

7. **Kasharina T.P.** Sovershenstvovanie konstruktivnykh metodov nauchnogo obosnovaniya, projektirovaniya i tehnologii vozvedeniya oblegchenykh gidrotehnicheskikh sooruzhenij: avtoref. dis. ... dok. tehn. nauk / Kasharina Tat'yana Petrovna. – M.: 2000. – 57 s.

The material was received at the editorial office
31.03.2020

Information about the authors:

Kozyr Irina Evgenjevna, candidate of technical sciences, associate professor

of the department of KIVR and Hydraulics, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, 127550, Pryanishnikova, 19; e-mail: kozyr_ira@mail.ru

Pikalova Irina Fedorovna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of KIVR and Hydraulics, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, 127550, Pryanishnikova, 19; e-mail: pikalova.if@mail.ru

УДК 502/504:556.18

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122

Н.С. СЕВРЮГИНА¹, А.С. АПАТЕНКО¹, Е.В. ВОЙТОВИЧ^{2,3}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» г. Москва, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Российская Федерация

РИСКИ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Вопросы оптимизации использования водных объектов и сохранения экосистемы урбанизированных территорий включены в ключевые задачи Национальных проектов и целевых программ федерального уровня. Рассмотрены факторы ухудшения экосистемы при ландшафтно-рекреационном развитии городов и малых поселений. Установлена зависимость между функционально-структурной насыщенностью водохозяйственных комплексов и способностью восстановления экосистемы. Цель: снижение рисков функционирования водохозяйственных комплексов при развитии городов и малых поселений путем разработки механизма управления экосистемой малых рек и водоемов. Методы исследований: исследования базируются на интеграции теории больших систем, теории вероятности с механизмами цифрового регулирования, базовыми моделями булевой алгебры и аналитического анализа. Результаты: обоснована необходимость моделирования урбанистических зон с верификацией технических решений водохозяйственного комплекса, гармонизированного с природной средой. Разработан алгоритм научно-технического сопровождения механизма управления устойчивостью экосистемы. Предложена концептуальная модель контроля рисков развития городов и малых поселений, акцентированная на механизме управления программами реновации инфраструктуры водохозяйственных комплексов с учетом риск-факторного анализа изменения экосистемы. Введение цифрового индикатора, определяющего уровень гармонизированной устойчивости функционирования инженерных систем водоохранного комплекса в природной среде как дополнительного индикатора экономической и экологической деятельности регионов, позволяет создать в функционально-структурном водохозяйственном комплексе механизм управления экосистемой, испытывающей высокую антропогенную нагрузку.

Водохозяйственный комплекс, урбанизированная территория, экосистема, риски.

Введение. Ландшафтный рельеф урбанизированных территорий включает различные водные объекты, технические

и инженерные сооружения, на которых нарушается гармонизированное состояние природной среды. На аналогичные изменения

обращают внимание многие ученые всего мира, проводят исследования и предлагают различные варианты снижения природных рисков.

Например, в работе Гольштейна [1] представлены варианты адаптивной стратегии на региональном уровне, включая сценарии взаимодействия между несколькими переменными и действиями лиц, принимающих решения на долгосрочный период. В работе [2] рассмотрена проблема медленного вовлечения инновационных зеленых технологий. Используя эко-технологическое расширение макроэкономической агент-ориентированной модели (Eurace@Unibi Model v1.0), показано, как эффективность различных климатических политик зависит от типа и силы диффузионных барьеров. В исследованиях [3] установлена теоретическая взаимосвязь между инновациями в области зеленых технологий и эффективностью использования природных ресурсов, уточняется механизм влияния зеленых технологических инноваций на эффективность использования природных ресурсов. Используя метод стохастического пограничного анализа, анализируются положительные и отрицательные факторы зеленых технологических инноваций. Andreas Schäfer [4] показывает взаимосвязь между динамикой численности населения, технологическими изменениями и истощением природных ресурсов. В доказательной форме рассмотрены факторы, позволяющие учитывать признаки межвременных вторичных эффектов НИОКР в отношении существующих технологических знаний. Chris William Callaghan [5] предлагает четыре технологических сценария выявления и определения ключевых проблем связанных с распространением опасных технологий. Исследования Xiang Xiang Sun и др. [6] по изучению сегментации рынка и механизма ее влияния с точки зрения технологических инноваций на экологическую эффективность электроэнергетики. Доказано, что сегментация рынка препятствует технологическим инновациям, установлено, что этот факт более существенно проявляется в провинциях со слабым институциональным качеством. В работе [7] установлено, что, хотя технологические инновации предоставляют больше возможностей для экологически осознанного выбора и улучшает инфраструктуру, ее доступность вызывает

озабоченность. Аналогичные исследования проведены в смежных сферах [8-12].

Наряду с исследованиями ведущих ученых, правительством также принимаются активные меры по снижению нагрузки на экосистему в структуре социо-технологического развития городов и малых поселений. Проведенный анализ нормативно-правовых актов различного уровня позволил выделить ключевые документы: Постановление Правительства Москвы (№ 1004-ПП от 28.10.2008г) «О городской целевой среднесрочной программе по реабилитации малых рек и водоемов на территории города Москвы на 2009-2011гг» (ПП 2009-2011); Постановление Правительства МО от 25.10.2016 N795/39 (редакция от 24.04.2018) «Об утверждении государственной программы Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2017-2026 годы», с десятилетним реверсом временного периода, предполагают выяснить, что тормозит реабилитацию и восстановление водных объектов, а также уточняются задачи с учетом имеющихся технологических новаций.

Обобщая поставленные в программах задачи, авторы работы выявили проблему недостаточности в научно-методическом обеспечении системы управления функционирования водохозяйственного комплекса по совершенствованию механизма восстановления и реабилитации водных объектов. С достаточной долей точности проблема может характеризоваться как системная.

Технически эта проблема решается в несколько этапов:

- снижение нагрузки на водные объекты путем разработки программ, исключающих изменение водного режима и качества воды;
- реабилитация водных объектов и прибрежных полос путем расчистки русел, дноуглубления, оформления береговой линии, реконструкции гидросооружений и пр.;
- оптимизация водоотводящих сетей путем структурной реконструкции и модернизации водных объектов.

Цель: гармонизация природных комплексов и ландшафтно-рекреационных городских территорий путем разработки и внедрения механизма долгосрочного стабильного улучшения качества функционирования инженерных систем водохозяйственного комплекса.

Для достижения предполагаемого результата требуется обосновать научно-технический подход и разработать комплекс мероприятий мониторинга экосистемы, выделив периоды: реабилитации, гармонизированного функционирования и опережающего риск-факторного учета опасности нарушения.

Материалы и методы исследований.

Алгоритм инженерных мероприятий по реконструкции водохозяйственных комплексов характеризует системность использования всех имеющихся как теоретических, так и практических инновационных ресурсов объектного формирования устойчивой среды с улучшением технического и экологического состояния [13-15].

Интеграция теории больших систем, теории вероятности с механизмами цифрового регулирования позволяет составить управляющую траекторию с возможной ее коррекцией в случае отклонения, что представлено в формате инфограммы на рисунке 1.

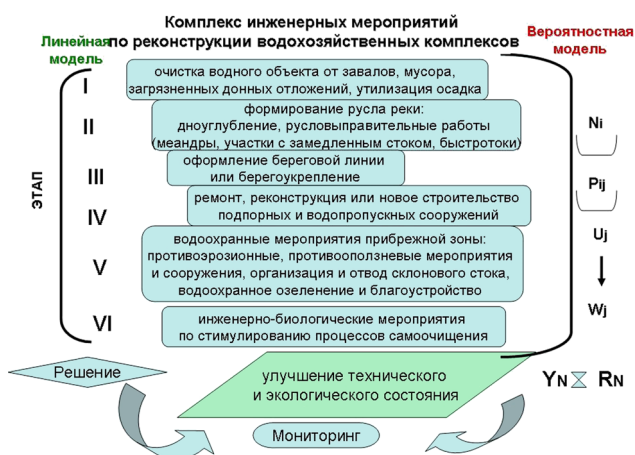


Рис. 1. Моделирование реабилитационных мер по восстановлению экосистемы городов и малых поселений

Модальный анализ представленной алгоритмической инфограммы включает параметры:

P_{ij} – вероятность реализации поставленных задач;

U_j – управляющие воздействия;

W_j – корректирующие воздействия;

N – этапы реализации программы.

Фиксированное состояние системы на расчетном периоде реабилитации представляется как начальное состояние A , с идеализацией линейного перехода на ключевой этап B .

Линейная модель позволяет описать характер реализации каждого этапа, а вероятностная модель рисков неудач R_n для событий \bar{Y}_n развития программ представлена выражением:

$$R\{Y = 0\} = R_1 + R_2(1 - R_1) + R_3(1 - R_1)(1 - R_2) + \dots$$

Моделирование вероятностных гипотез развития применено для повышения точности сходимости модели, в которой принимаются несколько гипотез A_n сценариев развития.

Каждой гипотезе присваивается уровень значимости, весовая характеристика ω_n , рассчитываемая дискретно с шагом $h = \frac{1}{n}$, ограничиваемый градацией числа гипотез.

Числовое значение весового показателя исчисляется множеством: $\left\{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{(n-1)}{n}, 1\right\}$.

Нормативно теория риска предлагает выполнять оценку приемлемого риска с точки зрения математического ожидания ущерба при реализации сценария опасных ситуаций. Количественно значение приемлемого риска оценивается показателем p^2 , а фактический результат p_i уровня опасности сопоставляется с нормированным и указывает на критичность ситуации.

Для решения программы реабилитации экосистемы предлагается адаптировать базовую модель оценки риска, исчисляемую выражением:

$$R_i = \frac{M[U]}{M[A_n] - M[C_n]} = \frac{\sum p_i U_i}{M[A_n] - M[C_n]}, \quad (1)$$

где U_i – материальный ущерб при реализации негативного сценария реализации этапа программы; $M[A_n]$ – математическое ожидание положительного результата реализации этапа программы, денежный эквивалент, экономической эффективности; $M[C_n]$ – математическое ожидание ресурсных вложений (затрат) на реализацию этапа программы.

Общепринято расчетные параметры, оцениваемые в денежном эквиваленте, представлять на периоде времени в год, вводя показатель дифференцированной уязвимости объектов V_{ij} от комплексного проявления опасностей на различных этапах жизненных циклов объектов.

Социо-экологический и природно-экологический риск j -го ущерба, нанесенного i -му водохозяйственному комплексу в пространственных границах территорий

от проявления опасной ситуации, математически описывается моделью:

$$R_{ij}^p = V_{1i} V_{2i} V_{ij}^p, \quad (2)$$

где V_{1i} ; V_{2i} – вероятности реализации комплекса опасностей в течение годового цикла; V_{ij}^p – дифференциальная уязвимость объектов от комплексного проявления опасностей в ходе реабилитации экосистемы.

При учёте значимости объектов принимается разработка модели опережающего развития ситуационного исключения опасности при реализации программ недопущения факторных рисков как альтернативы ситуации ликвидации последствий реализованного негативного сценария.

Методика расчета размера вреда экосистеме предусматривает исчисления исходя из затрат на восстановление нарушенного состояния. Следует отметить, что эта величина увеличивается при длительном и интенсивном воздействии загрязняющих веществ во времени.

Используя типовую расчетную методику (Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ от 13 апреля 2009 года N87 Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (с изменениями на 26 августа 2015 года)), в алгоритм контроля уровня загрязненности ввели мультиплексный цифровой индикатор.

Методика выделяет в качестве основных индикаторов следующие показатели:

$K_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, расчетное значение находится в диапазоне;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы, состояние водных объектов, расчетное значение находится в диапазоне;

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

$K_{\text{из}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, принимается: 1 при превышении веществ III-IV класса опасности, до 10 раз; 2 – от 10 до 50 раз; 5- более 50 раз;

$K_{\text{дл}}$ – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации,

принимается 5, характеризующий растворимость загрязнений в воде объекта;

$K_{\text{загр}}$ – коэффициент, характеризующий степень загрязненности акватории водного объекта мусором, отходами производства и потребления;

$Q_{\text{в}}$ – объем воды, необходимый для восстановления водного объекта от истощения, принимается как двойной объем безвозвратного изъятия (забора) воды из водного объекта.

Масса загрязняющих веществ в общем объеме вод $M_i(t)$ определяется из выражения:

$$M_i = Q(C_{fi} - C_{Ni})T \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где Q – расход сточных вод, м³/час; C_{fi} – средняя фактическая концентрация вещества в сточных водах за расчетный период, мг/дм³; C_{Ni} – допустимая концентрация вещества в пределах норматива допустимого сброса за расчетный период, мг/дм³; T – продолжительность сброса сточных вод с повышенным содержанием вещества, определяемым с момента обнаружения сброса и до его прекращения, час.

Результаты исследований и их обсуждение. Очевидно, что прогнозная модель, построенная по информационно весовому аналоговому алгоритму, не позволит учесть много специфичных для конкретного объекта факторов. Учитывая сложность и значимость представленной задачи предлагается перейти на программы индивидуального моделирования реабилитационных воздействий восстановления среды водных объектов. Алгоритм модели представлен на рисунке 2.

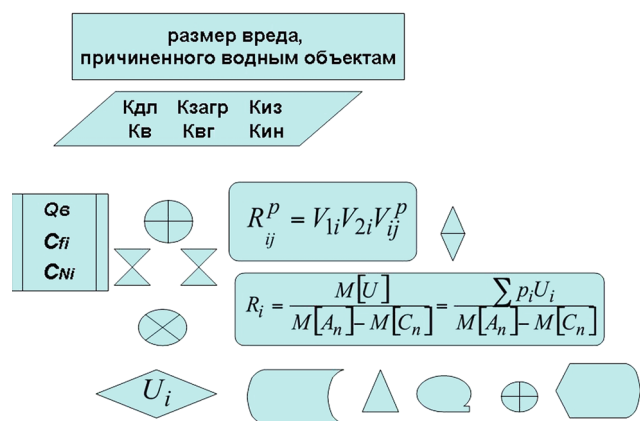


Рис. 2. Алгоритм модели индивидуального моделирования реабилитационных воздействий на восстановление среды водных объектов

Прогнозная модель строится с коррекцией результата, учитывающего временное

факторное техносферное влияние на экосистему. Также следует проводить аналитические корректировки комплексности влияния смежных сфер и инфраструктур, т.е. требуется системное решение задач с максимальным учетом факторного влияния, формирующем состоянии природной среды (построение вероятностно-детерминированных и вероятностно-статистических моделей математического анализа).

«Дорожная карта» механизма научно-технического сопровождения мероприятий формирования устойчивости экосистемы водных объектов урбанизированных территорий, включая прибрежные зоны, городские стоки, содержит комбинации детерминировано-вероятностного моделирования и вероятностно-статистического анализа.

Долгосрочной программой предусматривается восстановление водных объектов до уровня гармонизированного функционирования, данная задача достижима путем опережающего диагностирования рисков опасности экологического нарушения. Интенсивное развитие цифровых технологий позволяет ввести расчетный показатель цифрового индикатора, определяющий уровень гармонизированной устойчивости функционирования инженерных систем водоохранного комплекса как дополнительного индикатора экономической и экологической деятельности регионов, что позволит повысить точность оценки экологических выгод и ущербов планируемых проектов. Необходимо скорейшим образом провести оценку экосистемных услуг в России и использовать ее в качестве одного из индикаторов экономической и экологической деятельности регионов: этот механизм может обеспечить более полный учет экологических выгод и ущербов при разработке инновационных проектов развития.

Выводы

Обоснована необходимость: моделирования урбанистических зон по признаку эконагруженности, проведения верификации технических решений инженерных систем водоохранного комплекса по признаку гармонизации с природной средой. Предложена концептуальная модель контроля развития городов и малых поселений, акцентированная на механизме управления программами реновации водохозяйственных комплексов с учетом

риск-факторного анализа. Разработана методика восстановления экосистемы до уровня гармонизированного функционирования путем опережающего диагностирования рисков опасности разрушения. Введение цифрового индикатора, определяющего уровень гармонизированной устойчивости функционирования инженерных систем водоохранного комплекса в природной среде как дополнительного индикатора экономической и экологической деятельности регионов, позволит повысить точность оценки экологических выгод и ущербов разработке инновационных проектов.

Библиографический список

1. **Don Goldstein.** Climate-adaptive technological change in a small region: A resource-based scenario approach, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 99, 2015, Pages 168-180, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.014>.
2. **Kerstin Hötte.** How to accelerate green technology diffusion? Directed technological change in the presence of coevolving absorptive capacity, *Energy Economics*, Vol. 85, 2020, 104565, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104565>.
3. **Chenglin Miao, Debin Fang, Liyan Sun, Qiaoling Luo.** Natural resource utilization efficiency under the influence of green technological innovation, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 126, 2017, Pages 153-161, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.019>.
4. **Andreas Schäfer.** Technological change, population dynamics, and natural resource depletion, *Mathematical Social Sciences*, Vol. 71, 2014, Pages 122-136, <https://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2014.06.001>.
5. **Chris William Callaghan,** Surviving a technological future: Technological proliferation and modes of discovery, *Futures*, Vol. 104, 2018, Pages 100-116, <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.08.001>.
6. **Xiang xiang Sun, Xiao liang Zhou, Zhang wang Chen, Yuping Yang.** Environmental efficiency of electric power industry, markets segmentation and technological innovation: Empirical evidence from China, *Science of The Total Environment*, Vol. 706, 2020, 135749, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135749>.
7. **Caixia Mao, Ryu Koide, Alexander Brem, Lewis Akenji.** Technology foresight for social good: Social implications

of technological innovation by 2050 from a Global Expert Survey, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 153, 2020, 119914, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119914>

8. **Апатенко А.С.** Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах. Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. – М.: Изд-во ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, 2015. – 333 с.

9. **Карасев В.В.** Технологии управления риском с логико-вероятностными моделями // *Проблемы анализа риска*. – 2014. – Т. 11, № 3. – С. 14-21.

10. **Шешеня Н.Л.** Математические модели прогнозных оценок геоэкологического состояния городских территорий (elibrary_25719970_45769784).

11. **Апатенко А.С.** Влияние срока службы машин на их наработку при мелиоративных работах / Сб. научных докладов XVII Междун. научно-практ. конф. «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2013. – С. 89-90.

12. **Sevryugina Nadezhda.** Modified Method for Calculation of Vehicles Residual Lifetime with Regard of the Impact Factors Variability, *EMMFT 2017 Sep*. Кн.: *Advances in Intelligent Systems and Computing* No 692, 273-281. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_29.

13. **Северюгина Н.С., Апатенко А.С.** Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве // *Техника и оборудование для села*. – 2019. – № 7(265). – С. 35-38

14. **Северюгина Н.С., Апатенко А.С.** Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ // *Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы*. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 58-68.

15. **Северюгина Н.С., Рузанов Е.В., Матвеев М.А., Апатенко А.С.** Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства / Сб. Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы XI Междун. научно-практ. интернет конф. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – С. 378-383.

Материал поступил в редакцию 07.04.2020 г.

Сведения об авторах

Северюгина Надежда Савельевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: sevryugina@rgau-msa.ru

Апатенко Алексей Сергеевич, доктор технических наук, зав. кафедрой технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: a.apatenko@rgau-msa.ru

Войтович Елена Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции НИУ МГСУ; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26; старший научный сотрудник, ФГБУ НИИСФ РААСН; 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21; e-mail: e.voitovich@mail.ru

N.S. SEVRYUGINA¹, A.S. APATENKO¹, E.V. VOITOVICH^{2,3}

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

² Federal state budgetary educational institution of higher education «National research Moscow building university» (NIU MGSU), Moscow, Russian Federation

³ Federal state budgetary institution of higher education «Research institute of building physics of the Russian academy of architecture and building sciences» (NIISF RAASH), Moscow, Russian Federation

ECOSYSTEM RISKS UNDER FUNCTIONING OF WATER MANAGEMENT COMPLEXES

The issues of optimizing the use of water bodies and preserving the ecosystem of urban areas are included in the key tasks of national projects and targeted programs at the federal level. Ecosystem deterioration factors are considered in landscape-recreational development of cities and small settlements. The relationship between the functional – structural saturation of water management complexes and the ability to restore the ecosystem is established. Purpose: to reduce the risks of the functioning of water management complexes during

the development of cities and small settlements by developing a mechanism for managing the ecosystem of small rivers and water bodies. Research methods: research is based on the integration of the theory of large systems, probability theory with digital control mechanisms, basic models of Boolean algebra and analytical analysis. Results: the necessity of modeling urban areas with verification of technical solutions of the water management complex harmonized with the natural environment is substantiated. An algorithm for scientific and technical support of the ecosystem sustainability management mechanism has been developed. A conceptual model for controlling the risks of the development of cities and small settlements is proposed, focusing on the mechanism for managing the renovation programs of the infrastructure of water management complexes taking into account the risk factor analysis of ecosystem changes. The introduction of a digital indicator that determines the level of harmonized stability of the functioning of engineering systems of the water protection complex in the natural environment as an additional indicator of the economic and environmental activities of the regions allows creating a mechanism for managing an ecosystem experiencing high anthropogenic load in a functional structural water management complex.

Water management complex, urbanized area, ecosystem, risks.

References

1. **Don Goldstein.** Climate-adaptive technological change in a small region: A resource-based scenario approach, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 99, 2015, Pages 168-180, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.014>.
2. **Kerstin Hötte.** How to accelerate green technology diffusion? Directed technological change in the presence of coevolving absorptive capacity, *Energy Economics*, Vol. 85, 2020, 104565, <https://doi.org/10.1016/j.eneeco.2019.104565>.
3. **Chenglin Miao, Debin Fang, Liyan Sun, Qiaoling Luo.** Natural resource utilization efficiency under the influence of green technological innovation, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 126, 2017, Pages 153-161, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.019>.
4. **Andreas Schäfer.** Technological change, population dynamics, and natural resource depletion, *Mathematical Social Sciences*, Vol. 71, 2014, Pages 122-136, <https://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2014.06.001>.
5. **Chris William Callaghan.** Surviving a technological future: Technological proliferation and modes of discovery, *Futures*, Vol. 104, 2018, Pages 100-116, <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.08.001>.
6. **Xiang xiang Sun, Xiao liang Zhou, Zhang wang Chen, Yuping Yang.** Environmental efficiency of electric power industry, markets segmentation and technological innovation: Empirical evidence from China, *Science of The Total Environment*, Vol. 706, 2020, 135749, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135749>.
7. **Caixia Mao, Ryu Koide, Alexander Brem, Lewis Akenji.** Technology foresight for social good: Social implications of technological innovation by 2050 from a Global Expert Survey, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 153, 2020, 119914, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119914>.
8. **Apatenko A.S.** Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii tehnologicheskikh kompleksov mashin na meliorativnykh rabotakh. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni d.t.n. – M.: Izd-vo FGBOU VO RGAU-MSHA, 2015. – 333 s.
9. **Karasev V.V.** Tehnologii upravleniya s logiko-veroyatnostnymi modelyami // Problemy analiza riska. – 2014. – T. 11, № 3. – S. 14-21.
10. **Sheshenya N.L.** Matematicheskie modeli prognoznykh otsenok geokologicheskogo sostoyaniya gorodskih territorij (elibrary_25719970_45769784).
11. **Apatenko A.S.** Vliyanie sroka sluzhby mashin na ih narabotku pri meliorativnykh rabotakh / Sb. nauchnykh dokladov XVI I Mezhdun. nauchno-prakt. konf. «Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya resursov pri proizvodstve selskohozyajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokoleniya dlya rasteniievodstva i zhivotnovodstva» – Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2013. – S. 89-90.
12. **Sevryugina Nadezhda.** Modified Method for Calculation of Vehicles Residual Lifetime with Regard of the Impact Factors Variability, *EMMFT 2017 Ser. КН.: Advances in Intelligent Systems and Computing No 692*, 273-281. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_29.
13. **Sevryugina N.S., Apatenko A.S.** Tsifrovye sistemy i tochnost upravleniya rabotosposobnostyju tehnologicheskikh mashin

v prirodoobustroystve //Tehnika i oborudovanie dlya sela. – 2019. – № 7(265). – S. 35-38

14. **Sevryugina N.S., Apatenko A.S.** Konstruktivnaya adaptivnost mashin k effektivnomu funktsionirovaniyu v polnom tsikle tehnologicheskikh rabot // Silovoe i energeticheskoe oborudovanie. – 2019. – T. 2. № 2. – S. 58-68.

15. **Sevryugina N.S., Ruzanov E.V., Matveenko M.A., Apatenko A.S.** Vstraivayemaya multiplexnaya tsifrovaya Sistema monitoring mashin prirodoobustroystva /Sb. Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK. Materialy XI Mezhdun. nauchno-prakt. internet konf. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2019. – S. 378-383.

The material was received at the editorial office
07.04.2020

Information about the authors

Sevryugina Nadezhda Valerjevna, candidate of technical sciences, associate

professor of the department of technical maintenance of technological machinery and equipment of environmental engineering FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44; e-mail: sevryugina@rgau-msa.ru

Apatenko Alexej Sergeevich, doctor of technical sciences, head of the department of technical maintenance of technological machinery and equipment of environmental engineering FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya; e-mail: a.apatenko@rgau-msa.ru

Voitovich Elena Valerjevna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of heat and gas supply and ventilation NIU MGSU; 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26; senior researcher, FGBU NIISF RAASH; 127238, Moscow, Lokomotivny proezd, 21; e-mail: e.voitovich@mail.ru