

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-14-20>

УДК 631.61-3.03:004.94:504.4.062.2



КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОЗДОРОВЛЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н.С. Севрюгина , А.Ю. Фомин, А.С. Апатенко

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина; 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 14/7, Россия

Аннотация. Целью исследований явилась разработка механизма снижения техногенной нагрузки городской агломерации на водные объекты, обеспечивающего самоочищение воды и экосистемное равновесие донных и прибрежных зон, путем коллаборативных роботизированных технических средств очистки загрязнений. Раскрыта проблема сохранения водных ресурсов путем их рационального использования. Установлено, что потребительская нагруженность на малые реки и подземные источники со стороны промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых объектов с каждым годом возрастает. Это ведет к деградации водотоков, а в ряде мест – к их полному исчезновению. Представлен аналитический обзор мероприятий, реализуемых на федеральном уровне, по сохранению водных ресурсов. Установлена природная эффективность самоочищения водных объектов от различных видов загрязнений. Дано обоснование периодичности механической очистки русла рек, озер, прудов различной наполняемости – 1 раз в 5 лет. В то же время определено, что глубокую очистку водоемов путем регулируемого сброса воды из водохранилищ следует проводить с периодичностью 15-20 лет. Отмечена способность рек к самоочищению по восстановлению экосистемного равновесия при помощи микроорганизмов, способных разрушать все без исключения синтетические и органические вещества. Выделено, что эффект деструкции различен во временном разрезе, плотности сформированности специфически бактериального сообщества, без дефицита биогенов и их адаптивности к специфическим загрязнителям города, расхода водного ресурса. Предложено альтернативное решение проблемы сохранения водных объектов и прибрежных территорий путем разработки и широкого применения запатентованной конструкции коллаборативного роботизированного (кобота) устройства для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2021/1196/1 от 08.10.2021 г. «Приоритет 2030», «Программа развития РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»

Ключевые слова: водные ресурсы, экосистема, загрязнение, городская агломерация, самоочищение, федеральный проект, очистка, коллаборативный робот

Формат цитирования: Севрюгина Н.С., Фомин А.Ю., Апатенко А.С. Коллаборативные роботизированные средства экологического оздоровления водных объектов // Природообустройство. 2024. № 5. С. 14-20. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-14-20>

Original article

COLLABORATIVE ROBOTIC MEANS OF ECOLOGICAL IMPROVEMENT OF WATER BODIES

N.S. Sevryugina , A.Y. Fomin, A.S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Institute of mechanics and energy named after V.P. Goryachkin; 14/7 Pryanishnikov str., Moscow, 127434, Russia

Abstract. The aim of the research was to develop a mechanism to reduce the anthropogenic load of urban agglomeration on water bodies, ensuring self-purification of water and ecosystem balance of bottom and coastal zones, by developing collaborative robotic technical means of pollution purification. The problem of conservation of water resources through their rational use is revealed. It has been established that the consumer load on small rivers and underground sources from industrial, agricultural and municipal facilities increases every year, which leads to the degradation of watercourses, and in some places to their complete disappearance. An analytical review of measures implemented at the federal level for the conservation of water resources is presented. The natural efficiency of self-purification of water

bodies from various types of pollution has been established. The periodicity of mechanical cleaning of riverbeds, lakes, ponds of various filling, which is 1 time in 5 years, is substantiated, at the same time it is highlighted that deep cleaning of water bodies by regulated discharge of water from reservoirs should be carried out with a frequency of 15-20 years. The ability of rivers to self-purify to restore ecosystem balance with the help of microorganisms capable of destroying all synthetic and organic substances without exception was noted. It is highlighted that the effect of destruction is different in time, the density of formation of a specifically bacterial community, without a deficiency of biogens and their adaptability to specific pollutants of the city, and the consumption of water resources. An alternative solution to the problem of conservation of water bodies and coastal territories is proposed through the development and widespread use of a patented design of a collaborative robotic (kobot) device for cleaning water and coastal objects from pollution.

Format of citation: The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No 075-15-2021/1196/1 dated 08.10.2021 "Priority 2030", "Development Program of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy"

Keywords: water resources, ecosystem, pollution, urban agglomeration, self-purification, federal project, purification, collaborative robot

Format of citation: Sevryugina N.S., Fomin A.Yu., Apatenko A.S. Collaborative robotic means of ecological improvement of water bodies // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 14-20. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-14-20>

Введение. Интенсивность ведения хозяйственной деятельности при реализации цели создания комфортных условий для жизни человека привела к нарушению природной инфраструктуры. В частности, остро стоит вопрос о сохранении водного баланса не столько как источника питьевой воды, а в глобальном масштабе – как источника сохранения природного баланса, его биосферы и растительности [1], что находит отражение в программных документах:

– О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474;

– Экология: Национальный проект;

– Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731);

– Единый федеральный проект по экологическому оздоровлению рек и озер на 2025-2030 годы;

– Об экологическом оздоровлении водных объектов и о развитии мелиоративного комплекса Российской Федерации: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 327-СФ [2];

– О зонах санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения на территории города Москвы и Московской области: Постановление Правительства Москвы

и Московской области от 17 декабря 2019 г. № 1705-ПП/970/44.

Цель исследований: снижение техногенной нагрузки городской агломерации на водные объекты, обеспечивающее самоочищение воды и экосистемное равновесие донных и прибрежных зон, путем разработки коллаборативных роботизированных технических средств очистки загрязнений.

Материалы и методы исследований. «...Для улучшения условий сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях необходимо обеспечить приведение гидротехнических сооружений в нормативно-техническое состояние и их безопасную эксплуатацию, организацию рационального водопользования и водораспределения, проведение противопаводковых мероприятий, расчистку мелиоративных каналов» [2]. В данном ключе следует отметить, что нельзя ограничиваться ресурсами больших рек – требуется внимательное отношение к решению вопросов малых рек и подземных водных источников [3].

Потребительская нагруженность на малые реки и подземные источники со стороны промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых объектов с каждым годом возрастает, что ведет к деградации водотоков, а в ряде мест – к их полному исчезновению.

Оценка состояния водорегулирующих сооружений в виде плотин, запруд, мельниц и пр. показывает не только их физическое, но и моральное устаревание [4, 5]. При всей проработанности

поставленных задач их решение требует подкрепления научно-практической обоснованностью долгосрочности положительного эффекта реализуемых мероприятий.

Данная проблема отмечается в работах многих ведущих ученых, которые предлагают различные пути решения. В частности, можно выделить следующие ключевые задачи:

– для сельскохозяйственной деятельности требуется повысить эффективность технологий мелиоративных работ, создавая механизм сохранения водных ресурсов путем сбалансированности уровня потребления и уровня восполнения водных объемов [6, 7];

– предприятиям строительной индустрии необходимо оптимизировать технологии добычи песка и гравия по показателю риска понижения уровня рек и горизонтов подпочвенных вод [8];

– предприятиям природоохранных структур следует разработать механизм контроля состояния прибрежных зон и русел рек, прудов и малых водоемов [9];

– производственным и коммунальным структурам необходимо исключить использование питьевой воды для технических целей путем перевода водопотребления на повторное использование очищенных вод технического назначения [10].

При рассмотрении задач, поставленных перед Министерством сельского хозяйства РФ по «возможности синхронизации работ по восстановлению водных объектов с мероприятиями по очистке и благоустройству прилегающих к ним территорий» [2, 4, 6], предлагается их комплексное решение (рис. 1).

В частности, можно отметить исследования, представленные в работе Н.М. Щегольковой «Динамика экологического состояния основного водотока мегаполиса». Теоретические положения по экологической структуре реки мегаполиса охватывают статические данные

по гидрохимическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям воды речной, очищенной и поступающей на сооружения очистки за период с конца XIX в. до 2010 г. реки Москва. В данном исследовании река Москва представлена как наиболее яркий пример городского водотока, испытывающего на себе различные антропогенные воздействия [11].

В работе [11] доказано, что самоочищение от различных факторов нагрузки реки Москва находится в минимально допустимом периоде – 5 лет между промывками реки в условиях, соответствующих современному уровню техногенной нагрузки.

Предлагается интегральная оценка экосистемного равновесия реки по характеристике темпов самоочищения и размеров зон эконарушения. Как один из способов очистки, предлагается промывка дна реки. В то же время для сохранения донных сообществ данные мероприятия следует проводить не чаще, чем 1 раз в 5 лет. Также отмечается, что данный интервал следует увеличивать для водоемов с невысокой эконагрузкой, и в таком случае следует провести исследование по оценке показателя скорости самоочищения водоема.

Как отмечено, экологическую идентичность водные объекты могут сохранять путем самоочищения, что можно реализовать для определенных условий и территорий, не испытывающих техногенные нагрузки. В то же время невозможно приостановить интенсивность водопотребления человеком, что вызывает естественное противоречие при решении задач природосохранения.

Проведение научных исследований способности водной структуры мегаполисов по самоочищению затруднено ввиду комплекса противоречивых показателей, которые требуется учитывать при расчетах: в частности, это естественная неоднородность экологических структур, переменчивость антропогенного нагружения и прочие факторы.

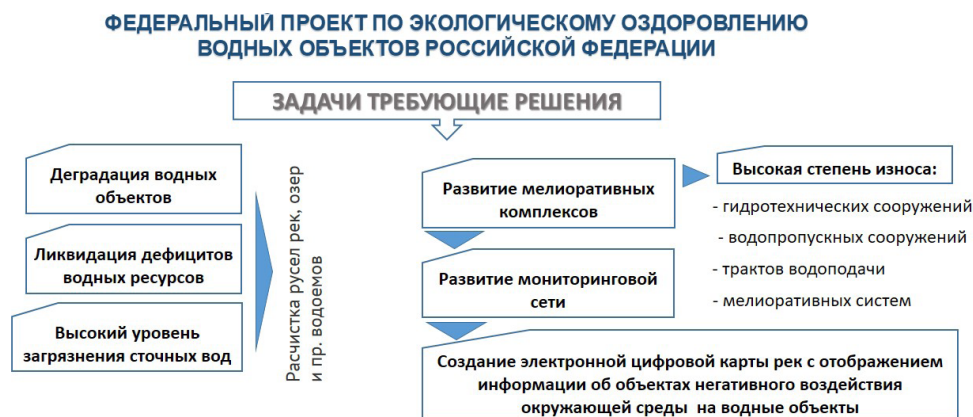


Рис. 1. Алгоритм задач федерального уровня по экологическому оздоровлению водных объектов

Fig. 1. Algorithm of tasks of the Federal level for environmental improvement of water bodies

Проведенные исследования позволили установить, что техногенные воздействия способствуют аккумуляции городских загрязнителей, созданию потенциально опасных накопленных илистых отложений, практически не трансформируемых донными гидробионтами.

Ряд ученых рекомендует проводить глубокую очистку водоемов путем регулируемого сброса воды из водохранилищ с периодичностью 15-20 лет.

Большая часть научно-исследовательских работ опирается на положения о стимулировании самоочищения водоемов комплексными бактериями – такими, как биологические организмы, очищающие воду (БООВ). Представлены исследования, указывающие на способность микроорганизмов разрушать все без исключения синтетические и органические вещества. Эффект деградации различен во временном разрезе, плотности сформированности специфически бактериального сообщества, без дефицита биогенов и их адаптивности к специфическим загрязнителям города, расхода водного ресурса [13]. В частности, для Москвы-реки соотношение зависимости расхода водных ресурсов и влияния БООВ меняется с ростом городской агломерации и промышленного развития городских территорий, к началу XXI в. достигнув 10:9 [11].

Результаты и их обсуждение. *Технические решения повышения деградации загрязнений водных ресурсов городских агломераций.* Как показано выше, без техногенного воздействия

водные ресурсы могут самоочиститься до экологически равновесного уровня. Однако данные возможности являются реализуемыми в случае снятия техногенной нагрузки и прекращения водопотребления, что невозможно для человека, так как его благополучие связано с постоянным процессом водопотребления. В данном ключе представляется своевременным поиск путей согласованности потребности человека и возможности водного объекта в ракурсе экосистемного равновесия.

Решение данной проблемы уже находит механизмы реализации программ очистки водоемов и снижения техногенной нагрузки за счет внедрения технических средств очистки, сбора загрязнений, создания естественного для водной среды структурного содержания донных отложений (рис. 2).

С оценкой технических решений очистных сооружений, модулей сбора мусора установлены долгосрочные критерии обеспечения экосистемного равновесия водных объектов, включающих в себя комплекс мероприятий по сбору банка данных о внутренних и внешних факторах, механизмов их совокупного приближения к идеализированному территориальному наполнению водных объектов и прибрежных зон (рис. 3).

В РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева авторским коллективом разработано коллаборативное роботизированное (кобот) устройство для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений [14].

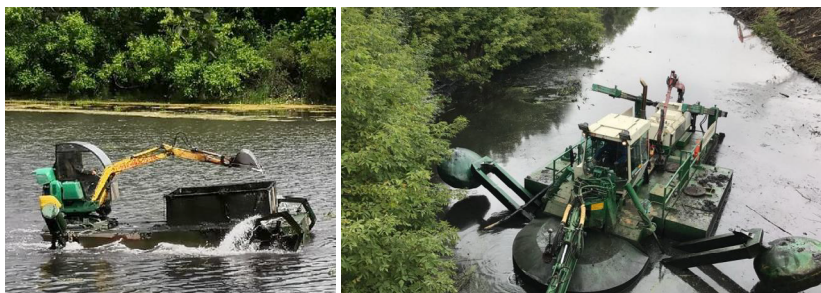


Рис. 2. Технические средства очистки водных объектов
Fig. 2. Technical means of cleaning water bodies



Рис. 3. Влияние загрязнений водных ресурсов городских агломераций на их деградацию
Fig. 3. Impact of water pollution in urban agglomerations on their destruction

Концепция применения роботов при очистке водных объектов заключается в выполнении второстепенной монотонной работы, не требующей прямого воздействия со стороны человека: например, сбор плавающего мусора и скошенных водорослей, откачивание ила со дна и фильтрация воды от химических, биологических загрязнений и нерастворимых осадков (рис. 4).

Сравнение характеристики разработанного робота с имеющимися на рынке зарубежными аналогами показало существенные преимущества, в частности:

- наличие новых параметров, не имеющих у широко применяемых зарубежных аналогов – как система автономной удаленной работы на различных водных объектах, так и мелиоративный комплекс на малых реках, водоемах и прудах;

- компактность, адаптивность к различным рабочим органам, что расширяет спектр применения;

- комплексное взаимодействие с квадрокоптерами в рамках зонированной территории выполнения технологических операций, сенсорная связь и передача данных на периферийные носители.

Особым конкурентным преимуществом разрабатываемого робота является

импортозамещение как технического комплектования, так и аппаратного конструирования с программным обеспечением.

Устройство робота относится к области технологического машиностроения и применяется для выполнения работ на водоемах для очистки водного зеркала и прибрежной территории посредством удаления техногенных образований. Робот – устройство для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений, включающее в себя корпус, оснащенный механизмом перемещения, рабочим органом, источником энергии, блоком управления, дополнительно оснащено рабочим органом, выполненным в виде просеивающего ковша с перфорированным дном и оснащенный механизмом подъема. При этом блок управления размещен непосредственно в корпусе устройства, снабжен датчиками, обеспечивающими одновременно коллаборативный и автономный режимы работы, перемещаясь по прибрежной зоне или воде с помощью механизма перемещения, оснащенного понтонами. Техническое решение обеспечивает повышение уровня автоматизации устройства, качества плавучести и перемещения при одновременном снижении себестоимости и материалоемкости устройства.

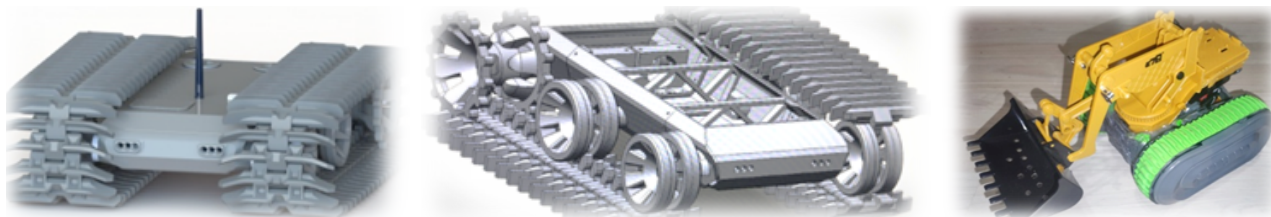


Рис. 4. Устройство для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений (концептуальное решение [14])

Fig. 4. Device for cleaning water and coastal bodies from pollution (conceptual solution [14])

Выводы

Представлен аналитический обзор мероприятий по сохранению водных ресурсов и их рационального использования, реализуемых на федеральном уровне.

Обоснована несогласованность между интенсивностью потребления воды и техногенной нагрузки на водные объекты и способностью экосистемного самовосстановления, то есть эффективности самоочищения водных объектов от различных видов загрязнений.

Выделена периодичность механической очистки русла рек, озер, прудов различной наполняемости, которая составляет 1 раз в 5 лет. В то же время отмечается, что глубокую очистку водоемов путем регулируемого сброса воды из водохранилищ следует проводить с периодичностью 15-20 лет.

Отмечено, что самоочищение рек происходит за счет биогеоценоза, микроорганизмов, способных разрушать все без исключения синтетические и органические вещества.

Определено, что эффект деструкции различен во временном разрезе, плотности сформированности специфически бактериального сообщества, без дефицита биогеоценоза и их адаптивности к специфическим загрязнителям города, расхода водного ресурса.

Предложено альтернативное решение проблемы сохранения водных объектов и прибрежных территорий путем разработки и широкого применения запатентованной конструкции коллаборативного роботизированного (робота) устройства для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений.

Список использованных источников

1. **Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Войтович Е.В.** Риски экосистемы при функционировании водохозяйственных комплексов // Природообустройство. 2020. № 2. С. 115-122. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122. EDN: BJVTGX.
2. Об экологическом оздоровлении водных объектов и о развитии мелиоративного комплекса Российской Федерации: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 327-СФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://npalib.ru/2023/06/21/postanovlenie-327-sf-id428816/>.
3. **Каракулов Ф.А.** Водные ресурсы бассейна реки Кубань, антропогенное воздействие на водные ресурсы, методы борьбы с заилением мелиоративных систем // Colloquium-Journal. 2021. № 26-1 (113). С. 21-23. EDN: MLIQLY.
4. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информационное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
5. **Юрченко И.Ф.** Автоматизация управления формированием мелиоративного состояния агроэкосистем // Природообустройство. 2019. № 4. С. 15-22. DOI: 10.34677/1997-6011/2019-4-15-22. EDN: NTTEVP.
6. **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.
7. **Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Голубев В.В.** и др. Передовые практики введения залежных земель в оборот. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 80 с. EDN: PFVVEL.
8. **Чубенко Т.В., Германова С.Е., Самброс Н.Б.** и др. Анализ показателей, характеризующих влияние хозяйственной деятельности человека на природные водные ресурсы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». 2022. № 3-2. С. 27-32. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.03-2.19. EDN: OYAJYY.
9. **Севрюгина Н.С.** Аспекты сохранения малых водных объектов в урбанизированной среде / Фомин А.Ю., Лосев А.А., Войтович Е.В. // Природообустройство. 2022. № 3. С. 83-90. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-83-90. EDN: XACLFL.
10. **Коронкевич Н.И.** Эколого-экономические показатели антропогенных воздействий на водные ресурсы в России и в мире / Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Зайцева И.С. // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90, № 8. С. 739-748. DOI: 10.31857/S0869587320080071. EDN: DGIDSD.
11. **Щеголькова Н.М.** Динамика экологического состояния основного водотока мегаполиса (на примере реки Москвы): Автореф. дис. ... д-ра биол. Москва, 2007. 48 с. EDN: ZNDPUN.
12. **Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Капырин П.Д.** Мелиоративные системы и цифровая идентичность как механизм управления ресурсом // Природообустройство. 2021. № 3. С. 6-13. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-6-13. EDN: YSSRHE.
13. **Самсонова С.П.** Очистка воды от микробиологических загрязнений и биопленок в оборотных системах различного назначения / Самсонова С.П., Сергиенко А.И., Шалимова Е.В. и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 6. С. 22-27. EDN: YRENIT.

References

1. **Sevryugina N.S.** Ecosystem risks in the functioning of water management complexes / N.S. Sevryugina, A.S. Apatenko, E.V. Voitovich // Prirodoobustrojstvo. 2020. No. 2. P. 115-122. – DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122. – EDN BJVTGX.
2. Electronic resource. Resolution of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation dated 06/21/2023 No. 327-SF “On Environmental improvement of water bodies and on the development of the reclamation complex of the Russian Federation”: <https://npalib.ru/2023/06/21/postanovlenie-327-sf-id428816/>
3. **Karakulov F.A.** Water resources of the Kuban River basin, anthropogenic impact on water resources, methods of combating siltation of reclamation systems / F.A. Karakulov // Colloquium-Journal. 2021. No. 26-1 (113). P. 21-23. – EDN MLIQLY.
4. The reclamation complex of the Russian Federation: inform. Edition. M.: FSBI “Rosinformagrotech”, 2020. 304 p.
5. **Yurchenko I.F.** Automation of management of the formation of the reclamation state of agroecosystems / I.F. Yurchenko // Prirodoobustrojstvo. 2019. No. 4. P. 15-22. – DOI 10.34677/1997-6011/2019-4-15-22. – EDN NTTEVP.
6. **Golubev I.G., Apatenko A.S., Sevryugina N.S.** The state and prospects of involving fallow lands in circulation // Melioration. 2021. No. 3(97). P. 67-74. – EDN SYRHE.
7. **Golubev I.G., Mishurov N.P., Golubev V.V.** [et al.] Advanced practices of introducing fallow lands into circulation. – Moscow: Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of the agro-industrial complex, 2021. 80 p. – ISBN978-5-7367-1638-8. – EDN PFVVEL.
8. **Chubenko T.V., Germanova S.E., Sambros N.B.** [et al.] Analysis of indicators characterizing the impact of human economic activity on natural water resources // Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2022. No. 3-2. P. 27-32. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.03-2.19. – EDN OYAJYY.
9. **Sevryugina N.S., Fomin A.Yu., Losev A.A., Voitovich E.V.** Aspects of conservation of small water bodies in an urbanized environment // Prirodoobustrojstvo. 2022. No. 3. P. 83-90. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-3-83-90. – EDN XACLFL.
10. **Koronkevich N.I.** Ecological and economic indicators of anthropogenic impacts on water resources in Russia and in the world / Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Zaitseva I.S. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2020. Vol. 90, No. 8. P. 739-748. – DOI 10.31857/S0869587320080071. – EDN DGIDSD.
11. **Shchegolkova N.M.** Dynamics of the ecological state of the main watercourse of the megalopolis (on the example of the Moscow River): specialty 03.00.16: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of biological sciences. – Moscow, 2007. 48 p. – EDN ZNDPUN.
12. **Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Kapyrin P.D.** Meliorative systems and digital identity as a resource management mechanism // Prirodoobustrojstvo. 2021. No. 3. P. 6-13. – DOI 10.26897/1997-6011-2021-3-6-13. – EDN YSSRHE.
13. **Samsonova S.P., Sergienko A.I., Shalimova E.V.** [et al.] Purification of water from microbiological contaminants and biofilms in circulating systems for various

14. Устройство для очистки водных и прибрежных объектов от загрязнений. Заяв. № 2023107234: заявл. 27.03.2023; опублик. 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.

Об авторах

Надежда Савельевна Севрюгина, д-р техн. наук, профессор, AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; sevruginans@rgau-msha.ru

Александр Юрьевич Фомин, канд. техн. наук, доцент; AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; sachafomin@mail.ru

Алексей Сергеевич Апатенко, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой; AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; a.apatenko@rgau-msha.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Севрюгина Н.С., Фомин А.Ю., Апатенко А.С. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 18.05.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 19.08.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 19.08.2024

purposes // Water supply and sanitary engineering. 2017. No. 6. P. 22-27. – EDN YREHIT.

14. **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: application. 03/27/2023: publ. 06/07/2024 / A.Y. Fomin, N.S. Sevryugina, A.S. Apatenko [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University – Ministry of Agriculture named after C.A. Timiryazev”. – EDN KESIPF.

About the authors

Nadezhda S. Sevryugina, DSc (Eng), professor, AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; sevruginans@rgau-msha.ru

Alexander Yu. Fomin, CSc (Eng), associate professor; AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; e-mail: sachafomin@mail.ru

Alexey S. Apatenko, DSc (Eng), associate professor, head of the department; AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; a.apatenko@rgau-msha.ru

Sevryugina N.S., Fomin A. Yu, Apatenko A.S. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.