



Научная статья

УДК 631.147

doi: 10.55186/25876740_2023_66_1_20

РАЗРАБОТКИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

С.П. Замана, С.Н. Волков, Д.А. Шаповалов

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые направления и разработки Государственного университета по землеустройству в системе органического земледелия. Определены важнейшие параметры *здоровья почвы* как ключевого элемента обеспечения органических технологий и сохранения плодородия почвенных экосистем. Приведены данные по применению инновационных препаратов, содержащих ассоциативные ризосферные бактерии, арбускулярно-микоризные грибы, грибы-антагонисты фитопатогенов и др. Исследовалось влияние на разных культурах: луке, чесноке, тыкке, дыне, землянике, кукурузе, горохе, томатах, моркови, окре, яровой пшенице, ароматических травах. Показано существенное (до 50%) улучшение качества продукции. Приведены данные опытов по борьбе с вредителями (дынная муха) и результаты применения озоносодержащих масел. Наиболее значимые научные решения защищены патентами РФ.

Ключевые слова: органическое сельское хозяйство, здоровье почвы, экосистема, биопрепараты, озон

Original article

DEVELOPMENTS OF THE STATE UNIVERSITY OF LAND USE PLANNING IN THE FIELD OF ORGANIC AGRICULTURE

S.P. Zamana, S.N. Volkov, D.A. Shapovalov

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. This article discusses the key directions and developments of the State University on Land Use Planning in the system of organic farming. The most important parameters of soil health as a key element in ensuring organic technologies and preserving the fertility of soil ecosystems have been determined. Data on the use of innovative preparations containing associative rhizospheric bacteria, arbuscular-mycorrhizal fungi, fungi-antagonists of phytopathogens, etc. The influence on different crops was studied: onions, garlic, pumpkin, melon, strawberries, corn, peas, tomatoes, carrots, okra, spring wheat, aromatic herbs. A significant (up to 50%) improvement in product quality is shown. The data of experiments on pest control (melon fly) and the results of the use of ozone-containing oils are given. The most significant scientific solutions are protected by patents of the Russian Federation.

Keywords: organic agriculture, soil health, ecosystem, biologics, ozone

Принципы ведения сельского хозяйства должны предусматривать восстановление естественного плодородия почв и здоровья почвенных экосистем, а использование новых инновационных биотехнологий может позволить восстанавливать нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой [1-5].

Поскольку почвенный покров является узлом взаимосвязей в биосфере, то именно почвам, и особенно здоровью почвенных экосистем, должно быть уделено основное внимание в ходе освоения образовательных программ в аграрных университетах. В настоящее время необходимы знания о глобальных функциях почв в биосфере, о почвенных экосистемах, о главенствующей роли биологической составляющей почвенной экосистемы, о необходимости использования почвы в соответствии с законами природы. Именно биологическая составляющая (то есть вся совокупность живых организмов) локальной почвенной экосистемы обеспечивает незаменимые для всего живого продукционные и средообразующие функции почвы.

Большая роль в биогеохимическом круговороте химических элементов принадлежит живым организмам, особенно почвенным микроорганизмам. Они создают плодородие почвы и успешно заняты этим миллионы лет.

Плодородная почва — это сообщество сотен видов живых организмов. В почве корни растений, как муфтой, одеты живым слоем микробных клеток — бактерий и грибов, как полезных, так и вредных.

На сегодняшний день считается некорректным оценивать качество почвы только по критериям ее плодородия с позиций получения максимальной продуктивности и прибыли. Глубоко ошибочно, как это было в России при внедрении интенсивных технологий, полностью игнорировать *биотический блок* почвы.

Альтернативой интенсивному земледелию является органическое земледелие, важность которого в настоящее время возведена на мировой уровень. При ведении органического сельского хозяйства активно разрабатываются и внедряются биологические методы ведения сельского хозяйства, основанные на отказе от химических

средств защиты растений и синтетических минеральных удобрений и применении биологических факторов повышения плодородия почв, подавления болезней, вредителей и сорняков, не оказывающих отрицательного влияния на состояние окружающей природной среды.

В органическом земледелии первостепенная роль принадлежит именно здоровой почве. Только она способна неопределенно долго функционировать в качестве компонента почвенной экосистемы, поддерживать продуктивность растений, качество воды, воздуха и продукции, обеспечивая тем самым здоровье растений, животных и человека.

Здоровье почвы можно определить как функциональную биологическую категорию, отражающую *состояние динамики активности биотического компонента* в органоминеральном комплексе почвы [6].

Одним из направлений научных исследований Государственного университета по землеустройству в течение более 10 лет являлось изучение вопросов, связанных с ведением органического сельского хозяйства, разработкой



методики определения здоровья почвенных экосистем, применением инновационных биопрепаратов для улучшения здоровья почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства с оптимальным содержанием полезных для человека веществ.

Исследования проводятся совместно со специалистами из МГУ им. М.В. Ломоносова. Совместно издано учебное пособие по научно-практическому определению избранных параметров здоровья почвенной экосистемы (почвы).

Ключевыми понятиями, рассматриваемыми в пособии, являются почвенная экосистема, здоровье почвы и микробное сообщество [7].

Для определения активности микробного сообщества используется метод СИД (субстрат индуцированное дыхание), то есть метод измерения дыхательной активности по количеству CO₂, выделяемого почвенными образцами после внесения в них субстрата (глюкозы), повышающего порог чувствительности метода. Определение концентрации CO₂ проводят с помощью газового анализатора.

Разработки включают протоколы описания, то есть «что и как делать» при практическом определении здоровья почвенной экосистемы на конкретной территории ландшафта. При сохранении и накоплении получаемых результатов с помощью данного метода можно создать «банк» данных о здоровье различных почвенных экосистем. Это позволяет выявлять те участки, где в первую очередь необходимо проводить восстановление микробных сообществ с помощью внесения различных биопрепаратов.

Технологии, основанные на применении эффективных микроорганизмов, являются безвредными, приводят к оздоровлению системы почва — растения и считаются перспективными во многих странах мира.

В Государственном университете по земледелию исследования ведутся под руководством профессора кафедры земледелия и растениеводства д.б.н. Замана С.П., совместно со специалистами ФНЦ овощеводства РАН, ФНЦ «Немчиновка» РАН, Никитским ботаническим садом ННЦ РАН и др. Научной группой с участием также и зарубежных ученых из Италии и Польши проводились исследования биопрепаратов, содержащих ассоциативные ризосферные бактерии, арбускулярно-микоризные грибы, грибы-антагонисты фитопатогенов и др.

Инновационные биопрепараты применялись на разных культурах: луке, чесноке, тыкве, дыне, землянике, кукурузе, горохе, томатах, моркови, окре, яровой пшенице, ароматических травах [9, 10] Оценивалось их влияние на состояние почвенно-биотического комплекса, на содержание жизненно-важных макро- и микроэлементов, токсичных элементов и нитратов, содержание аминокислот, витаминов, полифенолов, крахмала, антиоксидантной активности и других показателей качества выращиваемой продукции. Эффективность применения биостимуляторов для улучшения качества растениеводческой продукции показана в целом ряде статей [8]. Такого рода исследования имеют большой потенциал внедрения и широкие возможности применения в органическом сельском хозяйстве.

Комплексный биостимулятор Rhizotech MB (Италия), содержащий арбускулярно-микоризные грибы *Glomus intraradices*, грибы *Trichoderma harzianum* и ростостимулирующие бактерии *Bacillus subtilis*, применялся при обогащении

лука и чеснока неорганическими формами селена. Обобщение результатов с тремя вариантами опыта (1 вариант — биопрепарат, 2 вариант — селен и 3 вариант — биопрепарат + селен) показало, что при применении комбинации биопрепарат + Se как в чесноке, так и в луке увеличивалось содержание моносахаридов и содержание Se, увеличивалось содержание аскорбиновой кислоты и флавоноидов в луке и флавоноидов в чесноке, а также значительно возрастало содержание бора, меди, железа, марганца, кремния, цинка, магния в луке.

В плодах тыквы, выращенной с применением биопрепарата, увеличилось накопление

жизненно-важных микроэлементов: меди — до 111%, цинка — до 112%, йода — до 144%, селена — до 185% и некоторых других по отношению к контролю (рис. 1).

В плодах дыни в опытном варианте увеличилось содержание многих эссенциальных микроэлементов: цинка — до 143%, хрома — до 136%, кобальта — до 157%, меди — до 179%, марганца — до 246% (рис. 2).

Под воздействием вносимых микроорганизмов аккумуляция токсичных элементов (свинца, кадмия, ртути и мышьяка) плодами дыни существенно уменьшилась и их содержание было значительно ниже ПДК (рис. 3).

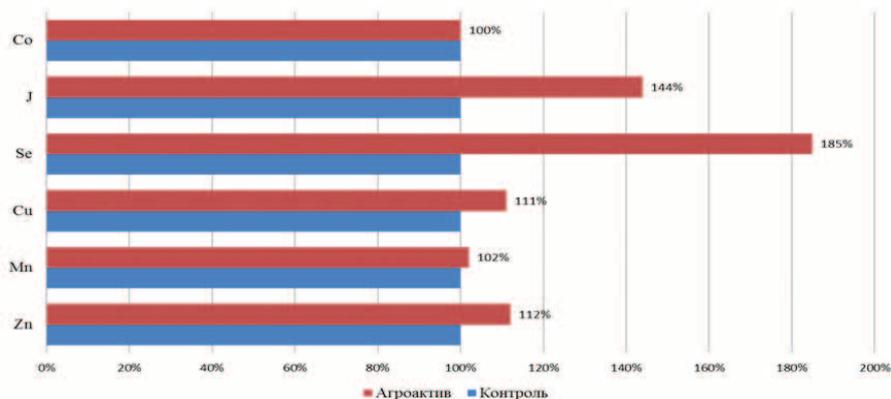


Рисунок 1. Увеличение содержания важнейших эссенциальных микроэлементов в плодах тыквы при применении биопрепаратов, % к контролю
Figure 1. Increase in the amount of essential trace elements in pumpkin fruits when using biological preparations, % of control

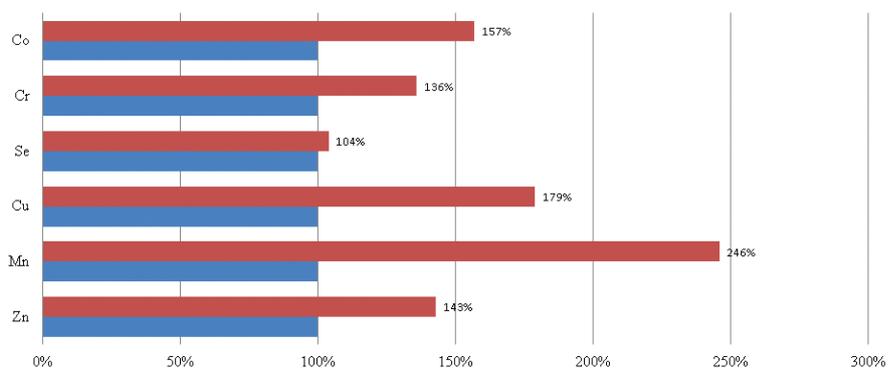


Рисунок 2. Увеличение содержания важнейших эссенциальных микроэлементов в плодах дыни при применении биопрепаратов, % к контролю
Figure 2. Increase in the amount of essential trace elements in melon fruits when using biological preparations, % of control

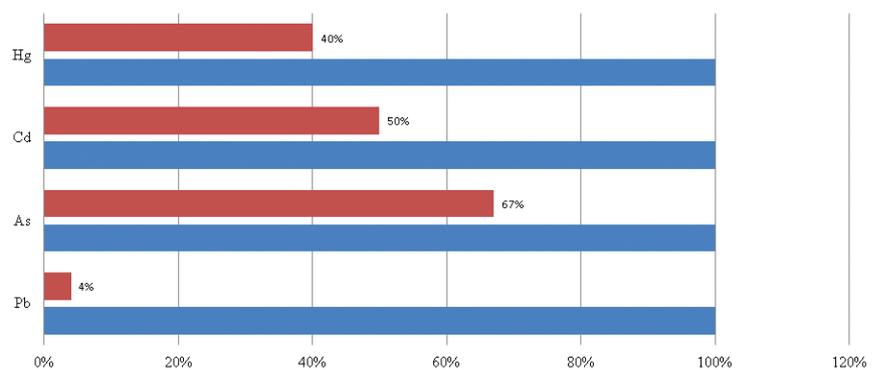


Рисунок 3. Уменьшение содержания токсичных элементов в плодах дыни при применении биопрепаратов, % к контролю
Figure 3. Reduction of the amount of toxic elements in melon fruits when using biological products, % of control





Рисунок 4. Земляника из опытного (слева) и контрольного (справа) вариантов
Figure 4. Strawberries from the experimental (left) and control (right) variants



Рисунок 5. Влияние биопрепаратов на лаванду во время хранения (слева — контрольный вариант, справа — опытный вариант)
Figure 5. The effect of biological products on lavender during storage (left — control variant, right — experimental variant)



Рисунок 6. Сохранность моркови при применении биопрепарата (слева — с биопрепаратом, справа — контроль)
Figure 6. Preservation of carrots when using a biological product (on the left — with a biological product, on the right — control)



Рисунок 7. Всходы яровой мягкой пшеницы сорта Злата (слева — обработанных эмульсией с озонидами, справа — контрольный образец без предпосевной обработки)
Figure 7. Seedlings of spring soft wheat Zlata variety (left — treated with an emulsion with ozonides, right — control sample without presowing treatment)

Применение биостимулятора улучшило показатели питательной ценности зерна кукурузы: содержание сырой клетчатки увеличилось на 7,7%, сырого протеина — на 6,2%, сырого жира — на 6,5%, сырой золы — на 20%, переваримого протеина — на 5,1%. Увеличилось также в зерне кукурузы содержание важнейших эссенциальных микроэлементов — железа, цинка, марганца, меди, хрома и кобальта.

Биопрепараты способствует усилению корнеобразования и увеличению количества листьев у земляники садовой (рис. 4).

Применение биопрепаратов обеспечивало повышение в плодах томатов содержания сухого вещества, содержания мощных антиоксидантов — бета-каротина (на 86%) и ликопина (на 76%), сахара (на 15%), общего содержания минералов (на 13%), а также улучшались их вкусовые качества.

Применение биопрепаратов на горохе способствовало увеличению содержания в семенах гороха многих аминокислот — глутаминовой кислоты, триптофана, аргинина, аспарагиновой кислоты, лейцина, лизина, фенилаланина, метионина, гистидина.

Влияние арбускулярно-микоризных грибов оказало благотворное влияние на рост, развитие и содержание эфирных масел у ароматических трав в проводимом эксперименте с полынью, лавандой и иссопом. Было обнаружено, что во время хранения при высокой температуре и влажности качество растений из опытного варианта не ухудшалось (по сравнению с контрольным), они длительное время оставались зелеными. Контрольные растения ароматических трав показали значительное снижение содержания фенольных и аскорбиновой кислот, а также хлорофиллов и антиоксидантной активности на абиотический стресс (рис. 5).

В опыте с морковью, выращенной с применением биопрепаратов, увеличивалось содержание цинка на 79%, меди — на 49%, хрома — на 30%, йода — на 25%, марганца — на 22%, кремния — на 19%, железа — на 14%. Обнаружено значительное различие в сохранности образцов моркови из контрольного и опытного вариантов. Так, морковь из опытного варианта, которая выращивалась на почве, обработанной биопрепаратом, сохранилась к весне полностью, то есть из заложенных 5 корнеплодов все сохранились в хорошем состоянии,



а из 5 штук моркови контрольного варианта осталось всего 1,5 штуки, остальная морковь сгнила (рис. 6).

Важным элементом исследований университета являются работы по использованию озонированных препаратов в сельском хозяйстве [11]. Разработана технология предпосевной обработки зерна с помощью озонированных растительных масел. Установлено, что при выращивании яровой мягкой пшеницы сорта Злата из семян, обработанных перед посевом эмульсией на основе озонированных масел, улучшались показатели структуры урожая (длина колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен), увеличивалось содержание белка и клейковины в зерне, а также значительно уменьшалось поражение листьев пшеницы септориозом (рис. 7). Некоторые из предложенных технологий защищены патентами РФ [12-14].

Таким образом, исследуемые сотрудниками Государственного университета по землеустройству инновационные биопрепараты на основе полезных микроорганизмов и натуральных веществ перспективны с точки зрения создания микробно-растительных систем, поскольку микроорганизмы оказывают влияние на важнейшие процессы, происходящие в растениях: регулируют метаболизм, защищают от стрессов, вредителей, болезней и т.д. и могут широко применяться при ведении органического сельского хозяйства.

Список источников

1. Варламов А.А., Гальченко С.А., Ключин П.В., Шаповалов Д.А. Мониторинг земель: учебное пособие / под ред. А.А. Варламова. М., 2013. Часть 1. 189 с.
2. Шаповалов Д.А., Груздев В.С. Влияние техногенных выбросов на почву и растительность на примере ОАО «Северсталь» // Экология и промышленность России. 2008. № 7. С. 32-35.
3. Белорустсева Е.В., Шаповалов Д.А. Оценка динамики и прогноз развития негативных процессов на землях сельскохозяйственного назначения Калужской области с применением ГИС-технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2009. № 9 (57). С. 34-43.
4. Ведешин Л.А., Шаповалов Д.А., Белорустсева Е.В. Космические информационные технологии для решения сельскохозяйственных задач // Экологические системы и приборы. 2011. № 9. С. 3-10.
5. Рухович Д.И., Шаповалов Д.А. Об особенностях мониторинга почвенно-земельного покрова как информационной основы эффективного землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 12 (131). С. 31-49.
6. Замана С.П. Здоровье почвенных экосистем и органическое сельское хозяйство // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2019. № 12 (179). С. 49-53.

Информация об авторах:

- Замана Светлана Павловна**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7027-364X>, svetlana.zamana@gmail.com
- Волков Сергей Николаевич**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0931-065X>, lab_zem_guz@mail.ru
- Шаповалов Дмитрий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, shapoval_ecology@mail.ru

Information about the authors:

- Svetlana P. Zamana**, doctor of biological sciences, professor, professor of the department of digital agriculture and landscape design, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7027-364X>, svetlana.zamana@gmail.com
- Sergey N. Volkov**, academician of the Russian Academy of Sciences, professor, head of the department of land use planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0931-065X>, lab_zem_guz@mail.ru
- Dmitry A. Shapovalov**, doctor of technical sciences, professor, head of the department of informatics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, shapoval_ecology@mail.ru

Ehkologicheskie sistemy i pribory [Ecological systems and devices], no. 9, pp. 3-10.

5. Rukhovich, D.I., Shapovalov, D.A. (2015). Ob osobennostyakh monitoringa pochvenno-zemel'nogo pokrova kak informatsionnoi osnovy ehkhektivnogo zemlepol'zovaniya [On the features of monitoring of soil and land cover as an information basis for effective land use]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadaster], no. 12 (131), pp. 31-49.

6. Zamana, S.P. (2019). Zdorov'e pochvennykh ehkhsistem i organicheskoe sel'skoe khozyaistvo [Health of soil ecosystems and organic agriculture]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadaster], no. 12 (179), pp. 49-53.

7. Zamana, S.P. (2009). *Ehkologo-biogeokhicheskies printsipy otsenki i korrektsii ehlementnogo sostava sistemy pochva-rasteniya-zhivotnye: monografiya* [Ecological and biogeochemical principles of assessment and correction of the elemental composition of the soil-plants-animals system: monograph]. Moscow, GUZ.

8. Golubkina, N., Seredin, T., Baranova, H., Krivenkov, I., Zamana, S., Poluboyarinov, P., Sokolov, S., Pietrantonio, L., Caruso, G. (2019). Effect of selenium biofortification and beneficial microorganism inoculation on yield, quality and antioxidant properties of shallot bulbs. *Plants*, vol. 8, no. 4, p. 102.

9. Zamana, S.P., Shapovalov, D.A., Kondratyeva, T.D. (2018). The impact of biological products on certain biochemical characteristics of tomato fruits. *International agricultural journal*, vol. 61, no. 4, p. 1.

10. Zamana, S.P., Fedorovskii, T.G., Sokolov, S.A., Utsin, N.V. (2019). Vliyaniye biopreparatov na ehlementnyi sostav i khraneniye morkovi [The effect of biological products on the elemental composition and storage of carrots]. *Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal* [Moscow economic journal], no. 12, p. 18.

11. Akpanbetov, S.B., Gorin, V.V., Zamana, S.P., Shapovalov, D.A., Fomin, A.A., Davydova, N.V. (2020). Razrabotka tekhnologii obezrazhivaniya semyan zernovykh kul'tur s pomoshch'yu ozonirovannykh masel [Development of technology for disinfection of grain seeds with ozonated oils]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 3, pp. 4-8.

12. Zamana, S.P., Kondrat'eva, T.D., Shapovalov, D.A., Utsin, N.V., Fedorovskii, T.G. *Sposob zashchity dyni ot dynnoi mukhi* [Method of protecting melons from melon flies]. Patent for invention ru 2676161 c1, 12/26/2018. Application No. 2017134100 dated 03.10.2017.

13. Shapovalov, D.A., Ozerova, N.A., Krivosheina, M.G., Ozerov, A.L., Shirokova, V.A., Khutorova, A.O., Ozerova, A.A. *Sposob zashchity zemel' ot rasprostraneniya borshevi-ka Sosnovskogo* [Method of protecting lands from the spread of *Heracléum Sosnowskyi*]. Patent for invention 2750754 C2, 02.07.2021. Application no. 2019105816 dated 02/28/2019.

14. Akpanbetov, S.B., Gorin, V.V., Zamana, S.P., Shapovalov, D.A., Lepekhin, P.P., Rodionova, O.M. *Sposob obezrazhivaniya semyan zernovykh kul'tur s primeneniem ozonirovannykh masel* [Method of disinfection of grain seeds using ozonated oils]. Patent for invention 2752930 C2, 08/11/2021. Application No. 2019145357 dated 31.12.2019.

7. Замана С.П. Эколого-биогеохимические принципы оценки и коррекции элементного состава системы почва-растения-животные: монография. М.: ГУЗ, 2009.

8. Golubkina, N., Seredin, T., Baranova, H., Krivenkov, I., Zamana, S., Poluboyarinov, P., Sokolov, S., Pietrantonio, L., Caruso, G. (2019). Effect of selenium biofortification and beneficial microorganism inoculation on yield, quality and antioxidant properties of shallot bulbs. *Plants*, vol. 8, no. 4, p. 102.

9. Zamana, S.P., Shapovalov, D.A., Kondratyeva, T.D. (2018). The impact of biological products on certain biochemical characteristics of tomato fruits. *International agricultural journal*, vol. 61, no. 4, p. 1.

10. Замана С.П., Федоровский Т.Г., Соколов С.А., Уцин Н.В. Влияние биопрепаратов на элементный состав и хранение моркови // Московский экономический журнал. 2019. № 12. С. 18.

11. Акпанбетов С.Б., Горин В.В., Замана С.П., Шаповалов Д.А., Фомин А.А., Давыдова Н.В. Разработка технологии обеззараживания семян зерновых культур с помощью озонированных масел // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 3. С. 4-8.

12. Замана С.П., Кондратьева Т.Д., Шаповалов Д.А., Уцин Н.В., Федоровский Т.Г. Способ защиты дыни от дынной мухи // Патент на изобретение ru 2676161 c1, 26.12.2018. Заявка № 2017134100 от 03.10.2017.

13. Шаповалов Д.А., Озерова Н.А., Кривошеина М.Г., Озеров А.Л., Широкова В.А., Хуторова А.О., Озерова А.А. Способ защиты земель от распространения борщевика Sosnovского // Патент на изобретение 2750754 C2, 02.07.2021. Заявка № 2019105816 от 28.02.2019.

14. Акпанбетов С.Б., Горин В.В., Замана С.П., Шаповалов Д.А., Лепехин П.П., Родионова О.М. Способ обеззараживания семян зерновых культур с применением озонированных масел // Патент на изобретение 2752930 C2, 11.08.2021. Заявка № 2019145357 от 31.12.2019.

References

1. Varlamov, A.A., Gal'chenko, S.A., Klyushin, P.V., Shapovalov, D.A. (2013). *Monitoring zemel': uchebnoe posobie* [Land monitoring: study guide]. Moscow, part 1, 189 p.
2. Shapovalov, D.A., Gruzdev, V.S. (2008). Vliyaniye tekhnogennykh vybrosov na pochvu i rastitel'nost' na primere ОАО «Severstal'» [The impact of man-made emissions on soil and vegetation on the example of ОАО Severstal']. *Ehkologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], no. 7, pp. 32-35.
3. Belorustseva, E.V., Shapovalov, D.A. (2009). Otsenka dinamiki i prognoz razvitiya negativnykh protsessov na zemlyakh sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Kaluzhskoi oblasti s primeneniem Gis-tekhnologii [Assessment of the dynamics and forecast of the development of negative processes on agricultural lands of the Kaluga region using Gis technologies]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadaster], no. 9 (57), pp. 34-43.
4. Vedeshin, L.A., Shapovalov, D.A., Belorustseva, E.V. (2011). Kosmicheskies informatsionnye tekhnologii dlya resheniya sel'skokhozyaistvennykh zadach [Space information technologies for solving agricultural problems].

