 445 с.
11. Anderson J. P. E., Domsch K. H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*. 1980,130(4):211–216. URL: https://journals.lww.com/soilsci/abstract/1980/10000/QUANTITIES_OF_PLANT_NUTRIENTS_IN_THE_MICROBIAL.8.aspx
12. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов. *Почвоведение*. 2004,(8):918–926. EDN: OWPLCP
13. Wang S., Dou S., Liu Y.L. et al. Characterization of soil humus by FTIR spectroscopic analyses after being inoculated with different microorganisms plus wheat straw. *Guang pu xue yu guang pu fen xi*. 2012,32(9):2409–2413. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2012\)09-2409-05](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2012)09-2409-05)
14. Schenck zu Schweinsberg-Mickan M., Müller T. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 2009,172(5):704–712. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800021>
15. Van Fan Y., Lee C.T., Klemeš J.J., Chua L.S., Sarmidi M.R., Leow C.W. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of environmental management*. 2018,216:41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>
16. Żukowska G., Myszura-Dymek M., Durczyńska Z. et al. Evaluation of the efficacy of effective microorganisms in the reclamation of degraded soils. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2024,18(1):360–369. <https://doi.org/10.12913/22998624/176633>
17. Пуртова Л.Н., Тимофеева Я.О. Содержание, запасы гумуса и биологическая активность агро-темногумусовых подбелов Приморского края. *Плодородие*. 2024,4:64–67. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.14>

References

1. Sabodina E.P., Melnikov Yu.S. Development of fundamental soil science, special soil protection, and scientific and philosophical work of V.V. Dokuchaev, G.V. Dobrovolsky, E.D. Nikitin. *Trends in the Development of Science and Education*. 2019,47(2):70–74. (in Russ.). <https://doi.org/10.18411/lj-02-2019-40>
2. Kamilov M.K., Kamilova P.D., Kamilova Z.M. Environmental problems in agriculture as a consequence of the intensification of development of the agro-industrial complex of Russia. *Regional Problems of Economic Transformation*. 2017,75(1):11–20. (in Russ.). <http://doi.org/10.26726/2305-4484-2017-1-11-20>
3. Trofimov S.Ya., Trofimova L.S. *Biological activity of soils and transformation of organic matter*. Moscow: GEOS, 2015, 316 p. (in Russ.).
4. Belyaev V.I., Varlagin A.V., Dridiger V.K., Kurganova I.N., Orlova L.V., Orlov S.V., Popov A.I., Romanovskaya A.A., Toygildin A.L., Trots N.M., Fomin A.A., Khomyakov D.M. Global climate agenda. Soil conservation resource-saving (carbon) agriculture as a standard for international and national strategies for soil conservation and agricultural carbon markets. *International agricultural journal*. 2022,1:421–441. <http://doi.org/10.55186/25876740-2022-6-1-26>
5. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A. et al. *Dynamics of agricultural lands in Russia in the 20th century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils*. Moscow: GEOS, 2010, 416 p. (in Russ.).
6. Lehmann J., Bossio D.A., Kögel-Knabner I., Rillig M.C. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020,1:544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0083-8>
7. Evseeva E.A. Biotechnological methods for obtaining environmentally friendly high-quality products (using effective microorganism technology as an example).

- Agrarian Bulletin of Primorye*. 2018,3(11):35–38. (in Russ.). EDN: UWZNIR
8. Netrusov A.I., Kotova I.B. *Microbiology: theory and practice*. Moscow: Yurait Publishing House, 2026, 676 p. (in Russ.).
 9. Zinchenko M.K., Zinchenko S.I. The influence of agrotechnical factors on the cellulolytic activity of the gray forest soil microbiocenosis. *Vladimirsky Zemledelets*. 2025,1:21–28. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2025-4110-21-28>
 10. Zvyagintsev D.G., Babieva I.P., Zenova G.M. *Soil Biology*. Moscow: Moscow State University Press, 2005, 445 p. (in Russ.).
 11. Anderson J.P.E., Domsch K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*. 1980,130(4):211–216. URL: https://journals.lww.com/soilsci/abstract/1980/10000/QUANTITIES_OF_PLANT_NUTRIENTS_IN_THE_MICROBIAL.8.aspx
 12. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons. *Soil Science*. 2004,(8):918–926. (in Russ.). EDN: OWPLCP
 13. Wang S., Dou S., Liu Y.L. et al. Characterization of soil humus by FTIR spectroscopic analyzes after being inoculated with different microorganisms plus wheat straw. *Guang pu xue yu guang pu fen xi*. 2012,32(9):2409–2413. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2012\)09-2409-05](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2012)09-2409-05)
 14. Schenck zu Schweinsberg-Mickan M., Müller T. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 2009,172(5):704–712. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800021>
 15. Van Fan Y., Lee C.T., Klemeš J.J., Chua L.S., Sarmidi M.R., Leow C.W. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of environmental management*. 2018,216:41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>
 16. Żukowska G., Myszura-Dymek M., Durczyńska Z. et al. Evaluation of the efficacy of effective microorganisms in the reclamation of degraded soils. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2024,18 (1):360–369. <https://doi.org/10.12913/22998624/176633>
 17. Purtova L.N., Timofeeva Ya.O. Humus content, reserves, and biological activity of agro-dark-humus podbels of Primorsky krai. *Fertility*. 2024,4:64–67. (in Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.14>

Об авторах

✉ **Евсеева Екатерина Александровна**, аспирант, лаборатории почвоведения и экологии почв, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия, eka-evseeva@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0002-0273-0659>

Тимофеева Яна Олеговна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории почвоведения и экологии почв, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия, timofeeva@biosoil.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0829-7107>

About the Authors

✉ **Evseeva, Ekaterina A.**, Postgraduate Student, the Laboratory of Soil Science and Soil Ecology, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia, eka-evseeva@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0002-0273-0659>

Timofeeva, Yana O., Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Leader of the Laboratory of Soil Science and Soil Ecology, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia, timofeeva@biosoil.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0829-7107>

Поступила 08.05.2026

Принята к публикации 24.08.2026

Received 08 May 2026

Accepted 24 August 2026