
Научная статья

УДК: 579.841.31

EDN: OXMLJB

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-19-26>**АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ РИЗОБИЙ В ОТНОШЕНИИ МИКРОФЛОРЫ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****Игорь Юрьевич Татаренко¹, Мария Владимировна Якименко², Татьяна Александровна Потенко³, Яна Сергеевна Гутор⁴, Арина Игоревна Сорокина⁵**^{1, 2, 4, 5} Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, tigy@vniisoi.ru¹³ Приморский государственный аграрно-технологический университет, г. Уссурийск, Россия

Аннотация. Отходы рыбоперерабатывающей промышленности являются перспективным органическим сырьём для создания биоорганических удобрений. Представлены результаты лабораторных исследований антагонистической активности коллекционных штаммов ризобий сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои по отношению к микрофлоре биоудобрений, в состав которых входят отходы переработки моллюсков, ракообразных и морские водоросли (рецепт № 1, рецепт № 2). Эксперименты проводили с использованием штаммов *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982), *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984) и *Bradyrhizobium elkanii* (Kuykendall et al., 1992), выделенных из природных популяций Дальневосточного региона России. Установлено, что все изучаемые штаммы (*B. japonicum* ОМ–39, *S. fredii* 061, СБ–38, ТБ–452, *B. elkanii* Ву–25, Ву–30, Мд–0, ХС–12) полностью подавляли развитие микрофлоры биоудобрения рецепта № 1: на 3-и и 7-е сутки наблюдений в вариантах с чистыми культурами ризобий посторонняя микрофлора не отмечалась. В биоудобрении рецепта № 2 75 % исследуемых штаммов также полностью ингибировали микрофлору; исключение составили штаммы *S. fredii* 061 и ТБ–452. В контрольных вариантах (питательная среда с биоудобрением без использования ризобий) микрофлора присутствовала на протяжении всего периода наблюдений. Полученные результаты подтверждают наличие выраженной антагонистической активности у большинства изученных штаммов, что позволяет использовать биоудобрения на основе отходов рыбопереработки в комплексе с инокулянтами и способствует биологизации земледелия.

Ключевые слова: ризобии сои, *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii*, *Sinorhizobium fredii*, биоудобрения, отходы рыбопереработки, микрофлора, антагонистическая активность, инокулянты.

Для цитирования: Татаренко И. Ю., Якименко М. В., Потенко Т. А., Гутор Я. С., Сорокина А. И. Антагонистическая активность штаммов ризобий в отношении микрофлоры удобрений на основе отходов рыбоперерабатывающей промышленности // Агронаука. 2026. Том 4. № 1. С. 19–26. EDN: OXMLJB. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-19-26>

Original article**ANTAGONISTIC ACTIVITY OF RHIZOBIAL STRAINS AGAINST THE MICROFLORA OF FERTILIZERS BASED ON FISH PROCESSING WASTE****Igor Yu. Tatarenko¹, Maria V. Yakimenko², Tatiana A. Potenko³, Yana S. Guttor⁴, Arina I. Sorokina⁵**^{1, 2, 4, 5} Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», Blagoveshchensk, Russia, tigy@vniisoi.ru¹³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Primorsky State Agrarian-Technological University", Ussuriysk, Russia

© Татаренко И. Ю., Якименко М. В., Потенко Т. А., Гутор Я. С., Сорокина А. И., 2026

Abstract. Fish-processing waste is a promising organic raw material for the production of bio-organic fertilizers. The paper presents the results of laboratory studies on the antagonistic activity of collection strains of soybean rhizobia developed by the Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean" against the microflora of biofertilizers containing waste products from the processing of mollusks, crustaceans, and seaweed (formula No. 1, formula No. 2). The experiments were carried out using strains of *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982), *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), and *Bradyrhizobium elkanii* (Kuykendall et al., 1992), isolated from natural populations of the Russian Far East. It was established that all studied strains (*B. japonicum* OM-39, *S. fredii* 061, SB-38, TB-452, *B. elkanii* Vu-25, Vu-30, Md-0, and KhS-12) completely suppressed the development of the microflora in biofertilizer formula No. 1: on days 3 and 7 of observation, no extraneous microflora was detected in the variants containing pure rhizobial cultures. In biofertilizer formula No. 2 75 % of the studied strains also completely inhibited the microflora; the exceptions were *S. fredii* 061 and TB-452. In the control variants (nutrient medium with biofertilizer without rhizobia), microflora was present throughout the entire observation period. The results obtained confirm pronounced antagonistic activity in most of the studied strains, which makes it possible to use fish-processing-waste-based biofertilizers in combination with inoculants and thereby contributes to the biologization of agriculture.

Keywords: soybean rhizobia, *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii*, *Sinorhizobium fredii*, biofertilizers, fish processing waste, microflora, antagonistic activity, inoculants.

For citation: Tatarenko IYu, Yakimenko MV, Potenko TA, Gutor YS, Sorokina AI. Antagonistic activity of rhizobial strains against the microflora of fertilizers based on fish processing waste [Antagonisticheskaya aktivnost' shtammov rizobii v otnoshenii mikroflory udobrenii na osnove otkhodov rybopererabatyvayushchei promyshlennosti]. *Agronauka = Agrosience*. 2026;4:1:19–26 (in Russ.). EDN: OXMLJB. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-19-26>

Введение

В современном отечественном земледелии всё большее значение приобретает биологизация производства – стратегия, направленная на существенное сокращение применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений при одновременном сохранении или повышении продуктивности агроценозов [1, 2]. Интенсивное использование синтетических агрохимикатов приводит к деградации почв, снижению их биологической активности, накоплению токсичных соединений и нарушению естественных микробных сообществ [3, 4]. В связи с этим переход к биологизированным системам земледелия рассматривается как один из ключевых путей обеспечения экологической устойчивости, повышения качества сельскохозяйственной продукции и сохранения плодородия почв в долгосрочной перспективе [5]. Одним из перспективных направлений в этом контексте является вовлечение в сельскохозяйственный оборот вторичных ресурсов, в частности отходов рыбоперерабатываю-

щей промышленности [6, 7]. Ежегодно на Дальнем Востоке образуются значительные объёмы отходов переработки рыбы, моллюсков, ракообразных и морских водорослей, которые при рациональной переработке могут служить ценным органическим сырьём [8]. Рыбная мука и продукты на её основе богаты органическим азотом, фосфором, микроэлементами и биологически активными веществами [9]. Однако органическое сырьё животного и морского происхождения часто содержит сапрофитную и условно-патогенную микрофлору, которая способна конкурировать с целевыми полезными микроорганизмами, снижать качество конечного продукта или даже создавать фитосанитарные риски при промышленном производстве комплексных биоудобрений [10].

Одним из наиболее экологически безопасных и экономически оправданных способов обеспечения микробиологической безопасности органических добавок является использование природных антагонистических свойств полезных микроорганизмов.

Особый интерес в этом отношении представляют клубеньковые бактерии сои (ризобии). Помимо высокой азотфиксирующей способности, эти микроорганизмы обладают дополнительными полезными свойствами, в том числе способностью подавлять рост сопутствующей микрофлоры [11].

Коллекция чистых культур ризобий сои Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (ФНЦ ВНИИ сои, ARSRIS_MIC; регистрационный номер в информационной системе «Парус» — 820.00.У5615) насчитывает более 200 штаммов. Многие из них выделены из природных популяций Дальневосточного региона и характеризуются эффективным симбиозом с соей, а также выраженной антагонистической активностью. Предыдущие исследования показали перспективность использования этих штаммов для улучшения посевных качеств семян различных сельскохозяйственных культур [12]. Однако вопрос их взаимодействия с микрофлорой специфических органических субстратов, таких как рыбная мука, ранее не изучался в достаточной степени.

Таким образом, оценка антагонистической активности коллекционных штаммов ризобий сои по отношению к микрофлоре удобрений на основе рыбной муки различного рецептурного состава представляет собой важный этап в разработке безопасных технологий производства комплексных биоорганических удобрений и инокулянтов. Это позволит не только утилизировать отходы рыбоперерабатывающей промышленности с максимальной экологической и экономической эффективностью, но и внести вклад в биологизацию земледелия.

Цель исследований – оценить антагонистическую активность чистых культур ризобий сои в отношении микрофлоры удобрений на основе отходов рыбоперерабатывающей промышленности (рецепт № 1, рецепт № 2).

Условия, материалы и методы

Исследования проводили в 2025 г. в лаборатории биологических исследований

ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Объектами исследования служили коллекционные штаммы ризобий сои *B. japonicum* ОМ-39, *S. fredii* 061, СБ–38, ТБ–452, *B. elkanii* Ву–25, Ву–30, Мд–0, ХС–12, а также биоудобрение (БУ) на основе отходов рыбной промышленности (рецепт № 1, рецепт № 2).

Удобрение представляло собой субстанцию в порошкообразной и гранулированной форме. В состав обоих рецептов входят отходы переработки моллюсков и ракообразных, морские водоросли, древесный уголь. Рецепт № 2 был дополнен природными минералами Чугуевского месторождения Приморского края с массовой долей цеолита 60 %, который характеризуется высоким содержанием клиноптилолита (60...90 %) и морденита (10...15 %).

Лабораторные эксперименты выполняли в соответствии с общепринятыми методами микробиологического анализа кормов [13]. В работе использовали питательную среду МДА (маннитно-дрожжевой агар) следующего состава, г/л: K_2HPO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,2; $CaCO_3$ – 0,1; $NaCl$ – 0,1; маннит – 10,0; агар-агар – 20,0; дрожжевой экстракт – 2,0. Опытные варианты включали размещение образцов биоудобрения (рецепт № 1, рецепт № 2) на среде МДА по газону чистых культур ризобий. Контролем служили образцы биоудобрения (рецепт № 1, рецепт № 2), размещённые на МДА без использования ризобий. Инкубацию проводили при 28 градусах Цельсия. Наличие микрофлоры учитывали визуально на 3-и и 7-е сутки после посева («+» – микрофлора присутствует; «н» – микрофлора отсутствует). Повторность опыта четырёхкратная. Микробиологические работы выполняли в боксе с соблюдением правил асептики. Для оценки результатов использовали стандартные статистические методы.

Результаты и обсуждение

Все изученные штаммы ризобий сои проявили выраженную антагонистическую активность по отношению к удобрению на основе отходов рыбной промышленности рецепта № 1 (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние коллекционных штаммов ризобий сои на микрофлору удобрения на основе отходов рыбной промышленности (рецепт № 1)**Table 1 – The effect of soybean rhizobium collection strains on the microflora of fertilizers based on fishing industry waste (recipe No. 1)**

Биоудобрение (рецепт № 1)			
№ п/п	Штамм	Наличие микрофлоры	
		3-и сутки	7-е сутки
1	Контроль	+	+
2	061	н	н
3	СБ-38	н	н
4	Бу-25	н	н
5	Мд-0	н	н
6	ОМ-39	н	н
7	ХС-12	н	н
8	ТБ-452	н	н
9	Бу-30	н	н

Примечание: «+» — есть микрофлора; «н» — нет микрофлоры

В контрольном варианте (биоудобрение без использования ризобий) на 3-и и 7-е сутки наблюдался обильный рост сапрофитной микрофлоры (рисунок 1).

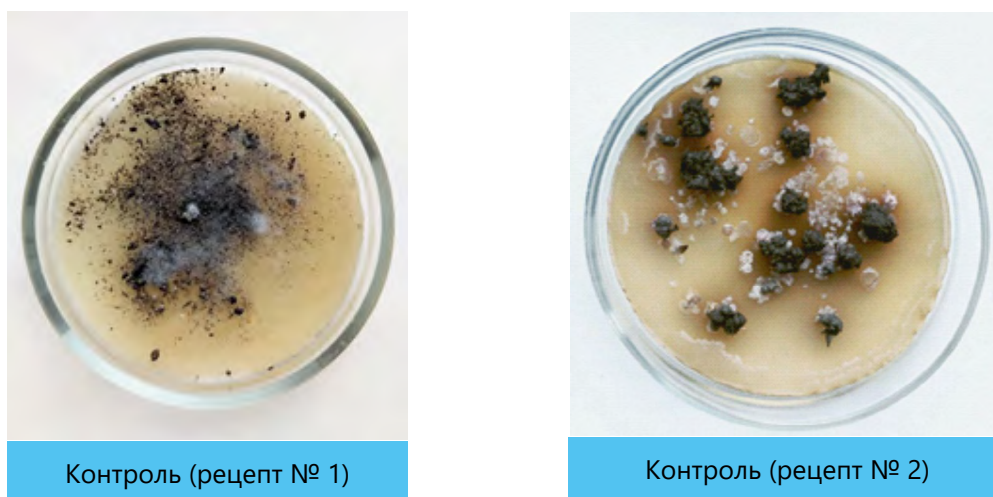


Рисунок 1 – Общая микрофлора удобрения на основе отходов рыбной промышленности на контрольных чашках (рецепт № 1, рецепт № 2)

Figure 1 – General microflora fertilizers based on fishing industry waste on control plates (recipe No. 1, recipe No. 2)

При этом все восемь изученных штаммов подавляли развитие микрофлоры биоудобрения уже на 3-и сутки инкубации, и этот эффект сохранялся до 7-х суток. Таким образом, при совмещении биоудобрения рецепта № 1 с чистыми культурами ризобий все без исключения штаммы продемонстрировали полный антагонистический эффект.

В экспериментах с биоудобрением рецепта № 2, как и в опытах с биоудобрением рецепта № 1, в контрольном варианте отмечался обильный рост микрофлоры на протяжении всего периода наблюдений (таблица 2).

Таблица 2 – Действие коллекционных штаммов ризобий сои на микрофлору удобрения на основе отходов рыбной промышленности (рецепт № 2)

Table 2 – The effect of soybean rhizobium collection strains on the microflora of fertilizers based on fishing industry waste (recipe No. 2)

Гранулированное биоудобрение (рецепт № 2)			
№ п/п	Штамм	Наличие микрофлоры	
		3-и сутки	7-е сутки
1	Контроль	+	+
2	061	+	+
3	СБ-38	н	н
4	Бу-25	н	н
5	Мд-0	н	н
6	ОМ-39	н	н
7	ХС-12	н	н
8	ТБ-452	+	+
9	Бу-30	н	н

Примечание: + – есть микрофлора; н – нет микрофлоры

Однако в данном случае антагонистическая активность штаммов была неоднородной ($C_v = 61,7\%$): шесть штаммов из восьми (75 %) – СБ-38, Бу-25, Мд-0, ОМ-39, ХС-12 и Бу-30 – полностью ингибировали развитие микрофлоры как на 3-и, так и на 7-е сутки наблюдений.

Как показано на рисунке 2, штамм Бу-30 хорошо подавляет патогенную микрофлору по сравнению с контролем.

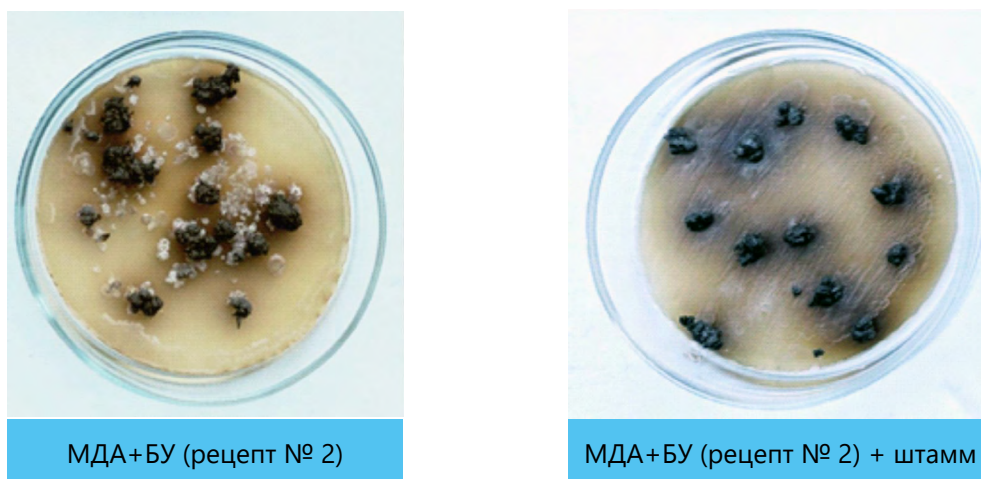


Рисунок 2 – Антагонистическое действие чистых культур ризобий сои (штамм *B. elkanii* Бу-30) на микрофлору биоудобрения

Figure 2 – Antagonistic effect of pure soybean rhizobium cultures (strain *B. elkanii* Vu-30) on the microflora of biofertilizers

В то же время штаммы *S. fredii* 061 и ТБ–452 не оказали подавляющего действия на микрофлору гранулированного удобрения рецепта № 2: рост микрофлоры в этих вариантах соответствовал контрольному уровню (рисунок 3).

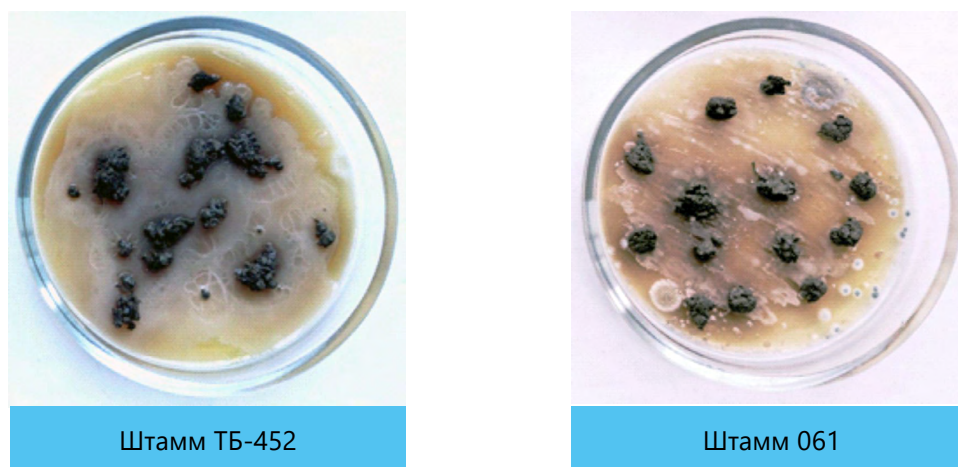


Рисунок 3 – Отсутствие антагонистического эффекта у штаммов ризобий ТБ-452 и 061 в отношении микрофлоры гранулированного биоудобрения (рецепт №2)
Figure 3 – Absence of antagonistic effect in rhizobium strains TB-452 and 061 in relation to the microflora of granular biofertilizer (recipe No. 2)

Таким образом, микрофлора биоудобрения рецепта № 1 оказалась более восприимчивой к антагонистическому воздействию ризобий, чем микрофлора биоудобрения рецепта № 2. Наиболее стабильный подавляющий эффект продемонстрировали штаммы *B. japonicum* ОМ–39, *S. fredii* СБ–38, *B. elkanii* Ву–25, Ву–30, Мд–0 и ХС–12.

Выводы

Коллекционные штаммы ризобий сои обладают выраженной антагонистической активностью по отношению к микрофлоре биоудобрения на основе отходов рыбоперерабатывающей промышленности. Все изученные штаммы полностью ингибировали микрофлору биоудобрения рецепта № 1.

В отношении микрофлоры биоудобрения рецепта № 2 штаммы *S. fredii* 061 и ТБ–452 не проявили подавляющего действия. Штаммы *B. japonicum* ОМ–39, *S. fredii* СБ–38, *B. elkanii* Ву–25, Ву–30, Мд–0 и ХС–12 рекомендуется использовать при производстве комплексных биоорганических удобрений.

Заключение

Полученные данные дополняют результаты исследований по влиянию добавок из отходов рыбоперерабатывающей промышленности на рост и развитие ризобий и подтверждают возможность создания экологически безопасных сельскохозяйственных удобрений на основе отходов рыбопереработки.

Список источников

1. Ховалыг Н. А. Химические средства защиты растений: Практикум. Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. 217с. ISBN 978-5-4497-1537-1.
2. Болотецкий С. А. Шульгина М. Е. Эффективность химических средств защиты растений // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной научной конференции. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2023. Том 6. С. 12–13.
3. Суховольский В. В. Яковченко М. А. Влияние агрохимикатов на здоровье почвы // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения: материалы XIII Внутривузовской научно-практиче-

ской конференции. Кемерово, 2024. С. 50–52.

4. Сурувикина А. П., Монастырский В. А. Анализ причин деградации почв в результате засоления и мероприятия по восстановлению плодородия почв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2 (82). С. 58–63.

5. Косенко Т. Г., Мискарян А. А. Оценка свойств биологизированных систем земледелия // Агро-промышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2024. С. 530–533.

6. Никифорова А. П. Обзор методов рациональной переработки отходов рыбных производств // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2021. С. 263–267.

7. Кизимов А. П. Преобразование рыбных отходов в высококачественные продукты // Инновационные технологии в АПК: теория и практика : сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2025. С. 113–115.

8. Володина С. Г. Влияние эффективности использования ресурсного потенциала на выпуск продукции рыбохозяйственного комплекса // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта : материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023. С. 150–155.

9. Инюкина М. В., Бражная И. Э., Лачугова Д. Н. Изучение влияния видового состава рыбного сырья на химический состав костной муки // Наука и инновации в Арктике : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Мурманск : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Мурманский арктический университет», 2024. С. 523–525.

10. Якупова З. Р., Валеева Р. Т., Тунцев Д. В. Исследование процессов культивирования *Bacillus subtilis* с использованием солянокислых гидролизатов рыбной муки // Проблемы развития современного общества : сборник научных статей 10-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. Курск : ЗАО «Университетская книга», 2025. С. 505–507.

11. Татаренко И. Ю., Якименко М. В., Сорокина А. И. Влияние ризобий сои на посевные качества семян сельскохозяйственных культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 4. С. 22–29. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040044>

12. Туйчиев М. Ю., Потенко Т. А., Бородин И. И. [и др.] Влияние органических удобрений на продуктивность корнеплодов в условиях юга Дальнего Востока // Аграрный вестник Приморья. 2025. № 4 (40). С. 11–17.

13. Зоогигиеническая и ветеринарно-санитарная экспертиза кормов : учебник // Кузнецов А. Ф., Тюрин В. Г., Лунегов А. М. [и др.]. СПб. : Лань, 2022. 508 с.

References

1. Khovalyg NA. Chemical Plant Protection Products: A Practical Guide [Khimicheskie sredstva zashchity rastenii: Praktikum]. Moscow : IPR Media, 2022;217. ISBN 978-5-4497-1537-1.

2. Bolotetsky SA, Shulgina ME. Effectiveness of chemical plant protection products [Effektivnost' khimicheskikh sredstv zashchity rastenii]. In: Gorin Readings. Innovative Solutions for the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Scientific Conference, Maisky : Belgorod State Agrarian University named after VYa Gorin, 2023;6:12–13.

3. Sukhovolsky VV, Yakovchenko MA. The influence of agrochemicals on soil health [Vliyanie agrokhimikatov na zdorov'e pochvy]. In: New Ideas and Solutions for the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the XIII Intra-University Scientific and Practical Conference. Kemerovo, 2024;50–52.

4. Surovikina AP, Monastyrsky VA. Analysis of the causes of soil degradation as a result of salinization and measures to restore soil fertility. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2021;2(82):58–63.

5. Kosenko TG, Miskaryan AA. Assessment of the properties of biologized farming systems. In: Agro-Industrial Complex: State, Problems, and Prospects: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference. Penza : Penza State Agrarian University, 2024;530–533.

6. Nikiforova AP. Methods of rational processing of fish waste: the review. In: Comprehensive Research

in the Fisheries Industry: Proceedings of the VI International Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2021;263–267.

7. Kizimov AP. Conversion of fish waste into high-quality products. In: Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Theory and Practice: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Penza: Penza State Agrarian University, 2025;113–115.

8. Volodina SG. Influence of effectiveness of use of resource potential on the output of products of the fisheries complex. In: Current Problems of Shipping and Transport Development: Proceedings of the National Scientific and Technical Conference with International Participation. Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2023;150–155.

9. Inyukina MV, Brazhnaya IE, Lachugova DN. Study of the influence of species composition of fish raw materials on the chemical composition of bone meal [Izuchenie vliyaniya vidovogo sostava rybnogo syr'ya na khimicheskii sostav kostnoi muki]. In: Science and Innovations in the Arctic: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Murmansk: Murmansk Arctic University, 2024;523–525.

10. Yakupova ZR, Valeeva RT, Tuntsev DV. Investigation of Bacillus subtilis cultivation processes using hydrochloric acid hydrolysates of fish meal [Issledovanie protsessov kul'tivirovaniya Bacillus subtilis s ispol'zovaniem solyanokislykh gidrolizatov rybnoi muki]. Problems of development of modern society : collection of scientific articles of the 10th All-Russian National Scientific and Practical Conference. Kursk : ZAO Universitetskaya Kniga, 2025;505–507.

11. Tatarenko IYu, Yakimenko MV, Sorokina AI. The influence of soybean rhizobia on the agricultural seeds sowing qualities. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2024;4:22–29. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040044>

12. Tuichiev MYu, Potenko TA, Borodin II, [et al.] Influence of organic fertilizers on productivity of root vegetables in the conditions of the south of the far east. *Agrarian bulletin of Primorye* 2025;4(40):11–17.

13. Zoohygienic and Veterinary-Sanitary Examination of Feed: Textbook [Zoogigienicheskaya i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza kormov: Uchebnik] / AF Kuznetsov, VG Tyurin, AM Lunegov, [et al.]. Saint Petersburg : Lan, 2022;508.

Информация об авторах

И. Ю. Татаренко – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
М. В. Якименко – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
Т. А. Потенко – кандидат экономических наук, директор Института землеустройства и агротехнологий Приморского государственного аграрно-технологического университета;
Я. С. Гутор – младший научный сотрудник;
А. И. Сорокина – кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

I. Yu. Tatarenko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;
M. V. Yakimenko – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher;
T. A. Potenko – Candidate of Economic Sciences, Director of the Institute of Land Management and Agrotechnology of Primorsky State Agrarian and Technological University;
Y. S. Gutor – Junior Researcher;
A. I. Sorokina – Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher.

**Статья поступила в редакцию 14.04.2026;
одобрена после рецензирования 23.04.2026;
принята к публикации 24.04.2026**

**The article was submitted 14.04.2026;
approved after reviewing 23.04.2026;
accepted for publication 24.04.2026**