

Оригинальная статья

УДК 631.4: 633.39:581.524:62

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-55-61>

АВТОНОМНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Н.С. Севрюгина^{1✉}, А.Ю. Фомин², А.С. Апатенко³

^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина; Москва, Российская Федерация

¹ sevruginans@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>

² sachafomin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>

³ a.apatenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>

Аннотация. Выявлена проблема неконтролируемого нарушения агроэкосистемы через засорение территорий инвазивными растениями, в частности борщевиком Сосновского. Предложена концепция контроля территорий от засорения инвазивными растениями на длительном временном периоде с привлечением автономных средств малой механизации. Цель исследований – разработка концепции управления агрофизическими процессами неконтролируемого нарушения экосистемы территорий от засорения инвазивными растениями (на примере борщевика Сосновского) на длительном временном периоде, путем создания многофункционального комплекса автономного действия. Разработана конструкция колаборативного робота с встроенной автономной системой удаления инвазивных растений (робота АКИР). Технологическая комплектность рабочего оборудования по удалению борщевика Сосновского и автономность управления исключает опасные контактные воздействия человека с листвой растения. Цифровой модуль с банком данных в режиме реального времени позволяет контролировать разрастание борщевика Сосновского и составлять план по удалению на всех этапах его роста. Дано обоснование пятилетнего периода сбора данных и картирования местности для управления положительной динамикой очистки зоны от инвазивного воздействия. Дополнительно рассмотрены биохимические характеристики борщевика Сосновского для получения из зеленой массы различных продуктов – в частности, биотоплива.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, инвазивность, риски, удаление, технология, колаборативный робот, автономность, регулирование

Для цитирования: Севрюгина Н.С., Фомин А.Ю., Апатенко А.С. Автономный многофункциональный комплекс для удаления и утилизации борщевика Сосновского. Природообустройство. 2026;Т.19(3):55-61. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-55-61>

Scientific article

AUTONOMOUS MULTIFUNCTIONAL COMPLEX FOR THE REMOVAL AND DISPOSAL OF SOSNOVSKY HOGWEED

N.S. Sevrugina^{1✉}, A.Y. Fomin², A.S. Apatenko³

^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering; Moscow, Russian Federation

¹ sevruginans@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>

² sachafomin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>

³ a.apatenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>

Abstract. The problem of uncontrolled disruption of the agroecosystem through the contamination of territories with invasive plants has been identified. The assessment of agrophysical processes of agroecosystem management is given in terms of the feasibility of innovative technologies and their provision with technical support facilities. To implement the objectives of the strategic programs for the development of the agro-industrial complex, the concept of controlling territories from infestation by invasive plants for a long time period with the involvement of a technical multifunctional complex of autonomous action is proposed. A collaborative robot design with an integrated autonomous system for removing invasive plants (AKIR kobot) has been developed. The technological completeness of the working equipment for removing Sosnovsky hogweed and the autonomy of control eliminate dangerous human contact with the plant's foliage. A digital module with a real-time data bank allows for monitoring the growth of Sosnovsky

hogweed and creating a removal plan at all stages of its growth. A five-year data collection and mapping period has been justified to manage the positive dynamics of clearing the area from invasive effects. Additionally, the biochemical characteristics of hogweed are considered for obtaining various products from the green mass, in particular, biofuels.

Keywords: Sosnovsky's hogweed, invasiveness, risks, removal, technology, collaborative robot, autonomy, regulation

For citation: Sevryugina N.S., Fomin A.Yu., Apatenko A.S. An autonomous multifunctional complex for the removal and utilization of Sosnovsky hogweed. *Prirodoobustrojstvo*. 2026;19(3):55-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-55-61>

Введение. Программы развития АПК на государственном уровне предполагают решение ряда ключевых задач. Выявлена проблема сохранения природной идентичности через создание механизма оценки согласованности ведения работ по развитию технологий и техники эффективного ведения сельского хозяйства в контексте природообустройства [1].

Исследования показывают значимость решения задач достижения высокого качества жизни человека при разработке адаптивных инновационных технологий ведения сельскохозяйственной деятельности к изменениям климата, сохранению и рациональному использованию природных ресурсов [2]. Так, выращивание в промышленном масштабе борщевика Сосновского, привели не только к переводу данного растения в категорию инвазивного, но и к акцентированию в настоящее время борьбы с его разрастанием на государственном уровне [3].

В настоящее время выделена тенденция создания «регулируемой агроэкосистемь», в рамках чего рассматривается разработка высокоэффективных методов создания перспективных форм растений с прогнозируемым комплексом хозяйственной полезных свойств. В тоже время, при всем широкомасштабном развитии инновационных технологий оставляет открытым вопрос о наличии эффективных, природо-сохраняющих технических средств их реализации [4].

Выделена проблема широкомасштабного загрязнения территорий инвазивными

растениями, среди которых борщевик Сосновского вошел в категорию наиболее проблемных ввиду опасности для здоровья человека [5].

Цель исследований: разработка концепции управления агрофизическими процессами неконтролируемого нарушения экосистемы территорий от засорения инвазивными растениями (на примере борщевика Сосновского) на длительном временном периоде, путем создания многофункционального комплекса автономного действия (робота АКИР).

Материалы и методы исследований. Визуально борщевик можно встретить на различных территориях (рис. 1), для которых имеются четкие инструкции содержания. Это стало создавать агрофизические проблемы в случае использования многолетних классических технологий удаления сорняков, зачастую не учитывающих опасности для человека, выполняющего данные работы.

Агрофизическую историю борщевика Сосновского можно исследовать с середины XX в., когда в сельском хозяйстве СССР он был введен как сельскохозяйственная кормовая культура (рис. 2). Например, в период с 1964 по 1980 гг. в Коми АССР посевные площади борщевика Сосновского составляли 4 тыс. га [6].

В качестве кормовой культуры в борщевике особую ценность представляла его объемная составляющая: крупные листья, высота стебля от 70 до 180 см, многоцветное цветение за сезон, что позволяло выделить его медоносность.



Рис. 1. Примеры мест загрязнения территорий инвазивным растением – борщевиком Сосновского:

a – вдоль железнодорожного полотна; *b* – залежные земли; *c* – придорожные полосы

Fig. 1. Examples of areas contaminated by the invasive plant – Sosnovsky hogweed:

a – along the railway track; *b* – fallow lands; *c* – roadside strips



Рис. 2. Карта использования сельскохозяйственных угодий для выращивания борщевика Сосновского как кормовой культуры (1980 г.)

Fig. 2. Map of agricultural land used for growing Sosnovsky hogweed as a fodder crop (1980)

Дополнительными качествами считались высокая зимостойкость и кормовая ценность, что способствовало расширению его использования в качестве силосной культуры.

С течением времени проявились отрицательные стороны селекции борщевика Сосновского: в частности, были выявлены токсические для человека свойства. В соке растения содержатся фурукумарины, обладающие фотодинамической активностью и резко повышающие чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению.

Опыт использования борщевика в качестве силоса для корма животных показал, что животные при выпасе на полях с удовольствием употребляли его благодаря сочным и массивным стеблям и листьям, хотя позже было доказано их отрицательное действие на молоко: они придавали ему горьковатый привкус и запах эфирных масел [5].

В контексте управления агрофизическими процессами системы «Почва – растение – атмосфера» распространение борщевика снижает ценность земельных ресурсов и наносит вред окружающей среде. Статистические данные показывают, что борщевик ежегодно может увеличивать занятую им площадь на 5-10% и более [7].

Для исправления ситуации 20 апреля 2012 г. борщевик Сосновского выведен из Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, как утративший хозяйственную полезность [7-9].

Агрофизические процессы управления комплексом защитных мер разрастания инвазивных растений. Имеющийся опыт борьбы с борщевиком предусматривает комплекс защитных мер, включающих в себя механические (рис. 3а), химические мероприятия (рис. 3б) и агротехнические (рис. 3с).

Химические мероприятия. Целью обработки является полное уничтожение вегетативной массы и предупреждение плодоношения растений борщевика.

Выбор гербицида зависит от назначения участка. Применение гербицидов возможно в разные фазы развития борщевика вплоть до цветения. Но оптимальными сроками для проведения обработки являются конец мая, начало июня при отрастании растений борщевика на 10-20 см.

Во время реализации химических мероприятий необходимо учитывать выявленные ограничения, а также условия снижения рисков. При вовлечении залежных земель в оборот после обработки от борщевика с использованием различных типов гербицидов имеются ограничения по дальнейшему севообороту, что требует предварительной проработки условий дальнейшего использования сельскохозяйственных земель с планом контроля выращиваемых культур.

Для земель населенных пунктов проблемным является удаление из почвы семян борщевика, на которые гербициды не оказывают влияния, что влечет планомерное уничтожение растений, ежегодно появляющихся из почвенного запаса семян. Это длительный трудоемкий процесс, который продолжается в течение не менее 5 лет при условии пространственной изоляции обрабатываемого участка от мест расположения очагов с цветущими растениями борщевика Сосновского.



Рис. 3. Мероприятия и средства борьбы с борщевиком Сосновского: а – ручное удаление; б – химическая обработка; с – механическое удаление

Fig. 3. Measures and means of controlling Sosnovsky's hogweed: а – manual removal; б – chemical treatment; с – mechanical removal

Механические мероприятия используются широко как наиболее эффективный способ борьбы с борщевиком. В число операций включаются выкапывание и скашивание, глубокая вспашка и укрывные (пленкой или геополотном) мероприятия.

Агротехнические мероприятия сочетают в себе химические и механические мероприятия, причем существует условие широкого их применения с использованием сельскохозяйственной техники.

По результатам анализа, рассмотренного выше, можно установить, что в настоящее время основные мероприятия по борьбе с борщевиком проводятся человеком вручную, и это провоцирует случаи получения ожогов независимо от качества защитных систем.

С учетом того, что каждый комплекс мероприятий требует специальных средств защиты человека, а также их масштабы, предлагается рассмотреть концепцию применения автономных средств механизации основных операций.

Для создания средств механизации следует установить функциональные характеристики рабочего оборудования, обеспечивающего выполнение всего перечня операций по удалению и утилизации борщевика [10].

Результаты и их обсуждение. Для реализации задач стратегических программ развития АПК предложена концепция контроля территорий от засорения инвазивными растениями на длительном временном периоде с привлечением технического многофункционального комплекса автономного действия.

В основу автономности легла разработка коллаборативного ротизированного модуля (Кобот АКИР). Концепция включает в себя как реализуемые в настоящее время методы и механизмы контроля разрастания борщевика с привлечением беспилотных средств картирования, так

и инновационные технологии зачистки территорий с использованием современных автономных средств.

В ходе исследований для технического задания авторами рассмотрены технические и технологические аналоги, конструктивные решения которых могут быть заимствованы для реализации типовых технологий в разрабатываемом модуле, – в частности, устройства для извлечения корневой системы, технология размещения укрывной пленки, аналоги мини-техники с различным навесным оборудованием.

Задачи исследований включали в себя не только удаление, но и утилизацию, за основу которой взяты процесс создания полезного продукта из борщевика, механизация его измельчения, гранулирование и прочие продукты формования.

Комплексность разрабатываемого автономного модуля заключается в том, чтобы использовать современные достижения позиционирования рабочего блока с использованием БПЛА, формирующего рабочие зоны комплекса по периметру зон размещения борщевика [11].

Мониторинг состояния засоренности территорий борщевиком Сосновского осуществляется регулярно. Карты можно просматривать и анализировать на Геопортале. Регулярный контроль площади заражения борщевиком по Московской области позволил определить зоны заражения, которые составляют 34 тыс. га (рис. 4).

Следует отметить, что для БПЛА разработано приложение распознавания именно борщевика с использованием машинного зрения по мультиспектральным характеристикам отраженных волн оптического диапазона.

Масштабность задачи показала интерес многих исследователей к разработке автономных модулей удаления борщевика. В частности, имеются типовые решения: Юго-Западный университет – Робот оснащен СВЧ-излучателем,

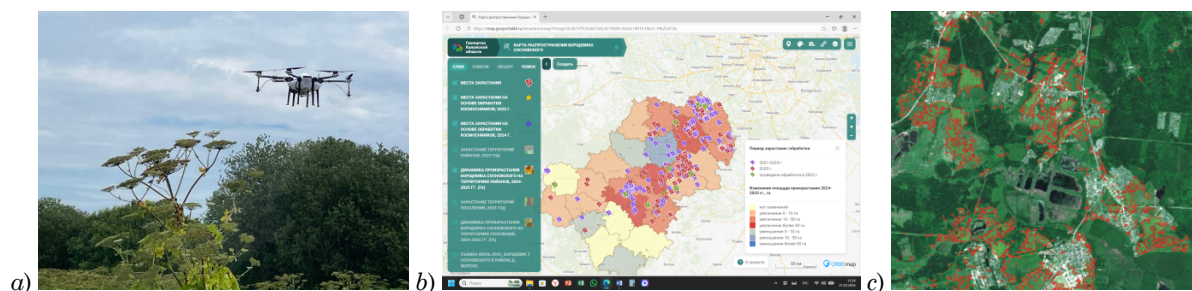


Рис. 4. Аэросъемки территорий по контролю уровня засорения борщевиком Сосновского:
 а – БПЛА с фото-видео оборудованием; б – геолокационное картирование;
 с – цифровая модель (URL: <https://map.geoportal40.ru/heracleummap/#/map>)

Fig. 4. Aerial surveys of areas to control the level of hogweed infestation:
 а – UAV with photo and video equipment; б – geolocation mapping; с – digital model
 (Electronic resource: <https://map.geoportal40.ru/heracleummap/#/map> (open access))

исключена химическая обработка, дистанционное управление; Вятский ГАТУ – Роботизированная гусеничная платформа, мульчер для обработки химикатами с помощью пульта, дистанционное управление – 100 м; Пермская краевая дорожно-эксплуатационная служба – Многофункциональный комплекс с опрыскивателем и измельчителем и прочие разработки [11].

На следующем этапе исследований выявлены имеющиеся разработки технологий получения различных продуктов из борщевика – в частности, целлюлозно-бумажное производство, что реализуется в технологии разработанной Институтом проблемы химической физики РАН [12].

Также следует выделить развитие направления технологического процесса выработки топлива из зеленой массы борщевика, так как со своему составу он имеет большой потенциал. В частности, по представленному патентному решению можно получить биоэтанол: от 79 (дикорастущий борщевик) до 145 л/т (культивируемый) и от 3950 до 36250 л/га в зависимости от урожайности и процентного содержание сахарозы [13].

На основании вышеизложенного разработан алгоритм технологической комплексности, в основе которого взят коллаборативный робот с встроенной автономной системой управления, включающей в себя цифровой модуль контроля засоренности участка (робот АКИР): комплект камер наблюдения, GPS трекеров и датчиков [14].

В качестве базового рабочего органа используются грейферный зуб, шнек, двухсекционный захват и прочее рабочее оборудование.



Рис. 5. Алгоритм получения из зеленой массы борщевика Сосновского биопродуктов: **a** – алгоритм; **b** – гранулы, порошок, топливо

Fig. 5. Algorithm for obtaining bioproducts Sosnovsky from the green mass of hogweed: **a** – algorithm; **b** – granules, powder, fuel

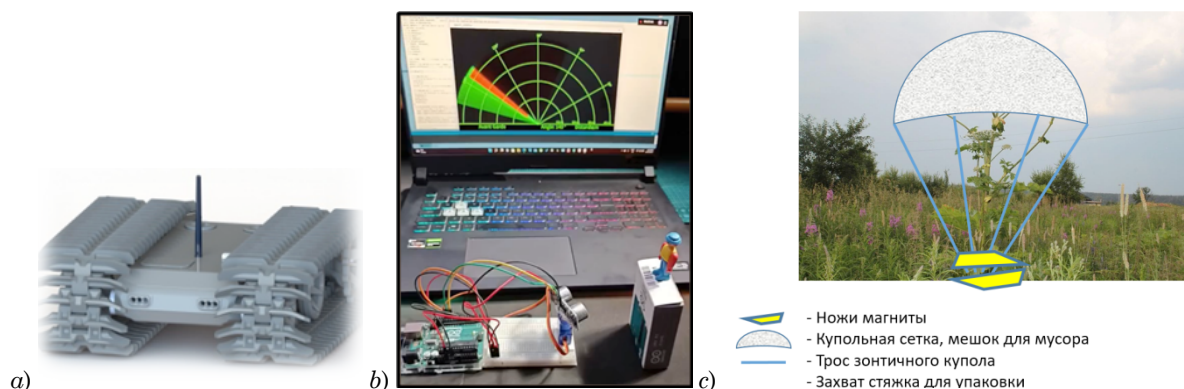


Рис. 6. Автономный многофункциональный комплекс для удаления и утилизации борщевика Сосновского (концептуальное решение): **a** – базовая станция; **b** – цифровой блок управления; **c** – схема удаления борщевика [14]

Fig. 6. Autonomous multifunctional complex for the removal and disposal of Sosnovsky hogweed (conceptual solution): **a** – base station; **b** – digital control unit; **c** – scheme for removing hogweed [14]

Выводы

Выявлена проблема неконтролируемого нарушения экосистемы через засорение территорий инвазивными растениями, среди которых борщевик Сосновский считается наиболее агрессивным и опасным для человека.

Обоснована низкая эффективность предлагаемых технических решений по борьбе с инвазивными растениями на примере борщевика Сосновского.

Предложена концепции контроля территорий от засорения инвазивными растениями

на примере борщевика Сосновского на длительном временном периоде с привлечением технического многофункционального комплекса автономного действия (Кобот АКИР).

При проектировании автономного многофункционального комплекса управления засорения территорий борщевиком Сосновским обеспечена согласованность технических требований – таких, как требования к рабочему органу; сезонность работы комплекса, объем работы комплекса, контроль засоренности участка.

Список использованных источников

1. Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот // Мелиорация. 2021. № 3 (97). С. 67-74. EDN: SYRHE
2. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Голубев В.В. и др. Переходные практики введения залежных земель в оборот. Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. 80 с. EDN: PFVVEL
3. Севрюгина Н.С., Фомин А.Ю., Ахилбеков М.Н. Согласованность технологий содержания защитных лесополос и мелиоративных каналов // Природообустройство. 2025. № 3. С. 101-107. DOI: 10.26897/1997-6011-2025-3-101-107. EDN: CMSIJW
4. Севрюгина Н.С., Загородный Н.А., Модина М.А. и др. Моделирование устойчивого управления ресурсами окружающей среды на основе принципов экологической кибернетики // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2025. № 2. С. 37-42. EDN: HQUTPN
5. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского heracleum sosnowskyi (apiaceae): уничтожение или рациональное использование растительного сырья? // Растительные ресурсы. 2024. Т. 60, № 1. С. 54-68. DOI: 10.31857/S0033994624010031. EDN: HGMWII
6. Шемякина А.В. Борщевик – медоносное растение Дальнего Востока // Пчеловодство. 2021. № 7. С. 27-28. EDN: MVCAUS
7. Фадеев Н.Б., Симонов Д.А. Использование дистанционных методов для дешифрирования площадей, занятых опасным инвазивным видом – борщевик Сосновского (Heracleum sosnowskyi Manden., Apiaceae) // Доклады ТСХА, Москва, 3-5 декабря 2019 г. Вып. 292, Ч. II. Москва: Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. С. 559-563. EDN: QFIYXO
8. Медведева А. БПЛА в Новгородской области ищут борщевик Сосновского и осматривают посевы // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2025. № 2. С. 62-63. EDN: ZRKXOL
9. Шулятьева Г.М. Обоснование технологии контроля ареала распространения борщевика Сосновского в аспекте управления земельными ресурсами // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2024. № 2. С. 55-61. DOI: 10.31442/0235-2494-2024-0-2-55-61. EDN: EWKGJZ
10. Родичева Т.В., Ивахнова О.Ф. Физические свойства дерново-слабоподзолистых почв разного гранулометрического состава под борщевиком Сосновского // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2025. № 4 (82). С. 56-68. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-4-56-68. EDN: OKFHQN
11. Ипатов Д.Д. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве, эффективность работы и ограничения

Коллаборативный робот с встроенной автономной системой управления (кобота АКИР), включает в себя цифровой модуль контроля засоренности участка: комплект камер наблюдения, GPS трекеров и датчиков.

Дополнительно рассмотрены биохимические характеристики борщевика для получения из зеленой массы различных продуктов – в частности, биотоплива.

References

1. Golubev I.G., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. The state and prospects of the fallow lands involvement in the circulation // Melioration. 2021. No. 3(97). P. 67-74. EDN: SYRHE
2. Golubev I.G., Mishurov N.P., Golubev V.V. [et al.] Best practices for introducing fallow lands into circulation. – Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex, 2021. 80 p. EDN: PFVVEL
3. Sevryugina N.S., Fomin A.Yu., and Akhilbekov M.N. Coordination of Technologies for Maintaining Protective Forest belts and Reclamation Canals // Prirodoobustroystvo. 2025. No. 3. P. 101-107. DOI: 10.26897/1997-6011-2025-3-101-107. EDN: CMSIJW
4. Sevryugina N.S., Zagorodny N.A., Modina M.A. [et al.] Modeling Sustainable Environmental Resource Management Based on the Principles of Environmental Cybernetics // Izvestiya of Tula State University. Earth Sciences. 2025. No. 2. P. 37-42. EDN: HQUTPN
5. Luneva N.N. Heracleum sosnowskyi (Apiaceae): Destruction or Rational Use of Plant Raw Materials? // Plant Resources. 2024. Vol. 60, No. 1. P. 54-68. DOI: 10.31857/S0033994624010031. EDN: HGMWII
6. Shemyakina A.V. Cow parsnip is a honey plant of the Far East // Beekeeping. 2021. No. 7. P. 27-28. EDN: MVCAUS
7. Fadeev N.B., Simonov D.A. Use of remote methods for the interpretation of areas occupied by a dangerous invasive species – hogweed (Heracleum sosnowskyi Manden., Apiaceae) // Reports of the TSSA, Moscow, December 03-05, 2019. Volume Issue 292, Part II. – Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020. P. 559-563. EDN: QFIYXO
8. Medvedeva A. UAVs in the Novgorod Region Search for Sosnowsky's Cow parsnip and Inspect Crops // Agricultural Machinery: Maintenance and Repair. – 2025. No. 2. P. 62-63. EDN: ZRKXOL
9. Shulyatyeva G.M. Justification of the technology for controlling the spread of Sosnowsky's hogweed in the aspect of land resource management // Economics of Agricultural and Processing Enterprises. 2024. No. 2. P. 55-61. DOI: 10.31442/0235-2494-2024-0-2-55-61. EDN: EWKGJZ
10. Rodicheva T.V., Ivakhnova O.F. Physical Properties of Sod-Weakly Podzolic Soils of Different Granulometric Composition under Sosnowsky's Cow parsnip // Izvestiya of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2025. – No. 4(82). P. 56-68. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-4-56-68. EDN: OKFHQN
11. Ipatov D.D. Unmanned aerial vehicles in agriculture, work efficiency and limitations // Scientific Forum: Economics, Management and Digital Technologies in the Agro-industrial complex-2024: A COLLECTION of PAPERS dedicated to the International Scientific and Practical Student Conference, Moscow,

// Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024: Сборник трудов, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 г. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. С. 255-259. EDN: INJWNS

12. Мусорина Т.А., Наумова Е.А., Шонина Е.В. и др. Теплотехнические свойства энергоэффективного материала на основе растительной добавки (сухой борщевик) // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14, № 12. С. 1555-1571. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1555-1571. EDN: JWTJIZ

13. Sevryugina N.S., Dragulenko V.V., Sukhanov D.S. et al. Biogas as a solution to the problem of waste utilisation in agriculture // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES2024), Kazan, 28-29 ноября 2024 г. Kazan: EDP Sciences, 2025. P. 00009. DOI: 10.1051/bioconf/202516100009. EDN: JKQVJA

14. Устройство для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений: Патент № 2820689 C1 Российская Федерация, МПК E02B15/00, E02B3/02, B60F 3/00; № 2023107234; заявл. 27.03.2023; Опубл. 07.06.2024 / А.Ю. Фомин, Н.С. Севрюгина, А.С. Апатенко и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». EDN: KESIPF

Информация об авторах

Надежда Савельевна Севрюгина, д-р техн. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; sevruginans@rgau-msha.ru

Александр Юрьевич Фомин, канд. техн. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; sachafomin@mail.ru

Алексей Сергеевич Апатенко, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; a.apatenko@rgau-msha.ru

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare that there are no conflicts of interests

Поступила в редакцию / Received 15.03.2026

Одобрена после рецензирования / Approved 03.06.2026

Принята к публикации / Accepted 10.06.2026

November 20, 2024. – Moscow: Russian State Agrarian University, 2024. P. 255-259. EDN: INJWNS

12. Musorina T.A., Naumova E.A., Shonina E.V. [et al.] Thermal properties of an energy-efficient material based on a plant additive (dry hogweed) // Vestnik MGSU. 2019. Vol. 14, No. 12. P. 1555-1571. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1555-1571. EDN: JWTJIZ

13. Sevryugina N.S., Dragulenko V.V., Sukhanov D.S. [et al.] Biogas as a solution to the problem of waste utilization in agriculture // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES2024), Kazan, 28-29 ноября 2024 года. – Kazan: EDP Sciences, 2025. P. 00009. DOI: 10.1051/bioconf/202516100009. EDN: JKQVJA

14. Fomin A.Yu., Sevryugina N.S., Apatenko A.S. [et al.] Patent No. 2820689 C1, Russian Federation, IPC E02B15/00, E02B3/02, B60F 3/00. Device for cleaning water and coastal objects from pollution: No. 2023107234: filed on March 27, 2023; published on June 7, 2024; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev». EDN: KESIPF

Information about the authors

Nadezhda S. Sevryugina, DSs (Tech), Associate Professor, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy; AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; sevruginans@rgau-msha.ru

Alexander Yu. Fomin, CSs (Tech), Associate Professor, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy; AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; sachafomin@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; sachafomin@mail.ru

Alexey S. Apatenko, DSs (Tech), Professor, Head of Department, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy; AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; a.apatenko@rgau-msha.ru

Declared contribution of the authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.