



Научная статья  
УДК 336.6  
doi: 10.55186/25876740\_2025\_68\_1\_43

## РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРГШИХСЯ АНТРОПОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

**И.В. Сухорукова, Н.А. Чистякова**

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,  
Москва, Россия

**Аннотация.** В настоящее время одной из ключевых проблем является проблема устойчивого развития территории. В представленной научно-исследовательской работе предложена теоретическая модель, с помощью которой проводится рассмотрение практических рекомендаций с целью эколого-экономического регулирования территорий, подвергшихся антропогенному влиянию для их стабильного устойчивого развития. Для решения указанной задачи в общем случае должны быть использованы, и, как следствие, применяются наиболее современные математические методы. Научная ценность представленного исследования базируется на формировании методологии и разработке математически обоснованного организационно-экономического фундамента, позволяющего построить экологически обоснованную систему управления состоянием экосистем для территорий, подвергшихся антропогенному влиянию. В процессе мониторинга любого экологически вредного производства, или процесса можно выделить специфические фазы его развития. Первая фаза не предполагает угроз, или их купирования, в то время как вторая, напротив, включает мероприятия для поддержания экологического баланса. Их интенсивность связана с вероятностными особенностями конкретного физического процесса. На основе аналитического решения предложена эколого-математическая модель и выполнена оценка момента перехода между периодами безопасности и угроз. Разработка методически обоснованных механизмов, которые способствуют возможности вовлекать территории, подвергшиеся негативному антропогенному влиянию для сельскохозяйственного использования и производства экологически чистой продукции растениеводства, представляет важную народно-хозяйственную задачу. В настоящем исследовании рассматривается проблема очищения территорий Российской Федерации от загрязнений и математический расчет оценивания периода экологического баланса. В статье предложена математическая модель, которая может быть применена для экономической оценки и учета радиоактивного влияния и техногенных нагрузок, оказываемых на природную среду от различных источников загрязнения, которые определяют экологическую ситуацию в области землепользования, а также использование земельных ресурсов с учетом степени их загрязнения.

**Ключевые слова:** эколого-экономическое регулирование территорий, экологический риск, эколого-экономическая модель, функция распределения, компенсация ущерба, экологический показатель, средний ожидаемый ущерб, статистическая оценка

Original article

## DEVELOPMENT OF AN ECOLOGICALLY SOUNDABLE SYSTEM FOR MANAGING THE CONDITION OF LAND SUBJECT TO ANTHROPOGENIC POLLUTION

**I.V. Sukhorukova, N.Al. Chistyakova**

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

**Abstract.** Currently, one of the key problems is the problem of sustainable development of the territory. The presented research work proposes a theoretical model with the help of which practical recommendations are considered for the purpose of environmental and economic regulation of territories subject to anthropogenic influence for their stable sustainable development. To solve this problem, in the general case, the most modern mathematical methods should be used, and, as a result, applied. The scientific value of the presented research is based on the formation of a methodology and the development of a mathematically substantiated organizational and economic foundation that makes it possible to build an environmentally sound system for managing the state of ecosystems for territories subject to anthropogenic influence. In the process of monitoring any environmentally harmful production or process, specific phases of its development can be identified. The first phase does not involve threats or their relief, while the second, on the contrary, includes measures to maintain environmental balance. Their intensity is associated with the probabilistic features of a particular physical process. Based on the analytical solution, an ecological-mathematical model was proposed and the moment of transition between periods of security and threats was assessed. The development of methodologically sound mechanisms that facilitate the possibility of involving territories subject to negative anthropogenic influence for agricultural use and the production of environmentally friendly crop products represents an important national economic task. This study examines the problem of cleansing the territories of the Russian Federation from pollution and the mathematical calculation of assessing the period of ecological balance. The article proposes a mathematical model that can be used for economic assessment and accounting of radioactive influence and technogenic loads exerted on the natural environment from various sources of pollution, which determine the environmental situation in the field of land use, as well as the use of land resources, taking into account the degree of their contamination.

**Keywords:** environmental and economic regulation of territories, environmental risk, environmental and economic model, distribution function, compensation for damage, environmental indicator, average expected damage, statistical assessment

В настоящее время одной из ключевых проблем является проблема устойчивого развития территории. При рассмотрении данной проблемы методически необходимо раскрыть два базисных понятия. Одно из них основано на потребностях общества в целом, а второе ограничения, возникающие со способностью окружающей природной среды способствовать удовлетворению данных потребностей общества с учетом минимального нанесения ущерба окружающей экосистеме и возможности восстановления природы.

Одним из основополагающих ресурсов, имеющих фундаментальное значение на жизнь и само существование человека, является земля.

Плодородный слой почвы с течением времени, из-за постоянных негативных антропогенных нагрузок, снижается [1-3]. Земля представляет собой в обширном смысле часть биосфера, роль которой с каждым годом возрастает. Добыча природных ископаемых, негативная хозяйственная деятельность предприятий приводит к изменению естественного балансового состояния почв [4-5]. Для равновесного устойчивого состояния природных компонент почвенного состава требуется разрабатывать механизм эколого-экономического контроля на всех этапах хозяйственной деятельности с применением современных методов оценки [6-8]. Экологическое регулирование позволяет осуществлять мониторинг состояния



территорий [9-11]. Однако, разработка природных месторождений источников энергии и развитие промышленности, что во времена Советского Союза, что и недавнем прошлом в Российской Федерации не предполагали разработку превентивных мер по снижению ущерба окружающей среде, не было алгоритмов, учитывающих меры по восстановлению природной экосистемы [12-13]. Финансирование мер по охране природной среды проводилось по остаточному принципу, не было развитых тарифов страхования экологического вреда и страховых расчетов по восстановлению утраченных территорий. На протяжении многих десятилетий проблема оставалась без соответствующего решения и в настоящее время приобрела масштабный характер, требующий немедленного регулирования со стороны всех органов государственной власти. Во многих регионах существуют заброшенные свалки, многочисленные захоронения отходов, целые мусорные полигоны, разнообразные груды не перерабатываемых объектов накапленного ущерба [14-15]. По состоянию на 2022 год по официальным источникам [16] таких отходов антропогенного характера на всей территории России насчитывалось 9017,3 млн. Это соответственно превышает уровень 2021 года более чем на 6,7%. С каждым последующим годом доля отходов, находящихся на различных территориях, имеет восходящий тренд. Как отмечается в [16] суммарное количество таких отходов увеличилось в 1,7 раза по сравнению с 2013 годом. Указанный рост связан в первую очередь с масштабным освоением природных территорий и добычей природных источников сырья. Традиционно добывающая промышленность источник повышенной опасности для окружающей экосистемы. Совокупный вред от выбросов добывающих отраслей промышленности составил 17173,9 тыс. т, причем количество твердых вредных веществ от постоянных источников выросло более чем на 1% по сравнению с предшествующим годом. Продолжается тенденция с ухудшением состояния атмосферного воздуха в районах с наиболее интенсивным развитием промышленного производства. Количество примесей диоксида серы превысило прошлогодний показатель более чем на 6% и составило 3428,8 тыс. т. Также из официально опубликованных источников следует, что примеси диоксида азота в атмосферном воздухе также составляют значительную величину, постоянно увеличивающуюся с течением времени. По состоянию на 2022 год количество вредных примесей диоксида азота возросло более чем на 11% по сравнению с предшествующим годом. Территории Российской Федерации находятся в самых различных областях, характеризующихся существенными отличительными особенностями климатических условий, поэтому состояние климата требуется принимать во внимание при учете последствий отрицательного влияния на состояние природной биосфера. Максимальные изменения поведения температурного фона, перепады ночной и дневной температуры, значительные отрицательные колебания температур в зимний период, последствия таяния льда и снега, подъем уровня рек, наводнения, оползни в весенний и осенний период, катастрофические аномалии летнего сезона, безусловно влияют на продолжительность жизни людей, экономические последствия ликвидации различных природных катастроф одна из глобальных проблем для руководства страны. В 2022 году по официальным данным Министерства по ЧС произошло порядка 78 стихийных катастроф только природного характера, повлекшие за собой гибель порядка 200 человек, многочисленные пострадавшие порядка 235274 человек. К масштабным авариям и катализмам природного характера добавляются и аварии и катастрофы техногенного характера, их число в 2 раза превышает природные аварии и составляет 164 на 2022 год. Антропогенное влияние оказывается наиболее существенным влиянием на попадание тяжелых металлов в почву и атмосферный воздух. В определенных территориях Российской Федерации непрерывно проводится мониторинг и постоянно контролируется содержание вредных примесей. В течение пяти лет уровень загрязнения кадмием вырос в Кировграде с 4 до 9 ОДК, в городе Ревде — с 4 до 10 ОДК, в городе Реж — с 7 до 49 ОДК. Наблюдения за содержанием в почвах марганца показала существенный рост в городе Нижнем Тагиле с 2,5 до 5,5 ПДК. Содержание свинца увеличилось в Верхней Пышме (п 3 и 9 ПДК), в городах Каменске-Уральском (п 3 и 10 ПДК), Кировграде (п 18 и 65 ПДК), Медногорске (п 3 и 12 ПДК). Значительный рост концентрации вредных примесей фтора в почве фиксировался в городах: Братск, Новокузнецк, Свирск, Зима, Шелехов. Указанный рост связывают с работой Компании «РУСАЛ», за работой которой пристально следят уполномоченные организации по контролю. Правительственные органы понимают, что загрязнение почв ведет к утрате их плодородия и выводу из использования, накапленный вредный не разлагаемый слой представляет определенную угрозу жизни и здоровью населения, что также имеет отрицательные социально-экономические последствия. Следует отметить существенный рост радиационной нагрузки на окружающую среду,

связанный с активными выбросами «ПО «Маяк», принадлежащими компании Росатом. Увеличение выбросов бета-активных нуклидов выросло более чем в шесть раз по сравнению с предыдущим годом. Рост альфа-активных радионуклидов более чем на 97,5% связан с радоном-222, поступающим от уранодобывающих производств составил 29,1%. Показал значительный рост и уровень отходов производства на всех предприятиях атомной отрасли. Количество отходов выросло более чем на 1,7 млн тонн. Как отмечается в официальных источниках [16] загрязнение радиоактивными компонентами было отмечено на 17 различных предприятиях госкорпорации Росатом. Группа компаний «Норникель» в 2022 г. также увеличивала выбросы вредных примесей в окружающую среду. Рост составил более чем в 10% по сравнению с 2021 г. Кроме этого интенсивность этих выбросов также существенно выросла более чем на 23%.

Научная ценность представленного исследования базируется на формировании методологии и разработке математически обоснованного организационно-экономического фундамента, позволяющего построить экологически обоснованную систему управления состоянием экосистем для территорий, подвергшихся антропогенному влиянию. В настоящей научно-исследовательской работе предложена теоретическая модель с помощью которой проводится рассмотрение практических рекомендаций с целью эколого-экономического регулирования территорий, подвергшихся антропогенному влиянию для их стабильного устойчивого развития.

В процессе мониторинга любого экологически вредного производства, или процесса можно выделить специфические фазы его развития. Мы рассмотрим один из актуальных вариантов такого разбиения. Несмотря на непрерывность процесса, иногда можно разделить время на две фазы, которые условно назовем фазой безопасности и фазой угроз. Первая фаза не предполагает угроз, или их купирования, в то время как вторая, напротив, включает мероприятия для поддержания экологического баланса. Их интенсивность связана с вероятностными особенностями конкретного физического процесса, но помимо этого в нашей модели весьма актуально получить оценку момента перехода между периодами безопасности и угроз. Опишем математическую постановку задачи по статистическому оцениванию этого момента в случае доступности наблюдений за процессом накопления воздействий. Безусловно, разработка методически обоснованных механизмов, которые способствуют возможности вовлечь территории, подвергшиеся негативному антропогенному влиянию для сельскохозяйственного использования и производства экологически чистой продукции растениеводства, представляет важную народно-хозяйственную задачу. В настоящем исследовании рассматривается проблема очищения территорий Российской Федерации от загрязнений и математический расчет оценивания периода экологического баланса. Негативное антропогенное влияние приводит к уменьшению продуктивной способности сельскохозяйственных земель, поэтому необходимо предпринимать превентивные меры, способствующие вредному воздействию. Для объективного оценивания вероятности возникновения негативных провоцирующих факторов предлагается использовать математические методы оценки.

По мере развития экологически вредного воздействия естественно было бы выделить некоторое пороговое значение экологического показателя, которое количественно характеризует это воздействие. Пусть случайная величина  $\xi$  — время до фиксации порогового значения экологического показателя. Обозначим ее плотность распределения через  $p(x)$ . В рамках нашей постановки задачи она имеет структуру вида

$$p(x, \theta) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < \theta, \\ f(x, \theta), & \text{при } x \geq \theta, \end{cases} \quad (1)$$

где неизвестный параметр  $\theta$  — момент перехода фаз, а  $f(x, \theta) > 0$ , и  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x, \theta) dx = 1$ . Здесь верхняя граница интегрирования может быть и конечной, если срок действия процесса ограничен во времени. Необходимо оценить параметр  $\theta$  по известной выборке  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  значений случайной величины  $\xi$ .

В силу (1) функция правдоподобия, в данном случае, имеет вид

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \prod_{i=1}^n p(x_i, \theta) = \begin{cases} 0, & \text{если } \min\{x_i\} < \theta, \\ \prod_{i=1}^n f(x_i, \theta), & \min\{x_i\} \geq \theta. \end{cases} \quad (2)$$

Она имеет разрыв в точке  $\theta^* = \min\{x_i\}$ , предел слева в ней положителен в силу свойств функции  $f(x, \theta)$ , а предел справа равен нулю. Даже



опустив формальное исследование на максимум функции правдоподобия, по смыслу случайной величины  $\xi$  ясно, что точка  $\Theta^* = \min\{x_i\}$  описывает самый ранний случай достижения порогового значения экологического показателя, поэтому именно ее естественно взять в качестве оценки момента перехода фазы безопасности в фазу угроз.

Получим формальное математическое подтверждение этого вывода для некоторых законов распределения. Пусть случайная величина  $\xi$  распределена по закону Парето с параметрами  $(c, \Theta)$ , с функцией распределения и плотностью вида

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < \theta, \\ 1 - \frac{\theta^c}{x^c} & \text{при } x \geq \theta, \end{cases} \quad (3)$$

$$p(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < \theta \\ \frac{c\theta^c}{x^{c+1}} & \text{при } x \geq \theta \end{cases}, \quad \theta > 1, \quad c > 0,$$

Мы будем считать параметр формы с известным. Найдем оценку неизвестного параметра  $\Theta$ . В силу (2)

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \begin{cases} 0, & \text{если } \min\{x_i\} < \theta, \\ \prod_{i=1}^n \frac{c\theta^c}{x_i^{c+1}} = \frac{c^n \theta^n}{\prod_{i=1}^n (x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n)^{c+1}} & \text{если } \min\{x_i\} \geq \theta. \end{cases}$$

Очевидно, она положительна и возрастает по  $\Theta$  на интервале  $(0, \min\{x_i\})$ , а затем, пройдя точку разрыва  $\Theta^* = \min\{x_i\}$ , становится равной нулю. Поэтому максимум функции правдоподобия реализуется в точке  $\Theta^* = \min\{x_i\}$ . Это и есть статистическая оценка момента перехода фазы безопасности в фазу угроз.

Пусть теперь распределение  $\xi$  является смещенным экспоненциальным с плотностью вида

$$p(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < \theta \\ \lambda e^{-\lambda(x-\theta)} & \text{при } x \geq \theta \end{cases}, \quad \theta > 0, \quad \lambda > 0,$$

с известным параметром формы  $\lambda$ . В этом случае из (2) получаем

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \begin{cases} 0, & \text{если } \min\{x_i\} < \theta, \\ \prod_{i=1}^n \lambda e^{-\lambda(x_i-\theta)} = \lambda^n \cdot e^{-\lambda \sum_{i=1}^n x_i} \cdot e^{n\lambda\theta} & \text{если } \min\{x_i\} \geq \theta \end{cases}$$

Так же, как и в предыдущем примере, функция правдоподобия положительна и растет по  $\Theta$  на интервале  $(0, \min\{x_i\})$ , а затем скачком переходит в значение, равное нулю, поэтому аналогично получаем оценку  $\Theta^* = \min\{x_i\}$ .

Итак, точечная оценка  $\Theta^* = \min\{x_i\}$  получена. Помимо этого, было бы практически важно выяснить свойства этой оценки, чтобы уметь прогнозировать локализацию параметра  $\Theta$ . Для этого нужно учитывать свойства конкретного закона распределения типа (1), описывающего данное воздействие.

Приведем пример такого анализа в случае распределения Парето (3) с неизвестным параметром  $\Theta$ . Для начала найдем функцию распределения полученной оценки.

$$F_{\theta^*}(x) = P(\theta^* < x) = P(\min\{x_i\} < x) = 1 - P(\min\{x_i\} \geq x) = 1 - \prod_{i=1}^n P(x_i \geq x) =$$

$$= 1 - (1 - F(x))^n = 1 - \left(1 - 1 + \frac{\theta^c}{x^c}\right)^n = 1 - \frac{\theta^{nc}}{x^{nc}}, \quad x \geq \theta.$$

Здесь мы воспользовались видом функции распределения (3) закона Парето. Сравнивая результат с этой же формулой (3), получаем, что вероятностное распределение оценки  $\Theta^* = \min\{x_i\}$  тоже является законом Парето с параметрами  $(nc, \theta)$ . Это позволяет прогнозировать, например, среднюю продолжительность фазы безопасности и дисперсию этого времени,

$$M\theta^* = \theta \frac{nc}{nc-1}, \quad nc > 1, \quad D\theta^* = \theta^2 \frac{nc}{(nc-1)^2(nc-2)}, \quad nc > 2,$$

а также вычислять вероятности локализации момента перехода фаз на определенном отрезке времени.

Научная ценность представленного исследования базируется на формировании методологии и разработке математически обоснованного организационно-экономического фундамента, позволяющего построить экологически обоснованную систему управления состоянием экосистем для территорий, подвергшихся антропогенному влиянию. Рекомендованные способы дают возможность с успехом принимать во внимание экологический фактор на всех стадиях формирования решений, а также исключить возникновение негативных экологических последствий при осуществлении хозяйственной деятельности. Рассмотренные критерии учета степени загрязнения позволяют эффективно учесть экологический фактор при подготовке ответственных решений (включая прогнозирование социально-экономического развития, исследования, обоснование и проектирование). Большое практическое значение имеет введение учета загрязненности территорий в процедурах экологической оценки хозяйственных проектов, которая позволит увеличить ответственность инвестора за последствия осуществления хозяйственной деятельности на загрязненных территориях.

### Список источников

1. Авдеев Ю.М., Белый А.В., Гассий В.В., Заварин Д.А., Костин А.Е., Мокрецов Ю.В., Сухорукова И.В., Тесаловский А.А., Хамитова С.М., Шмакин В.Б. Экология, окружающая среда и человек. Нижний Новгород: Профессиональная наука, 2019. 255 с.
2. Нгун М.Т., Иванцова Е.А. К вопросу о прогнозной оценке техногенной нагрузки на атмосферный воздух урбоэкосистем // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 4. С. 5-15.
3. Sukhorukova I.V., Chistyakova N.A. Model of short-term insurance of independent environmental risks В сборнике: III International Scientific Practical Conference "Breakthrough Technologies and Communications in Industry and City" (BTCI'2020) December 2-3, 2020, Volgograd, Russian Federation. Melville, 2021. С. 020030.
4. Павлова Е.П. Определение экологических балансов как информационного элемента системы экологического менеджмента В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2017. С. 404-407.
5. Sukhorukova I.V., Chistyakova N.A. Mathematical model for assessing environmental risk В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. II International Scientific Practical Conference "Breakthrough Technologies and Communications in Industry and City", BTCI 2019. 2020. С. 012027
6. Тесаловский А.А., Анисимов Н.В. Система мониторинга зеленых насаждений на урбанизированных территориях // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 1.
7. Сухорукова И.В., Чистякова Н.А. Страхование рисков при осуществлении совместной коммерческой деятельности компаний // Проблемы научной мысли. 2018. Т. 4. № 1. С. 018-020.
8. Смирнова А.А., Савчук Р.Р. Анализ системы экологического менеджмента на примере информационных элементов экологических балансов В сборнике: Актуальные аспекты и приоритетные направления развития транспортной отрасли. материалы молодежного научного форума студентов и аспирантов транспортных вузов с международным участием. Москва, 2019. С. 377-380.
9. Сухорукова И.В. Эколо-экономическая модель использования загрязненных земель, Москва: ПКТИпромстрой, 2000. 280 с.
10. Казакбаева З.М., Мусабеков А.Т., Таалайбек К.А. Экологиялық тәс салмактуулуктун бузулушу жана экологиялық коопсуздуккы тарбиялоо // Вестник Иссык-Кульского университета. 2016. № 42. С. 55-58.
11. Аманов Т., Атдыева А.Б. Устойчивое развитие и экономическая политика: поиск баланса между экономическим ростом и экологической ответственностью // Символ науки. 2023. № 10-2. С. 90-91.
12. Федосов Р.М. Экологическая безопасность и человеческая деятельность: баланс между ростом и сохранением. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов и школьников. Кемерово, 2023. С. 324.1-324.4.
13. Клёнина М.В. Компания по утилизации отходов в системе управления рисками В сборнике: Управление организационно-экономическими системами. Сборник трудов научного семинара студентов и аспирантов института экономики и управления. Самара, 2024. С. 159-161
14. Лихачев В.Г. Проблемы и перспективы освоения арктического региона в условиях санкций В сборнике: Современные парадигмы образования: достижения, инновации, технический прогресс. Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях. 2019. С. 28-33.
15. Власов Д.А., Синчуков А.В. Перспективы развития количественных методов и математического моделирования для решения задач оптимального управления // Самоуправление. 2023. № 2 (135). С. 357-360.
16. Государственный доклад о состоянии окружающей среды. Министерство природных ресурсов и экологии РФ [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/gosudarstvennye\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2022/](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennye_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022/)





## References

- Avdeev Y.U.M., Belyi A.V., Gassii V.V., Zavarin D.A., Kostin A.E., Mokretsov Y.U.V. & Sukhorukova I.V. (2019). *Ehkologiya, okruzhayushchaya sreda i chelovek* [Ecology, environment and people], Nizhny Novgorod, 255 p.
- Nguem M.T., Ivantsova E.A. (2022). *K voprosu o prognoznoi otsenke tekhnogennoi nagruzki na atmosfernyi vozdukh urboekosistem* [On the issue of predictive assessment of technogenic load on the atmospheric air of urban ecosystems]. Natural systems and resources, vol. 12, no. 4, pp. 5-15.
- Sukhorukova I.V. & Chistyakova N.A. (2021). Model of short-term insurance of independent environmental risks . Proceedings of the III International Scientific Practical Conference "Breakthrough Technologies and Communications in Industry and City" (BTCl'2020), December 2-3, 2020, Volgograd, Russian Federation, Melville, p. 020030.
- Pavlova E.P. (2017). *Opredelenie ehkologicheskikh balansov kak informatsionnogo ehlementa sistemy ehkologicheskogo menedzhmenta* [Definition of environmental balances as an information element of the environmental management system]. Proceedings of the Current state, problems and prospects for the development of industrial science. Materials of the All-Russian conference with international participation, pp. 404-407.
- Sukhorukova I.V. & Chistyakova N.A. (2020). Mathematical model for assessing environmental risk Proceedings of the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. II International Scientific Practical Conference "Breakthrough Technologies and Communications in Industry and City", BTCl 2019, p. 012027.
- Tesalovskii A.A. & Anisimov N.V. (2023). *Sistema monitoringa zelenykh nasazhdennii na urbanizirovannykh territoriyakh* [Monitoring system for green spaces in urban areas]. Moscow Economic Journal, vol. 8, no. 1.
- Sukhorukova I.V. & Chistyakova N.A. (2018). *Strakhovanie riskov pri osushchestvlenii sovmestnoi kommerscheskoi deyatel'nosti kompan'ionov* [Risk insurance in the implementation of joint commercial activities of partners]. Problems of scientific thought, vol. 4, no.1, pp.018-020.
- Smirnova A.A. & Savchuk R.R. (2019). *Analiz sistemy ehkologicheskogo menedzhmenta na primere informatsionnykh ehlementov ehkologicheskikh balansov* [Analysis of the environmental management system using the example of information elements of environmental balances]. Proceedings of the Current aspects and priority directions for the development of the transport industry. materials of the youth scientific forum of students and graduate students of transport universities with international participation, Moscow, pp 377-380.
- Sukhorukova I.V. (2000). *Ehkologo-ehkonomicheskaya model' ispol'zovaniya zagryaznennykh zemel'* [Ecological and economic model for the use of contaminated lands], Moscow, PKTl'promstroj, 280 p.
- Kazakbaeva Z.M., Musabekov A.T., Taalaibek K.A. (2016). *ehkologiyalyk teñ salmak-tuuluktun buzulushu zhana ehkologiyalyk koopsuzdukta tarbiyaloo*, *Bulletin of Issyk-Kul University*, no. 42, pp. 55-58.
- Amanov T. & Atdyeva A.B. (2023). *Ustoichivoe razvitiye i ehkonomicheskaya politika: poisk balansa mezhdu ehkonomicheskim rostom i ehkologicheskoi otvetstvennost'yu* [Sustainable development and economic policy: searching for a balance between economic growth and environmental responsibility]. Symbol of Science, no. 10-2, pp. 90-91.
- Fedorov R.M. (2023). *Ehkologicheskaya bezopasnost' i chelovecheskaya deyatel'nost'* : *balans mezhdu rostom i sokhranieniem* [ Environmental security and human performance: balancing growth and conservation]. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Students and Schoolchildren, Kemerovo, pp. 324.1-324.4.
- Klevina M.V. (2024). *Kompaniya po utilizatsii otkhodov v sisteme upravleniya riskami* [Waste disposal company in the risk management system]. Proceedings of the Management of organizational and economic systems. Collection of works of the scientific seminar of students and graduate students of the Institute of Economics and Management, Samara, pp. 159-161.
- Likhachev V.G. (2019). *Problemy i perspektivy osvoeniya arkticheskogo regiona v usloviyakh sanktsii* [Problems and prospects for the development of the Arctic region under sanctions]. Proceedings of the Modern paradigms of education: achievements, innovations, technical progress, XVII All-Russian Scientific and Practical Conference in 3 parts, pp. 28-33.
- Vlasov D.A. & Sinchukov A.V. (2023). *Perspektivy razvitiya kolichestvennykh metodov i matematicheskogo modelirovaniya dlya resheniya zadach optimal'nogo upravleniya* [Prospects for the development of quantitative methods and mathematical modeling for solving optimal control problems]. Self-government, no. 2 (135), pp. 357-360.
- Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy. Ministerstvo prirodnnykh resursov i ehkologii RF [State report on the state of the environment. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation], [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/gosudarstvennye\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2022](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennye_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022)

## Информация об авторах:

**Сухорукова Ирина Владимировна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики, SPIN 5042-4833, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1944-0968>, suhorukovaira@yandex.ru

**Чистякова Наталья Александровна**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, SPIN 4597-9519, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3897-3647>, chistna@mail.ru

## Information about the author (authors):

**Irina V. Sukhorukova**, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of higher mathematics, SPIN 5042-4833, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1944-0968>, suhorukovaira@yandex.ru

**Natal'ya Al. Chistyakova**, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, associate professor of the department of higher mathematics, SPIN 4597-9519, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3897-3647>, chistna@mail.ru

 [suhorukovaira@yandex.ru](mailto:suhorukovaira@yandex.ru)

## ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



**Международный журнал прикладных наук и технологий «INTEGRAL»** издается 6 раз в год.

- Стратегический научный партнер журнала **«Государственный университет по землеустройству»**.
- INTEGRAL** цитируется в РИНЦ, Google Scholar, КиберЛенинке.
- Научным публикациям присваивается международный **цифровой индикатор DOI**.
- Журнал участник программы **открытого доступа** к научным публикациям.

Контакты: <https://e-integral.ru>, [e-science@list.ru](mailto:e-science@list.ru)