

УДК 338.984  
JEL: C73, D81, O21, Q51

DOI: 10.18184/2079-4665.2019.10.2.240-260

## Оценка эффективности развития социо-экономической системы природопользования (на примере предприятий железнодорожной отрасли)

Елена Леонидовна Кузина<sup>1</sup>, Никита Алексеевич Дроздов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Москва, Россия  
127994, Москва, ул. Образцова, д. 9  
E-mail: kyzina2008@yandex.ru

<sup>2</sup> Донской государственный технический университет, Технологический институт (филиал) ДГТУ,  
Азов, Ростовская область, Россия  
346780, Ростовская область, Азов, ул. Промышленная, д. 1  
E-mail: dharmaface@yandex.ru

Поступила в редакцию: 20.03.2019; одобрена: 29.05.2019; опубликована онлайн: 28.06.2019

### Аннотация

**Цель:** Целью научной статьи является оценка социо-эколого-экономической эффективности развития системы природопользования на примере предприятий железнодорожного транспорта. Данная цель предполагает выполнение следующих задач: 1) разработать сценарную модель поведения системы «предприятие – общественная безопасность» на основе игр с природой; 2) на основе разработанной модели выделить социо-экономические компоненты системы природопользования и описать их особенности; 3) разработать показатели оценки эффекта и эффективности управленческих решений на основе выделенных социо-экономических компонентов системы природопользования; 4) предложить алгоритм принятия экологически безопасного и экономически эффективного управленческого решения на основе разработанных показателей оценки.

**Методология проведения работы:** Методологическая база исследования основана на следующих методах: математическое моделирование, метод статистического анализа, метод формализации.

**Результаты работы:** Построена имитационная игровая модель, позволяющая выделить социо-экономические компоненты системы природопользования и разработать эколого-экономические показатели оценки эффективности с учетом тенденций предыдущих периодов. На основе модели разработан алгоритм принятия природоохранных экономически эффективных социально ориентированных управленческих решений.

**Выводы:** Разработанная игровая модель позволяет оценить эффективность развития социо-экономической системы природопользования. При разработке модели использовалась концепция игр с природой, в качестве теоретико-игровых критериев использованы критерии максимакса, Лапласа, Вальда, Гурвица, простой и обобщенный. Выделены эколого-экономические составляющие, которые влияют на отдельное управленческое решение предприятия, а именно, значения ущербов окружающей среде до и после реализации управленческого решения, показатели капитальных и эксплуатационных затрат. На их основе разработан показатель и критерий оценки эколого-экономического эффекта и эколого-экономической эффективности решений с учетом риска. Был предложен алгоритм принятия экологически безопасных, социально ориентированных и экономически эффективных управленческих решений.

**Ключевые слова:** эффективность, экологические платежи, имитационная модель, критерий, алгоритм, планирование, управленческие решения

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кузина Е. Л., Дроздов Н. А. Оценка эффективности развития социо-экономической системы природопользования (на примере предприятий железнодорожной отрасли) // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т. 10. № 2. С. 240–260.

DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2019.10.2.240-260>

© Кузина Е. Л., Дроздов Н. А., 2019

# Social and Economic Environmental System Development Efficiency Assessment (on the example of railway industry enterprises)

Elena L. Kuzina<sup>1</sup>, Nikita A. Drozdov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal State Institution of Higher Education "Russian University of Transport" (MIIT), Moscow, Russian Federation  
15, Obraztsova st., Moscow, 127994

E-mail: kuzina2008@yandex.ru

<sup>2</sup>Don State Technical University, Technological institute (branch), Azov, Rostov region, Russian Federation  
1, Promyshlennaya st., Azov, Rostov region, 346780

E-mail: dharmaface@yandex.ru

Submitted 20.03.2019; revised 29.05.2019; published online 28.06.2019

## Abstract

**Purpose:** purpose of the scientific article is assessment of social and ecological and economic efficiency of an environmental system development on the example of railway transport. This purpose suggests the following objectives implementation: 1) to identify social and economic components of the environmental system on the basis of the developed model and to describe their features; 2) to develop assessment indicators of managerial decision effect and efficiency on the basis of the identified components of the environmental system; 3) to develop indicators of environmental and economic assessment of the effect and effectiveness of management decisions based on identified components of the system; 4) to suggest an algorithm for implementation environmentally safe and cost-effective management decisions based on the developed assessment indicators.

**Methods:** methodological base of the research is based on the following scientific methods: mathematical modeling, statistical analysis method, formalization.

**Results:** the authors develop the simulation game model which allows identifying social and economic components of environmental system and to develop ecological and economic indicators of efficiency assessment on the basis of previous periods. Upon the model the authors of the article have developed the algorithm of efficient social oriented managerial decisions-making.

**Conclusions and Relevance:** the developed game model allows assessing development efficiency of social and economic environmental system. In the development of the model the authors apply the concept of games with nature, also criterions of maximax, Laplace, Wald, Hurwitz. In addition, the model allows identifying components which influence managerial decisions, namely, environmental damages before and after implementation of a managerial decision, capital and operational costs indicators. On the basis of it the indicator and the criterion of managerial decisions risk-adjusted ecological and economic effect and efficiency assessment indicators have been developed. The algorithm of implementation of the environmentally friendly, socially oriented and cost-effective management decisions.

**Keywords:** efficiency, environmental payments, simulation model, criterion, algorithm, planning, management decisions

**Conflict of Interest.** The authors declare that there is no Conflict of Interest.

**For citation:** Kuzina E. L., Drozdov N. A. Social and Economic Environmental System Development Efficiency Assessment (on the example of railway industry enterprises). *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2019; 10(2):240-260.

DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2019.10.2.240-260>

## Введение

В настоящее время вопрос экологической безопасности принимаемых управленческих решений становится все более и более актуальным. Это связано с повышением экологической культуры населения, ростом доходов, как следствие, повышением требований к качеству окружающей среды [1]. В этой связи предприятия сегодня должны не просто беспокоиться об экономической эффективности своей деятельности, но и обеспечивать экологическую безопасность принимаемых решений, быть социально ответственными.

Перед предприятиями в этой связи стоит важная задача: оценка каждого управленческого решения с позиций системы природопользования. Необходимо разработка новых показателей и критериев оценки эффекта и эффективности, которые бы позволили проводить социо-экономическую оценку каждого управленческого решения, отбирать только те, которые являются природоохранными, совершенствуя таким образом качество управления в системе природопользования.

Поскольку предприятие является производственной системой, работающей с большими объемами

экономической информации, выбрать наиболее оптимальный вектор развития и принять экологически и экономически эффективное решение не всегда представляется возможным. Это обуславливает необходимость разработки экономико-математических, в частности, игровых моделей поведения производственной системы, на основе которых можно разработать показатели оценки эффективности решений [2]. Предприятия принимают управленческие решения, которые могут быть разрушительными для природной среды. В современном мире такое корпоративное поведение противоречит принципам социальной ответственности бизнеса. В таком случае необходима сценарная оценка ситуации, что лучше делать на основании математического моделирования.

Говоря о комплексной безопасности и конкурентоспособности, следует принимать во внимание эффективность системы, состоящей из двух компонентов: экологического и экономического. Помимо двух компонентов в такой системе присутствует и третий: общество, которое имеет свой интерес. Результаты неэффективного природопользования отражаются на здоровье людей и качестве их жизни, негативно сказываются на биологическом разнообразии и противоречат принципам устойчивого развития окружающей среды<sup>1</sup>. В таком случае предприятие нарушает интересы общественной безопасности. В триаде «общество – природа – предприятие» общественный интерес представлен запросом на экологически безопасную окружающую среду со стороны населения. При современном механизме природопользования в обозначенной триаде отсутствует взаимосвязь интересов, поскольку на предприятиях принимаются только экономически эффективные решения, а за загрязнение окружающей среды перечисляют платежи – соответственно, за допустимые и сверхнормативные выбросы. Поэтому необходима разработка критерия и методики оценки эффективности организационно-технических мероприятий в социо-экономической системе природопользования, на основе которого будет предложен механизм принятия таких управленческих решений, которые являются и экологически безопасными, и социально ориентированными, и экономически эффективными одновременно.

**Обзор литературы и исследований.** Общие вопросы эколого-экономической эффективности освещаются в трудах таких авторов, как О.Ю. Гаврилова, Е.П. Васильев [3], Э.С. Дильманова [4], Н.П. Садовникова [5], Р.Р. Хальфиев, Е.Р. Магарил [6],

М.М. Петрушенко [7], Л.Г. Мельник [8], А.М. Жемчугов, М.К. Жемчугов [9], С.Н. Нечаева, В.Б. Малицкая [10]. Изучение и анализ их научных работ позволили представить феномен эколого-экономической экономической эффективности как соотношение между полученным эколого-экономическим эффектом и затратами на его достижение.

Вопросам разработки экономико-математических, в частности, игровых моделей посвящены работы Дж. Нэша [11], А.В. Савватеева [12], О.Ю. Величко, Т.А. Гробер [13], И.С. Клименко, М.А. Плуталова, Г.А. Чеботарева [14], Н.С. Самойленко, В.В. Мешечкина [15]. В трудах данных исследователей освещаются общие вопросы теории игр, вводятся ее базовые понятия, предлагаются методики построения теоретико-игровых экономико-математических моделей, рассматриваются критерии игр с природой для ситуаций неопределенности.

Изучение данных работ позволило авторам статьи разработать имитационную игровую модель развития системы природопользования на железнодорожном транспорте, предложить показатели оценки неопределенности, скорректировать показатели и критерий эколого-экономического эффекта и эффективности с учетом риска.

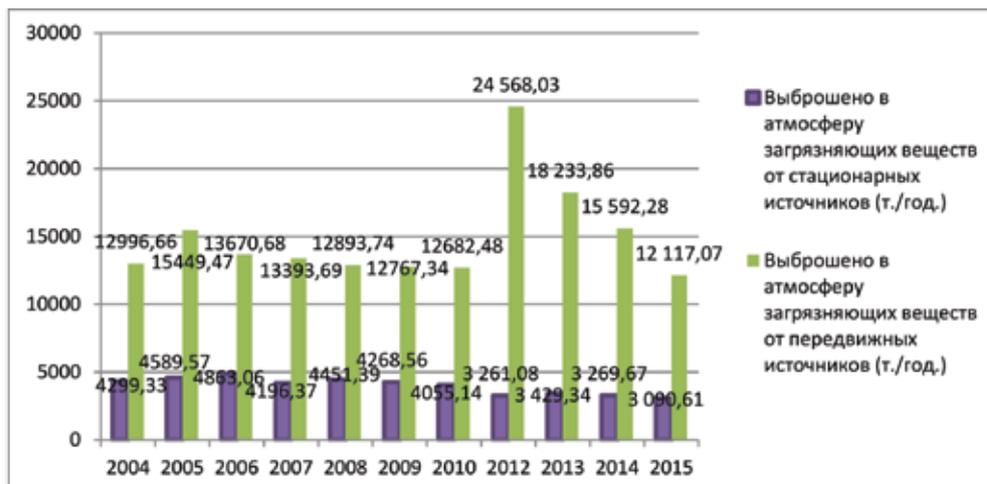
**Материалы и методы.** При построении имитационной игровой модели был применен метод математического моделирования. Построение математической модели стало возможным благодаря обработке статистической информации методом статистического анализа [16]. Метод формализации преимущественно использовался при разработке показателей оценки планируемых организационно-технических мероприятий, а также при построении алгоритма планирования мероприятий [17].

### Результаты исследований

Экологические проблемы предприятий железнодорожной отрасли отражаются в показателях их природоохранной деятельности. На примере Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» проведен анализ производимых предприятием загрязнений окружающей среды, а также платы за допустимые и сверхнормативные выбросы и расходов на текущую природоохранную деятельность.

На рис. 1 приведены показатели загрязнения воздушной среды предприятием «Северо-Кавказская железная дорога» – филиалом ОАО «РЖД».

<sup>1</sup> Дроздов Н.А. Эколого-экономическая эффективность как системный фактор деятельности предприятий железнодорожного транспорта // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. 2016. № 1. Т. 2. С. 262–268. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27225099> (дата обращения: 10.03.2019).



Разработано авторами.

Рис. 1. Загрязнения воздушной среды стационарными и передвижными источниками на Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» в 2004–2015 годах

Developed by authors

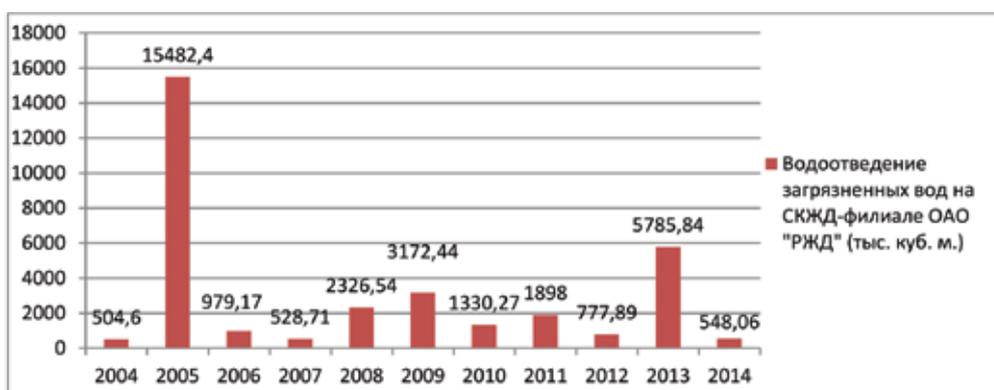
Fig. 1. Air pollutions from mobile and stationary pollution sources of North Caucasus railway – branch of JSCo «RZD» during 2004–2015

На рис. 2 приводится информация о водоотведении загрязненных вод Северо-Кавказской железной дороги в водные объекты и на рельеф местности.

На рис. 3 приводится информация о неиспользованных и необезвреженных отходах на Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» в 2004–2015 годах.

Проблема загрязнения окружающей среды предприятиями непосредственно затрагивает интересы общества и природы. Прежде всего речь идет о динамике сверхнормативных выбросов, кото-

рые наносят большой ущерб окружающей среде и могут привести к необратимым последствиям в природе. Кроме этого, предприятия железнодорожной отрасли тратят часть своей прибыли на проведение последующих после загрязнения природоохранных мер, что выливается в расходы на природоохранную деятельность (текущие природоохранные затраты). Текущие природоохранные затраты включают в себя выплаты сторонним организациям за очистку сточных вод и утилизацию отходов. На рис. 4 представлена информация о платежах за допустимые и сверхнормативные вы-

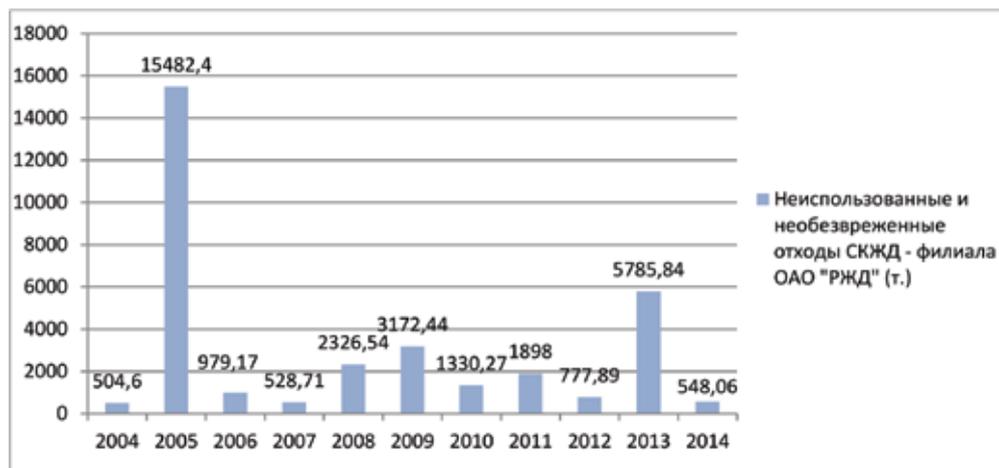


Разработано авторами

Рис. 2. Водоотведение на Северо-Кавказской железной дороге загрязненных вод в водные объекты и на рельеф местности (тыс. куб. м.)

Developed by authors

Fig. 2. North Caucasus railway – branch of JSCo «RZD» drainage of polluted water in water bodies and terrain (thousand cubic meters)



Разработано авторами

Рис. 3. Неиспользованные и необезвреженные отходы на Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» за 2004–2015 годы

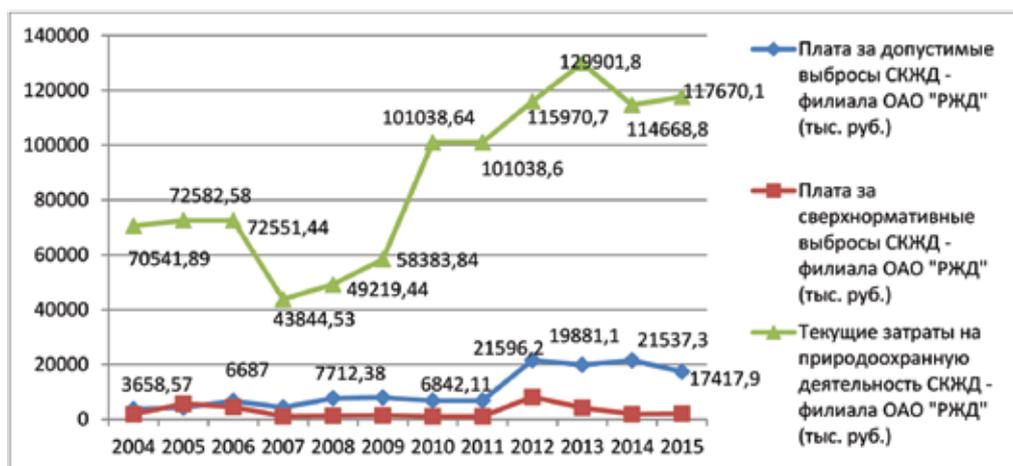
Developed by authors

Fig. 3. Unused and untreated waste of North Caucasus railway – branch of JSCo «RZD» during 2004–2015

бросы на Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «РЖД», а также о текущих затратах на природоохранную деятельность.

Таким образом, приведенные статистические данные позволяют говорить о недостаточной эколого-экономической эффективности деятельности железнодорожных предприятий. Происходит загрязнение окружающей среды, что нарушает экологические интересы общества, с одной стороны,

а с другой стороны, предприятие транспорта теряет часть прибыли. Поэтому разработка такого подхода к управлению природоохранной деятельностью предприятий железнодорожной отрасли, когда все принимаемые управленческие решения будут не только экономически эффективными, но одновременно природоохранными и социально направленными, является важнейшей задачей. В процессе принятия решений, особенно на этапе



Разработано авторами

Рис. 4. Динамика платы за допустимые и сверхнормативные выбросы, а также текущих затрат на природоохранную деятельность на Северо-Кавказской железной дороге-филиале ОАО «РЖД» в 2004–2015 годах

Developed by authors

Fig. 4. Dynamics of permissible and excessive emissions payments and current environmental costs of North Caucasus railway – branch of JSCo «RZD» during 2004–2015

планирования, перед предприятием открывается возможность выбора различных вариантов поведения, что формирует две важнейшие задачи.

Первая задача – правильно определить вектор планирования на основании игровой модели, идентифицировав при этом составляющие планируемого организационно-технического мероприятия и их динамику. Вторая задача – оценить эффективность планируемого мероприятия с учетом факторов риска и дополнительных параметров эколого-экономической системы. Современная экономика активно использует математический аппарат для построения разного рода моделей [18]. Теория игр как отдельная математическая область исследует определенный класс экономических задач – задачи взаимодействия.

Существуют такие ситуации, когда ни один из игроков в рассматриваемой игровой модели не действует рационально, или нерационален в принципе. Такой класс игр называется «играми с природой». Задача игрока – максимизировать свой выигрыш (полезность) в игре, «природа» никаких задач перед собой не ставит, она просто как-либо реагирует на поведение игрока, изменяя его выигрыш [18].

Игрок – предприятие, которое стремится максимизировать собственную прибыль и минимизировать затраты. Основной целью производственно-хозяйственной деятельности игрока является увеличение прибыли. В процессе материального производства или оказания услуг игроком происходит экологическое загрязнение окружающей среды, что ущемляет интересы общества. Общество, посредством государственного регулирования, принимает некоторые решения, направленные на обеспечение должного качества окружающей среды. «Природой» в данной модели является некий результат от применения к игроку инструментов государственной политики. Таким образом:

$I = 2$  – количество игроков в игре;

$S_1 = \{C_1, C_2, C_3\}$  – набор стратегий первого игрока;

$Q_1 = \{P_1, P_2, P_3\}$  – набор реакций «природы».

Игрок в данной теоретико-игровой модели имеет три стратегии:  $C_1, C_2, C_3$ , которые условно можно назвать «консервативная», «переходная» и «инновационная». Консервативная стратегия – это такая модель организационного поведения, при которой игрок сохраняет текущий вектор управления и не учитывает экологический фактор в своей деятельности. Стратегия переходного периода – стратегия, при которой не все управленческие решения предприятия являются природоохранными и социально направленными, однако предприятие прилагает усилия в этом направлении: вкладывает больше средств в последующие природоохранные мероприятия, стремится снизить загрязнения. Инновационная стратегия игрока – модель организационного поведения, при которой все планируемые организационно-технические мероприятия становятся еще и природоохранными. «Природа», в свою очередь, в игре имеет набор своих стратегий:  $P_1, P_2, P_3$ , различающихся степенью риска – 0%, 15% и 30% соответственно.

Каждая из трех стратегий игрока предполагает свои тенденции изменения платы за природопользование и природоохранных затрат. Эти тенденции прослеживаются на основании анализа данных природоохранной статистики Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». Информация о тенденциях представлена в табл. 1.

При сохранении текущего подхода к природопользованию (стратегия  $C_1$ ) сохраняются все тенденции платежей за природопользование, сверхнормативных выбросов, текущих природоохранных затрат. Известно, что в 2020 году произойдет значительное увеличение ставок платы за сверхнормативные выбросы – в 20 раз, следовательно, объем платы за сверхнормативные выбросы увеличится тоже в 20 раз.

Во время переходного периода (стратегия  $C_2$ ) предприятие стремится максимально экономить собственную прибыль, проводя при этом несколько больший объем природоохранных мероприятий, которые устраняют уже нанесенный ущерб или сни-

Таблица 1

**Тенденции природоохранных платежей и текущих природоохранных затрат предприятия в случае выбора игроком одной из трех возможных стратегий**

Table 1

**Trends of environmental payments and current environmental costs of an enterprise in case of choice by the player one of three possible strategies**

|                                                            | $C_1$  | $C_2$  | $C_3$ |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|
| Плата за предельно допустимое загрязнение окружающей среды | Const. | Const. | →min  |
| Плата за сверхнормативное загрязнение окружающей среды     | Const. | →min   | -     |
| Текущие природоохранные затраты                            | Const. | →max   | →min  |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

жают его. Одновременно с этим оно начинает воплощать в жизнь такие мероприятия, которые приводят к снижению сверхнормативных выбросов, но не устраняют их. Такой подход нельзя назвать экологически безопасным или социально ориентированным, однако ущерб, наносимый окружающей среде, ниже в сравнении с первой стратегией. В таком случае платежи за допустимые выбросы сохраняют свои тенденции, а платежи за сверхнормативные выбросы снижаются за счет того, что увеличивается объем текущих природоохранных затрат.

Инновационный подход к управлению деятельностью предприятия (стратегия  $C_3$ ) предполагает, что предприятие принимает только те управленческие решения, которые не приводят к сверхнормативным выбросам, снижают допустимые выбросы и уменьшают текущие затраты на природоохранную деятельность. Снижение произойдет в соответствии со значениями, прописанными в Экологической стратегии железнодорожного транспорта до 2017 и на перспективу до 2030 года (оптимистичный подход).

Задача игрока – выбор такой стратегии поведения, при которой в случае наступления любой из трех реакций «природы» он получал бы строго больший выигрыш (прибыль), чем при выборе любой другой стратегии. Для оценки выигрыша игрока в той или иной ситуации используется ряд математических критериев<sup>1</sup>.

Критерий максимакса. Это критерий крайнего оптимизма, максимизирующий максимальные выигрыши для каждого состояния природы по формуле (1).

$$M = \max_i \min_j (\alpha_{ij})$$

где  $M$  – критерий максимакса;

$\max_i \min_j (\alpha_{ij})$  – максимальное значение выигрыша игрока  $\alpha$  при выборе им наилучшего исхода стратегии  $A_i$  и реакции «природы»  $Q_j$ .

Критерий Вальда представлен формулой (2):

$$W = \max_i \min_j (\alpha_{ij})$$

где  $W$  – критерий Вальда;

$\max_i \min_j (\alpha_{ij})$  – максимальное значение выигрыша игрока  $\alpha$  при оценке им наихудшего из возможных исходов стратегии  $A_i$  и реакции «природы»  $Q_j$ .

Критерий Лапласа представлен в формуле (3):

$$\bar{a}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, i = \overline{1, m},$$

где  $\bar{a}_i$  – критерий Лапласа;

$n$  – количество реакций «природы» на действия игрока.

Наилучшей стратегией является максимум из всех получившихся вариантов.

Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица. Показатель эффективности стратегии  $A_i$  по критерию Гурвица определяется согласно формуле (4):

$$G_i = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \sum_{j=1}^n \lambda_j b_{ij}, i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где  $G_i$  – критерий Гурвица;

$\lambda_n$  – показатель пессимизма-оптимизма игрока;

$b_{ij}$  – максимальное значение выигрыша игрока  $\alpha$  при выборе им наилучшего исхода стратегии  $A_i$  и реакции «природы»  $Q_j$ .

Определение оптимальной стратегии  $A_{io}$  осуществляется согласно формуле (5):

$$G_i = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) = \max_i G_i(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \quad (5)$$

Числа  $\lambda_p = \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \lambda_n$  и  $\lambda_0 = \sum_{j=\lfloor \frac{n}{2} \rfloor + 1}^n \lambda_j$  называются

показателями пессимизма и оптимизма. Оптимизм и пессимизм игрока  $\alpha$  в количественном смысле можно отобразить, используя для этого коэффициенты  $\lambda_p$  и  $\lambda_0$ , при выборе последним коэффициентов  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ . В случае, когда  $\lambda_0 > 0,5$ ,  $\lambda_p < 0,5$ , можно утверждать, что игрок более склонен к оптимизму; в случае, если ситуация обратная, то есть  $\lambda_0 < 0,5$ ,  $\lambda_p > 0,5$ , игрок склонен к пессимизму. При условии равенства ( $\lambda_0 = \lambda_p = 0,5$ ) критерий Гурвица называется реалистичным<sup>2</sup>.

Для реализации предложенного теоретико-игрового подхода использованы статистические дан-

<sup>1</sup> Тагильцева Ю.А., Дроздов Н.А. Моделирование системы природопользования на железных дорогах // Мир транспорта. 2017. № 2 (69). Т. 15. С. 188–195. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30304857> (дата обращения: 11.03.2019).

<sup>2</sup> Tagiltseva J.A., Kuzina E.L., Drozdov N.A., Vasilenko M.A. The Main Directions of Developing Organizational Measures at the Railway Enterprises in the Corporate Social Responsibility Aspect // 2018 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). 2018. Volume 1. P. 163–168. Doi: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2018.8524961> (in Eng.)

Таблица 2

**Финансовые природоохранные данные Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги»**

Table 2

**Financial environmental data of North Caucasus Railway – branch of JSCo «Russian Railways» for the period of 2007–2015 years**

| Год                            | Налогооблагаемая прибыль, млн руб. | Чистая прибыль, млн руб. | Платежи за сверхнормативные выбросы, млн руб. | Платежи за допустимые выбросы, млн руб. | Текущие затраты на природоохранную деятельность, млн руб. |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 2007                           | 4608,00                            | 3686,4                   | 4,51                                          | 6,69                                    | 72,55                                                     |
| 2008                           | 1094,40                            | 875,52                   | 1,11                                          | 4,32                                    | 43,84                                                     |
| 2009                           | 1252,80                            | 1002,24                  | 1,33                                          | 7,71                                    | 49,22                                                     |
| 2010                           | 4528,80                            | 3623,04                  | 1,44                                          | 7,98                                    | 58,38                                                     |
| 2011                           | 2757,60                            | 2206,08                  | 1,07                                          | 6,84                                    | 101,04                                                    |
| 2012                           | 2383,20                            | 1906,56                  | 8,22                                          | 21,60                                   | 115,97                                                    |
| 2013                           | 698,40                             | 558,72                   | 4,24                                          | 19,88                                   | 129,90                                                    |
| 2014                           | -1411,20                           | -1128,96                 | 1,90                                          | 21,54                                   | 114,67                                                    |
| 2015                           | 900,00                             | 720                      | 2,11                                          | 17,42                                   | 117,67                                                    |
| Среднее значение               | 1868,00                            | 1494,4                   | 2,88                                          | 12,66                                   | 89,25                                                     |
| Средняя скорость (темпа роста) | 70<br>(без учета крайних значений) | -370,8                   | -0,18                                         | 0,66                                    | 1,86                                                      |

Составлено авторами по материалам: Тагильцева Ю.А. Оценка экономической эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта с учетом природоохранных мероприятий: дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Ю.А. Тагильцева. Москва, 2018. 194 с.

Compiled by the authors based: Tagiltseva Y.A. Evaluation of economic efficiency of production and economic activities of railway transport enterprises, taking into account environmental protection measures. Cand. Diss. Moscow, 2018. 194 p.

ные о производственно-хозяйственной и природоохранной деятельности Северо-Кавказской железной дороги-филиала ОАО «Российские железные дороги» за период 2007–2015 годов.

В табл. 2 представлены финансовые данные природоохранной статистики Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» в 2007–2015 годах.

Как показывают статистические данные табл. 2, за период 2007–2015 годов в Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «Российские железные дороги» наметилась негативная тенденция: при средней отрицательной скорости роста чистой прибыли (-370,8 млн руб. ежегодно) имеется положительная динамика роста текущих затрат на природоохранную деятельность и платы за допустимые выбросы, в среднем на 5,64 и 1,34 млн руб. в год соответственно.

Таким образом, как свидетельствуют данные табл. 2, отношение платы за сверхнормативные выбросы к объему чистой прибыли в целом незначительно. Но, во-первых, виден постоянный рост доли текущих затрат на природоохранную деятельность и платы за допустимые выбросы в чи-

стой прибыли. Во-вторых, если учесть, что по ряду направлений в 2020 году произойдет увеличение повышающих коэффициентов с 5 до 100, соответственно, объем платежей за сверхнормативные выбросы увеличится в 20 раз.

Проведенный регрессионный анализ показал, что значение текущих природоохранных затрат при сокращении сверхнормативных выбросов на 15% (стратегия  $C_2$ ) в 2020 году на основе имеющихся тенденций за 2007–2015 годы составит 97,56 млн руб. Так как известно заранее, что оптимистичный сценарий реализации Экологической стратегии железнодорожного транспорта до 2017 и на перспективу до 2030 года предполагает сокращение текущих природоохранных затрат на 4,1% за счет увеличения объема использования отходов, то аналогичный регрессионный анализ зависимости между объемом платы за допустимые выбросы и текущих природоохранных затрат показывает для третьей стратегии игрока ( $C_3$ ), что значение платы за допустимые выбросы в 2020 году составит 5,23 млн руб.

Исходя из данных табл. 2, зная средние значения за период 8 лет, подсчитаем среднее увеличение

к 2020 году отношения объема платежей за сверхнормативные выбросы к прибыли в относительном значении при условии, что доходы предприятия и размер платежей в среднем сохраняют текущие тенденции. Формула (6) позволяет рассчитать суммарную долю платежей за сверхнормативные выбросы к чистой прибыли в ситуации увеличения ставок.

$$Fee_{отн}(2020) = 0,19\% \times 20 = 3,8\%, \quad (6)$$

где  $Fee_{отн}(2020)$  – отношение размера платежей за сверхнормативные выбросы к чистой прибыли в 2020 году при сохранении текущего подхода к планированию производственно-хозяйственной деятельности на предприятии и вступления в силу нового законодательства (%).

Средний показатель платы за сверхнормативные выбросы, скорректированный к уровню 2020 года рассчитывается по формуле (7):

$$ПСНВ_k = ПСНВ_{2015} + (2020 - 2015) \times \text{ПСНВ}_p \times 20 \quad (7)$$

где  $ПСНВ_k$  – показатель платежей за сверхнормативные выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года с учетом средних значений прироста за период 2007–2015 годов и двадцатикратного повышающего коэффициента, млн руб.;

$ПСНВ_{2015}$  – значения платежей за сверхнормативные выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за 2015 год, млн руб.;

$ПСНВ_p$  – показатель среднегодовой скорости роста платежей за сверхнормативные выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за год при анализе значений за период 2007–2015 годов.

По формуле (8) рассчитывается средний показатель платежей за допустимые выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года:

$$ПДВ_k = ПДВ_{2015} + (2020 - 2015) \times ПДВ_p \quad (8)$$

где  $ПДВ_k$  – показатель платежей за допустимые выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года с учетом средних значений прироста за период 2007–2015 годов, млн руб.;

$ПДВ_{2015}$  – значения платежей за допустимые выбросы Северо-Кавказской железной дороги –

филиала ОАО «Российские железные дороги» за 2015 год, млн руб.;

$ПДВ_p$  – показатель среднегодовой скорости роста значений платежей за допустимые выбросы Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за год при анализе значений за период 2007–2015 годов.

По формуле (9) производится расчет среднего показателя текущих затрат на природоохранную деятельность Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года:

$$ТПЗ_k = ТПЗ_{2015} + (2020 - 2015) \times ТПЗ_p \quad (9)$$

где  $ТПЗ_k$  – показатель размера текущих затрат на природоохранную деятельность Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года с учетом средних значений прироста за период 2007–2015 годов, млн руб.;

$ТПЗ_{2015}$  – значения текущих затрат на природоохранную деятельность Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за 2015 год, млн руб.;

$ТПЗ_p$  – показатель среднегодовой скорости роста текущих затрат на природоохранную деятельность Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за год при анализе значений за период 2007–2015 годов.

По формуле (10) рассчитывается средний показатель размера налогооблагаемой прибыли, скорректированный к уровню 2020 года с учетом средних значений прироста. В качестве стартового значения предлагается среднее значение налогооблагаемой прибыли, поскольку на нее воздействует множество факторов, и явной статистической тенденции в ее значениях нет.

$$НП_k = НП_{2015} + (2020 - 2015) \times НП_p \quad (10)$$

где  $НП_k$  – показатель размера налогооблагаемой прибыли Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», скорректированный к уровню 2020 года с учетом средних значений прироста за период 2007–2015 годов, млн руб.;

$НП_{2015}$  – значения налогооблагаемой прибыли Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» за 2015 год, млн руб.;

$НП_p$  – показатель среднегодовой скорости роста размера налогооблагаемой прибыли Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО

«Российские железные дороги» за год при анализе значений за период 2007–2015 годов.

Формула (11) позволяет рассчитать значение скорректированного показателя отношения суммы платы за сверхнормативные выбросы, платы за допустимые выбросы и текущих затрат на природоохранную деятельность к налогооблагаемой прибыли в 2020 году для стратегии 1.

$$\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_1) = \frac{\text{ПСНВ}_k + \text{ПДВ}_k + \text{ТПЗ}_k}{\text{НП}_k}$$

где  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_1)$  – скорректированный показатель отношения суммы платы за сверхнормативные выбросы, платы за допустимые выбросы и текущих затрат на природоохранную деятельность к налогооблагаемой прибыли в 2020 году для стратегии 1:

$$\begin{aligned} \text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_1) &= \frac{39,68 + 1,97 + 98,53}{900 + 70 * 5} = \\ &= 11,1968\% \end{aligned}$$

Таким образом, при реализации первого сценария к 2020 году и при сохранении статистических тенденций в сфере природопользования Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги» размер природоохранных платежей и текущих затрат на природоохранную деятельность в 2020 году будет составлять 11,1968% от размера чистой прибыли<sup>3</sup>.

Стратегия переходного периода предполагает, что сверхнормативные выбросы сокращаются на 15% от уровня 2015 года, плата за допустимые выбросы сохраняет текущие тенденции, текущие природоохранные затраты увеличатся, вследствие чего размер сверхнормативных выбросов и плата за них сократится. Необходимый уровень повышения текущих природоохранных затрат составит 97,56 млн руб. согласно построенному уравнению регрессии и аппроксимации их величины. Значения показателя  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_2)$  для второй стратегии игрока проводится согласно формуле (12):

$$\begin{aligned} \text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_2) &= \cdot \\ &= \frac{\text{ПСНВ}_k + \text{ПСНВ}_k * 0,85 + \text{ПДВ}_k + \text{ТПЗ}_{\text{апп}}}{\text{НП}_k} \end{aligned} \quad (12)$$

где  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_2)$  – скорректированный показатель отношения суммы платы за сверхнорматив-

ные выбросы, платы за допустимые выбросы и текущих затрат на природоохранную деятельность к налогооблагаемой прибыли в 2020 году для стратегии 2;  $\text{ТПЗ}_{\text{апп}}$  – скорректированный показатель текущих природоохранных затрат, полученный путем построения уравнения регрессии, млн руб.

$$\begin{aligned} \text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_2) &= \frac{39,46 + \\ + 39,46 * 0,85 + 1,97 + 98,53}{1250} &= 10,646\% \end{aligned}$$

Планирование эффективности производственно-хозяйственной природоохранной деятельности есть третья стратегия  $C_3$ , в результате применения которой происходит ликвидация сверхнормативных выбросов. Текущие затраты на природоохранную деятельность сократятся в соответствии с Экологической стратегией железнодорожного транспорта на 4,1% за счет того, что на эту долю повысится объем переработки и использования отходов на предприятиях железнодорожного транспорта без участия сторонних организаций. Объем платы за допустимые выбросы рассчитан в соответствии с регрессионным анализом. Все высвобожденные средства останутся составной частью доходов предприятия. Расчет новых значений показателя  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_3)$  для третьей стратегии игрока проводится согласно формуле (13):

$$\begin{aligned} \text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_3) &= \cdot \\ &= \frac{\text{ПДВ}_{\text{апп}} + \text{ТПЗ}_k - \text{ТПЗ}_k * 0,041}{\text{НП}_k} \end{aligned} \quad (13)$$

где  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_3)$  – скорректированный показатель отношения суммы текущих затрат на природоохранную деятельность и платежей за сверхнормативные и допустимые выбросы к налогооблагаемой прибыли в 2020 году при реализации нового природоохранного подхода к планированию эффективности производственно-хозяйственной природоохранной деятельности предприятия;  $\text{ПДВ}_{\text{апп}}$  – скорректированный показатель платы за предельно допустимые выбросы, полученный путем построения уравнения регрессии, млн руб.

$$\begin{aligned} \text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_3) &= \cdot \\ &= \frac{98,53 * 0,959 + 5,23}{1250} = 7,977\% \end{aligned}$$

<sup>3</sup> Кузина Е.Л., Дроздов Н.А., Кравченко Д.В., Слепцова О.С. Стратегия роста эколого-экономической эффективности на железнодорожном транспорте // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2016. № 2 (69). С. 20–24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25423332> (дата обращения: 12.03.2019).

Используя формулу (13), может быть получено новое значение показателя  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k$  для первой и второй стратегий игрока при различных реакциях природы  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ . Реакции природы отличаются различным вероятностным характером ее поведения: при реализации второй стратегии неопределенность поведения природы составляет  $p_2 = 15\%$ , при реализации третьей –  $p_3 = 30\%$ . Таким образом, предложенная модель позволяет смоделировать три сценария развития событий, для различных степеней вероятностей. В случае реализации первой стратегии необходимо рассматривать все три варианта поведения природы, в случае реализации второй стратегии только варианты поведения природы  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , в случае реализации третьей стратегии, природоохранной – только  $\Pi_3$ . Такое распределение рисков отражает степень инноваций в управлении – наиболее инновационная стратегия поведения сопряжена с высоким риском. Для удобства представления данных  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_1) = \alpha_1$ , а  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_2) = \alpha_2$ , а  $\text{Коэф}_{\text{отн}}(2020)_k(C_3) = \alpha_3$ . Эти коэффициенты внесены в табл. 3 и игра представлена в матричной форме.

#### Расчет коэффициентов в игре с «природой»

#### Calculation of coefficients in the game with nature

|                  |       | Поведение природы |                                                                        |                                                                        |
|------------------|-------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                  |       | $\Pi_1$ (0%)      | $\Pi_2$ (15%)                                                          | $\Pi_3$ (30%)                                                          |
| Стратегии игрока | $C_1$ | $\alpha_1$        | $1 - (\alpha_1 \times (1 + p_2))$<br>$1 - (\alpha_1 \times (1 - p_2))$ | $1 - (\alpha_1 \times (1 + p_3))$<br>$1 - (\alpha_1 \times (1 - p_3))$ |
|                  | $C_2$ | –                 | $1 - (\alpha_2 \times (1 + p_2))$<br>$1 - (\alpha_2 \times (1 - p_2))$ | $1 - (\alpha_2 \times (1 + p_3))$<br>$1 - (\alpha_2 \times (1 - p_3))$ |
|                  | $C_3$ | –                 | –                                                                      | $1 - (\alpha_3 \times (1 + p_3))$<br>$1 - (\alpha_3 \times (1 - p_3))$ |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Рассчитаем необходимые значения выигрышей игрока, используя предложенные значения вероятностных параметров, согласно формуле (14):

$$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 = \begin{cases} a_1 \times (1 + p_2) = 12,88\% \\ a_1 \times (1 + p_3) = 14,56\% \\ a_2 \times (1 + p_2) = 12,24\% \\ a_2 \times (1 + p_3) = 13,84\% \\ a_3 \times (1 + p_3) = 10,37\% \end{cases} \quad (14)$$

Получив все необходимые данные, заполним игровую матрицу конкретными значениями в табл. 4. Необходимо заполнять матрицу для случаев с отклонениями поведения природы в обе стороны. В связи с тем, что в случае игры наиболее высокая полезность означает меньший результат, внесем данные с отрицательными значениями.

Используем приведенные выше критерии для выбора предпочтительной стратегии для игрока, применив формулы (1), (2) и (3) к данным табл. 4. Представим систематизированные данные в табл. 5.

Таким образом, критерии максимакса, Вальда и Лапласа оценивают стратегию С3 как наиболее предпочтительную. Стратегия планирования ор-

ганизационно-технических природоохранных мероприятий математически выигрывает перед консервативной стратегией, при которой предприятие не рассматривает любое организационно-техническое мероприятие как природоохранное, а действует по принципу «есть нарушение – есть оплата» [19].

Для определения предпочтительной стратегии при помощи обобщенного критерия оптимизма-пессимизма Гурвица можно рассчитать  $s_i$ , при этом обозначим, что склонность к оптимизму и пессимизму у игрока одинакова и равна 0,5. Тогда:

Таблица 4

#### Платежная матрица игры предприятия железнодорожного транспорта – игрока и государственных органов, представляющих общественные интересы – «природы»

Table 4

#### Payment matrix of the game of the player – the railway transport enterprise and public authorities which represent interests of society

|                  |       | Поведение природы |         |         |
|------------------|-------|-------------------|---------|---------|
|                  |       | $\Pi_1$           | $\Pi_2$ | $\Pi_3$ |
| Стратегии игрока | $C_1$ | -11,20            | -12,88  | -14,56  |
|                  | $C_2$ | –                 | -12,24  | -13,84  |
|                  | $C_3$ | –                 | –       | -10,37  |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Таблица 5

## Оценка стратегий игрока критериями максимакса, Вальда, Лапласа

Table 5

## Assessment of the player strategies by maximax, Wald and Laplace criterions

|                            |                | Поведение природы |                |                | Критерий максимакса | Критерий Вальда | Критерий Лапласа |
|----------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|------------------|
|                            |                | П <sub>1</sub>    | П <sub>2</sub> | П <sub>3</sub> |                     |                 |                  |
| Стратегии игрока           | C <sub>1</sub> | -11,20            | -12,88         | -14,56         | -11,20              | -14,56          | -12,88           |
|                            | C <sub>2</sub> | -                 | -12,24         | -13,84         | -12,24              | -13,84          | -13,307          |
|                            | C <sub>3</sub> | -                 | -              | -10,37         | -10,37              | -10,37          | -10,37           |
| Предпочтительная стратегия |                |                   |                |                | C <sub>3</sub>      | C <sub>3</sub>  | C <sub>3</sub>   |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

$$\begin{cases} C_1 = 0,5 * (-14,56) + (1 - 0,5) * (-11,20) = -12,88 \\ C_2 = 0,5 * (-13,84) + (1 - 0,5) * (-12,24) = -13,04 \\ C_3 = 0,5 * (-10,37) + (1 - 0,5) * (-10,37) = -10,37 \end{cases}$$

Для расчета обобщенного критерия Гурвица вводится допущение, представленное в формуле (15).

$$\lambda_1 = 1 - \lambda, \lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_{n-1} = 0, \lambda_n = \lambda,$$

где  $0 \leq \lambda \leq 1$ .

1. При подходе пессимиста  $\lambda_1$  выбирается из условия невозрастания среднего:

$$\lambda_1 = \frac{b_1}{b_1 + b_3} = \frac{-38,77}{-38,77 - 33,81} = 0,534$$

$$\begin{cases} G_1 = 0,534 * (-14,56) + (1 - 0,534) * (-11,20) = -12,995 \\ G_2 = 0,534 * (-13,84) + (1 - 0,534) * (-12,24) = -13,095 \\ G_3 = 0,534 * (-10,37) + (1 - 0,534) * (-10,37) = -10,37 \end{cases}$$

2. При подходе оптимиста  $\lambda_2$  выбирается из условия неубывания среднего:

$$\lambda_2 = \frac{b_3}{b_1 + b_3} = \frac{-33,81}{-38,77 - 33,81} = 0,466$$

$$\begin{cases} G_1 = 0,466 * (-14,56) + (1 - 0,466) * (-11,20) = -12,765; \\ G_2 = 0,466 * (-13,84) + (1 - 0,466) * (-12,24) = -12,985 \\ G_3 = 0,466 * (-10,37) + (1 - 0,466) * (-10,37) = -10,37 \end{cases}$$

Полученные данные представлены в табл. 6.

Полученная модель математически доказывает, что повышение эколого-экономической эффективности работы предприятия есть процесс изменений, в результате которого должны учитываться

интересы общества и приниматься экологически безопасные управленческие решения. Более того, в сложившейся ситуации модель показывает, что никакие другие решения, кроме природоохранных, не принесут пользы – и предприятие и общество останутся в проигрыше.

Исходя из данной игровой модели, можно выделить ряд составляющих, которые влияют на отдельное управленческое решение предприятия при планировании. Это, прежде всего, значения ущербов окружающей среде вследствие прини-

маемого управленческого решения до и после его реализации, капитальные и эксплуатационные затраты на мероприятие, природоохранные платежи, а также риски.

Графически разность ущербов до и после реализации того или иного планируемого мероприятия представляет собой разность  $S_1 - S_2 = \Delta S$ . По оси ординат (Y) расположены значения функций уровня наносимого вреда окружающей среде, по оси абсцисс (X) – временные периоды, в течение которых наносится ущерб.  $S_1$  – величина постоянная, и не меняется после реализации планируемых организационно-технических мероприятий, так как она была фиксирована в

<sup>5</sup> Тагильцева Ю.А., Кузина Е.Л., Василенко М.А., Дроздов Н.А. Совершенствование механизма принятия управленческих природоохранных решений // Качество. Инновации. Образование. 2017. № 9 (148). С. 51–59. URL: [http://quality-journal.ru/wp-content/uploads/2017/12/Quality.Innovation.Education\\_9-2017-contents.pdf](http://quality-journal.ru/wp-content/uploads/2017/12/Quality.Innovation.Education_9-2017-contents.pdf) (дата обращения: 12.03.2019).

Таблица 6

## Оценка стратегий игрока критерием Гурвица

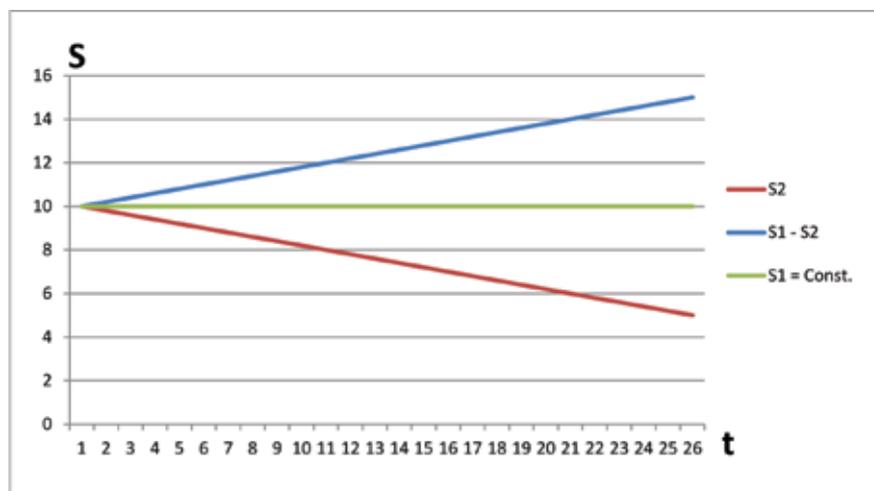
Table 6

## Assessment of the player strategies by Hurwitz criterion

|                            |       | «Поведение природы» |         |         | Критерий Гурвица | Обобщенный критерий Гурвица |                  |
|----------------------------|-------|---------------------|---------|---------|------------------|-----------------------------|------------------|
|                            |       | $\Pi_1$             | $\Pi_2$ | $\Pi_3$ |                  | Подход пессимиста           | Подход оптимиста |
| Стратегии игрока           | $C_1$ | -11,20              | -12,88  | -14,56  | -12,88           | -12,995                     | -12,765          |
|                            | $C_2$ | -                   | -12,24  | -13,84  | -13,04           | -13,095                     | -12,985          |
|                            | $C_3$ | -                   | -       | -10,37  | -10,37           | -10,37                      | -10,37           |
| Предпочтительная стратегия |       |                     |         |         | $C_3$            | $C_3$                       |                  |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.



Разработано авторами.

Рис. 5. Графическая интерпретация разности ущербов до и после реализации планируемых природоохранных организационно-технических мероприятий

Developed by the authors.

Fig. 5. Graphical interpretation of the difference between damages before and after of planned environmental organizational and technical action implementations

предыдущем моменте времени.  $S_2$  – функция убывающая в случае, если планируемое мероприятие природоохранное и уменьшает ущерб, и возрастающая, если планируемое мероприятие не носит природоохранной характер [20]. Данные графики функций ущерба окружающей среде представлены на рис. 5.

Таким образом, из графика на рис. 5 видно, что  $\Delta S \rightarrow \min$  при  $S_2 \rightarrow \min$ ;  $\Delta S \rightarrow \max$  при  $S_2 \rightarrow \max$ . Построим аналогичные графики для типов затрат и платежей за природопользование.

Затраты при планировании организационно-технических мероприятий делятся на капитальные и эксплуатационные. Сроки капитальных вложений и эксплуатационных затрат зависят от конкретного

организационно-технического мероприятия, бюджета организации, финансового планирования и других факторов [21]. Динамика платы за негативное воздействие на окружающую среду при этом должна быть отрицательной, то есть объем экологических платежей должен сокращаться. Пусть  $P$  – объем природоохранных платежей, которые уплачивает предприятие в течение срока реализации того или иного организационно-технического мероприятия. Если планируемое мероприятие носит природоохранной характер, то природоохранные платежи снижаются на первом этапе, затем по мере реализации мероприятия либо остаются неизменными, либо снижаются при дополнительных капитальных вложениях в мероприятие [22]. Обозначим за переменную  $t$  время реализации плани-

руемого мероприятия,  $K$  – капитальные вложения в планируемое мероприятие. Таким образом, в долгосрочной перспективе согласно формуле (15) имеем:

$$\begin{cases} P \rightarrow \min \text{ при } t \rightarrow \infty \text{ если } K \rightarrow \min \\ P \rightarrow \text{Const. при } t \rightarrow \infty \text{ если } K \rightarrow \text{Const. или } K \rightarrow \min \end{cases}$$

Риски в планировании организационно-технических мероприятий имеют вероятностную природу, следовательно, могут быть измерены как математическое ожидание наступления случайной величины<sup>6</sup>. В случае наступления риска происходит искажение ожидаемой величины. То есть затраты на мероприятие, разность ущербов или размер природоохранных платежей могут увеличиться. Предлагается использовать взвешенную оценку экспертов для выявления таких отклонений по каждому виду затрат. В таком случае расчет показателя риска будет вычисляться по общей формуле (16):

$$\sigma_R = R_i \times P_i \times w_i \quad (16)$$

где  $\sigma_R$  – взвешенный вероятностный показатель оценки риска;

$R_i$  – значение экспертной оценки рискового события с точки зрения воздействия на результат планирования;

$P_i$  – экспертная оценка вероятности наступления рискового события;

$w_i$  – показатель квалификации эксперта  $i$ .

На основании формулы (16) можно получить взвешенный вероятностный показатель риска для каждого компонента модели: ущербов окружающей среде или затрат. Формула (17) отражает значения реального ущерба окружающей среде после реализации планируемого мероприятия с учетом корректировки взвешенным вероятностным показателем риска.

$$S_{2\text{реал}} = S_{2\text{план}}(1 + \sigma) \quad (17)$$

где  $S_{2\text{реал}}$  – значение приведенного ущерба окружающей среде после реализации организационно-технического мероприятия, скорректированно с учетом экологического риска, руб.;

$S_{2\text{план}}$  – значение приведенного ущерба окружающей среде после реализации организационно-

технического мероприятия до корректировки с учетом экологического риска, руб.

Под экономическим эффектом, с точки зрения разрабатываемого подхода к планированию, понимается разность между ущербами, наносимыми окружающей среде предприятием после реализации хозяйственного мероприятия и до него, а также затратами на снижение этого ущерба.

Набор факторов, которые влияют на экономический эффект планирования, представлен двумя большими группами: экологической и экономической. Экологическая группа факторов включает в себя значения ущербов окружающей среде до и после реализации планируемого организационно-технического мероприятия<sup>7</sup>. Таким образом, обобщая все вышесказанное, представим эколого-экономический эффект как разность между его экологической и экономической составляющими, определяемый по формуле (18):

$$\mathcal{E}^{\text{эк}} = S_1 - S_{2(\text{реал})} - A - B - P \quad (18)$$

где  $\mathcal{E}^{\text{эк}}$  – показатель экономического эффекта от реализации планируемого организационно-технического мероприятия, руб.

$A$  – скорректированное значение объема капитальных вложений, руб.;

$B$  – скорректированное значение объема эксплуатационных затрат, руб.;

$P$  – скорректированное значение природоохранных платежей, руб.

Основной критерий, который используется для оценки эффективности планирования и позволяет однозначно ответить на главный вопрос: стоит ли включать в план конкретное организационно-техническое мероприятие или нет – критерий оценки экономической эффективности планируемого организационно-технического мероприятия. Он представлен на формуле (19):

$$K^{\text{эк}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{эк}}}{A + B + P}, \quad (19)$$

где  $K^{\text{эк}}$  – критерий оценки экономической эффективности планируемого организационно-технического мероприятия.

<sup>6</sup> Drozdov N., Tagiltseva Y., Kuzina E. The Railway Enterprises Activity Environmental and Economic Results Planning // 2017 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS). 2017. Volume 1. P. 1321-1325. Doi: <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2017.7910811> (in Eng.)

<sup>7</sup> Кадырбаев И.А. Теоретические вопросы исследования инвестиционного риска, основные признаки и классификация // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. № 3(27). С. 181-188. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.3.181.188>

Возникает вопрос, какое должно быть соотношение между  $S_1 - S_{2(\text{план})} \cdot (1 + \sigma)$  и затратами, чтобы планирование мероприятия в плане повышения эколого-экономической эффективности имело смысл. Планируемое решение будет эффективным, если  $S_1 - S_{2(\text{план})} \cdot (1 + \sigma) - (A + B + P) > 0$ . Это означает, что вред окружающей среде, наносимый действиями предприятия, ниже, чем доход компании. Очевидно, что такое соотношение возможно, когда  $S_1 - S_{2(\text{план})} \cdot (1 + \sigma) > (A + B + P)$ .

При использовании критерия эффективности необходимо проводить пропорциональную оценку между снижением ущерба и затратами предприятия [23]. Дело в том, что критерий оценки экономической эффективности может показывать ложноотрицательный результат эффективности. Это распространяется на случаи, при которых затраты на планируемое организационно-техническое мероприятие существенно выше, чем размер снижения ущерба окружающей среде, но сама разность между ущербами при этом неотрицательна. Помимо этого есть еще одно условие, которое позволяет проверить, является ли планируемое организационно-техническое мероприятие природоохранным или нет [24]. Размер природоохранных платежей, уплаченных по мероприятию, должен быть намного выше суммы капитальных и эксплуатационных затрат не его реализацию. Таким образом, выполняются три следующих условия:

- 1)  $S_1 - S_{2(\text{план})} \cdot (1 + \sigma) > 0$ ;
- 2)  $S_1 - S_{2(\text{план})} \cdot (1 + \sigma) < (A + B + P)$ ;
- 3)  $A + B \ll P$ .

В таком случае необходимо проводить дополнительный анализ мероприятия: измерять снижение значений сопряженного ущерба, причиняемого окружающей среде, оценивать социальный эффект и т.д.<sup>8</sup> Для этого целесообразно использовать не только количественные, но и качественные критерии оценки, которые используются в планировании сегодня [25]. В случае если выяснится, что планируемое мероприятие экологически безопасно и социально полезно, оно должно быть принято и включаться в план [26].

Количественная оценка эффективности планируемого организационно-технического мероприятия соответствует тому или иному уровню социо-экологической безопасности. Определение уров-

ня социо-экологической безопасности является важной частью качественной оценки результатов планирования [27]. Значения Кэк заносятся в план по каждому мероприятию. В табл. 7 отражены значения уровней социо-экологической безопасности планируемых мероприятий и описание этих уровней.

Весьма важным представляется вопрос о выборе конкретных мероприятий, которые необходимо включать в план, потому как в процессе планирования всегда существуют альтернативные варианты, количество которых иногда велико [28]. В качестве дополнительного критерия выбора мероприятий из двух или более альтернативных вариантов для включения в план одного из них можно воспользоваться фактором снижения сопряженного ущерба. Помимо этого, снижение сопряженного ущерба окружающей среде должно рассчитываться для каждого планируемого организационно-технического мероприятия<sup>9</sup>. На сегодняшний день существует методика определения сопряженного ущерба, которая рассчитывается по формуле (20):

$$C_y = \sum_{xy} (Y_{xy} + T_{xy} + Z_{xy} + I_{xy} + C_{xy} + B_{xy})$$

где  $C_y$  – сопряженный ущерб, нанесенный посредством негативного воздействия на окружающую среду, руб.;

$Y_{xy}$  – ущерб, нанесенный экономической деятельности на загрязненной территории, связанный с ограничением или невозможностью ее ведения, связанный с воздействием  $y$ -го негативного фактора  $x$ -го вида загрязнения, руб.;

$T_{xy}$  – трансакционные издержки, возникающие по причине воздействия  $y$ -го негативного фактора  $x$ -го вида загрязнения, руб.;

$Z_{xy}$  – затраты, понесенные обществом на превентивные природоохранные меры и устранение негативных последствий воздействия  $y$ -го негативного фактора  $x$ -го вида загрязнения, руб.;

$I_{xy}$  – затраты на научные экологические исследования, контроль загрязнений, их анализ и обнаружение по  $x$ -м загрязнениям и  $y$ -м факторам их проявлений, руб.;

<sup>8</sup> Сагинова О.В., Спиринов И.В., Завьялова Н.Б., Сидорчук Р.П. Методологические аспекты управления качеством транспортного обслуживания // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. № 2 (26). С. 28–37. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.2.28.37>

<sup>9</sup> Мишин Ю.В. Об основных принципах создания нормативной базы стратегического планирования инновационного развития российской экономики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. № 2 (30). С. 297–304. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2017.8.2.297-304>

Таблица 7

## Уровни социо-экологической безопасности планируемых организационно-технических мероприятий

Table 7

## Level of social and ecological safety of planned organizational and technical actions

| № п/п | Значение $K^{ЭК}$       | Уровень социо-экологической безопасности планирования | Описание уровня                                                                                                   | Рекомендации                                                                                                                                                                           |
|-------|-------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | $K^{ЭК} < 0$            | Отрицательный                                         | Планируемое организационно-техническое мероприятие уничтожает окружающую среду. Оно не может быть включено в план | Не может быть включено в план. Должно быть заменено на альтернативное                                                                                                                  |
| 2     | $0 < K^{ЭК} < = 0,25$   | Крайне низкий                                         | Планируемое организационно-техническое мероприятие имеет крайне низкую степень эффективности                      | Необходим кардинальный пересмотр состава планируемого организационно-технического мероприятия, его финансирования. Возможен отказ от мероприятия и его замена.                         |
| 3     | $0,25 < K^{ЭК} < = 0,5$ | Низкий                                                | Планируемое организационно-техническое мероприятие имеет низкую степень эффективности                             | Необходим пересмотр этапов реализации планируемого организационно-технического мероприятия и глубокий анализ альтернатив. Возможно изменения финансирования мероприятия или его замена |
| 4     | $0,5 < K^{ЭК} < = 0,75$ | Средний                                               | Планируемое организационно-техническое мероприятие имеет среднюю степень эффективности                            | По результатам консультаций с экспертами необходимо принятие решений касательно экологических и экономических аспектов планируемого организационно-технического мероприятия            |
| 5     | $K^{ЭК} > 0,75$         | Высокий                                               | Планируемое организационно-техническое мероприятие имеет высокую степень эффективности                            | В планируемое организационно-техническое мероприятие не вносятся существенных изменений, возможна незначительная корректировка системы финансирования или этапов реализации            |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

$C_{xy}$  – размер понесенного территорией экономического ущерба, связанный с проявлением различных внешних эффектов, руб.;

$B_{xy}$  – необходимые затраты предприятий-природопользователей на устранение  $x$ -го вида загрязнения, ими нанесенного, руб.

Оценка сопряженного ущерба, проявляющего себя в снижении трудоспособности людей, нарушении численности популяций животных, повышении заболеваемости и прочих факторах – вещь достаточно затруднительная, однако, по мнению авторов, необходимая в соответствии с экологической политикой железнодорожного транспорта Российской Федерации. Поэтому предлагается проводить оценку сопряженного ущерба, наноси-

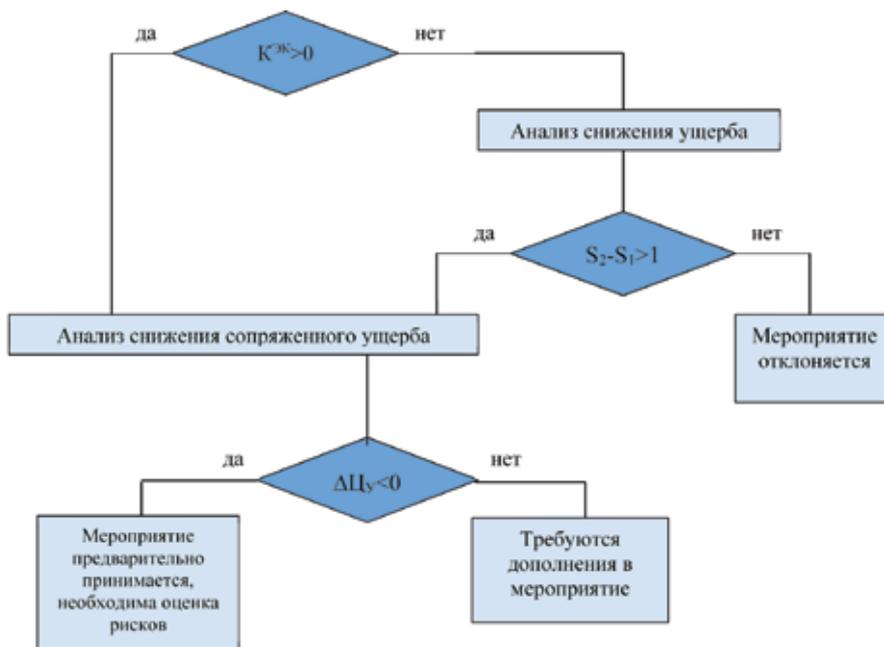
мого тем или иным организационно-техническим мероприятием<sup>10</sup>.

Таким образом, планируя то или иное организационно-техническое решение, необходимо учитывать не только его эффективность в момент планирования [29], но и в период его реализации<sup>11</sup>. При этом эффект от его реализации будет снижен в связи с неопределенностью будущего и возможными ошибками вследствие изменения качества управления системой природопользования на предприятии [30].

На основании разработанных показателей был предложен алгоритм принятия эколого-экономического управленческого решения, который представлен на рис. 6.

<sup>10</sup> Vasilenko, M.A., Drozdov, N.A., Kuzina, E.L., Tagiltseva, Y.A. Directions of Transport Development in Advanced Marketing // 2018 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). 2018. Volume 1. P. 172–176. Doi: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2018.8525106> (in Eng.)

<sup>11</sup> Ботавина Р.Н. Экологические аспекты «зеленой экономики» в системе экономического роста России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. № 4 (28). С. 142–147. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.4.142.147>



Разработано авторами.

Рис. 6. Алгоритм принятия эколого-экономического природоохранного решения о планировании организационно-технического мероприятия

Developed by the authors.

Fig. 6. The algorithm for making an ecological and economic environmental decision of an organizational and technical action planning

Оценка рисков производится по методике, приведенной в табл. 8.

В процессе реализации мероприятия некоторые условия могут измениться [31]. В таком случае необходимы корректировка мероприятия, переоцен-

ка рисков и принятие дополнительных мер по их минимизации. Такой подход позволит обеспечить обратную связь при реализации планируемых мероприятий, улучшить управляемость производственной системы [32, 33].

Таблица 8

Профили рисков планируемых мероприятий

Table 8

Risks profiles of planned actions

| Профили риска                    |                                                                               | Принятое решение                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Название                         | Описание                                                                      |                                                                                                                                                                                         |
| Критический риск (p или k > 50%) | Вероятность отклонения показателя или степень его отклонения превышают 50%    | Необходим кардинальный пересмотр состава планируемого организационно-технического мероприятия, его финансирования. Возможен отказ от мероприятия и его замена.                          |
| Высшая группа (p или k > 30%)    | Вероятность отклонения показателя или степень его отклонения превышают 30%    | Необходим пересмотр этапов реализации планируемого организационно-технического мероприятия и глубокий анализ альтернатив. Возможно изменения финансирования мероприятия или его замена. |
| Средняя группа (p или k > 15%)   | Вероятность отклонения показателя или степень его отклонения превышают 15%    | По результатам консультаций с экспертами необходимо принятие решений касательно экологических и экономических аспектов планируемого организационно-технического мероприятия             |
| Низкая группа (p или k ≤ 15%)    | Вероятность отклонения показателя или степень его отклонения не превышают 15% | В планируемое организационно-техническое мероприятие не вносятся существенных изменений, возможна незначительная корректировка системы финансирования или этапов реализации             |

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

## Выводы

В рамках представленного исследования была разработана эколого-экономическая игровая модель принятия управленческих решений, на основании которой строятся показатели оценки эколого-экономической эффективности этих решений. Математически доказано, что планирование экологически безопасных организационно-технических мероприятий не просто позволяет защитить общественные интересы в части экологической безопасности окружающей среды, но и обеспечить предприятию снижение непроизводительных потерь. Моделирование было проведено на основе статистических данных о природоохранной деятельности Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги». Авторами статьи также был предложен алгоритм принятия решения о включении потенциально организационно-технического мероприятия в план, построенный на основе критерия эколого-экономической эффективности, экспертной оценки риска, а также оценки снижения сопряженного ущерба окружающей среде.

Таким образом, разработанная методика оценки эффективности планируемых природоохранных мероприятий, а также предложенный авторами статьи критерий оценки могут быть применены в работе предприятий при планировании их природоохранной финансово-хозяйственной деятельности. Каждое планируемое организационно-техническое мероприятие, оцененное с применением критерия социо-эколого-экономической эффективности, будет обязательно и экономически эффективным, и экологически безопасным, и социально направленным, с целью удовлетворения взаимосвязанных интересов общества, природы и предприятий.

## Список литературы

1. *Kyriacou A.P., Muinelo-Gallo L., Roca-Sagalés O.* The efficiency of transport infrastructure investment and the role of government quality: An empirical analysis // *Transport Policy*. 2019. Volume 74. P. 93–102. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.017>
2. *Аксенова Е.Г.* Критерии эколого-экономической эффективности природоохранной деятельности в городских условиях // *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 4 (1). С. 14–24. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1062> (дата обращения: 16.03.2019)
3. *Гаврилова О.Ю., Васильев Е.П.* Эколого-экономическая эффективность использования природных ресурсов (на примере Красноярского края) // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2011. № 12. С. 50–56. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17240795> (дата обращения: 16.03.2019)
4. *Дильманова Э.С.* Эколого-экономическая эффективность инвестиционных проектов // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2014. № 1 (74). С. 177–183. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21971290> (дата обращения: 16.03.2019)
5. *Садовникова Н.П.* Оценка эколого-экономической эффективности планов территориального развития // *Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах»*. 2013. № 8 (111). С. 72–76. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19136494> (дата обращения: 16.03.2019)
6. *Хальфиев Р.Р., Магарил Е.Р.* Проблемные вопросы проведения эколого-экономической оценки эффективности инвестиционных проектов // *вестник УГТУ-УПИ. Серия: экономика и управление*. 2009. № 2. С. 81–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11780936> (дата обращения: 16.03.2019)
7. *Петрушенко Н.Н.* Особенности управления экологическими противоречиями в экономических системах // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика*. 2013. № 4. С. 37–44. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21322547> (дата обращения: 16.03.2019)
8. *Мельник Л.Г., Скоков С.А., Сотник И.Н.* Эколого-экономические основы ресурсосбережения: монография. Сумы: Универ. кн., 2006. 229 с. URL: <http://econ.fem.sumdu.edu.ua/ru/publications/monographs/325-ecological-and-economic-resource-base> (дата обращения: 16.03.2019)
9. *Жемчугов А.М., Жемчугов М.К.* Инновационный подход к сбалансированной системе показателей // *Российское предпринимательство*. 2010. № 6-2 (161). С. 86–90. URL: <https://creativeconomy.ru/lib/6196> (дата обращения: 16.03.2019)
10. *Нечаева С.Н., Малицкая В.Б.* Оценка факторов экономической эффективности на микроуровне // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика*. 2010. № 3. С. 83–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15509000> (дата обращения: 16.03.2019)
11. *Nash J.F.* Equilibrium Points in N-person Games // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1950. Volume 36. Issue 1. P. 48–49. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.36.1.48>
12. *Savvateev A.V.* Uni-dimensional models of coalition formation: non-existence of stable partitions // *Moscow Journal of Combinatorics and Number Theory*. 2012. Volume 2. Issue 4. P. 49–62. URL: <http://mjcnt.phystech.edu/en/article.php?id=52> (дата обращения: 16.03.2019)
13. *Величко О.Ю., Гробер Т.А.* Моделирование и анализ поведения игрока при многократно повторяющейся ситуации // *Молодой исследователь Дона*. 2017. № 3 (6). С. 103–108. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29441796> (дата обращения: 16.03.2019)

14. Клименко И.С., Плуталов М.А., Чеботарев Г.А. К формированию ранговой шкалы оптимизма критериев выбора решений в «Игре с природой» // Вестник российского нового университета. Серия: сложные системы: модели, анализ и управление. 2016. № 3. С. 19–23. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28839599> (дата обращения: 16.03.2019)
15. Самойленко Н.С., Мешечкин В.В. Математическое моделирование экономико-экологической системы региона с применением теории динамических игр с природой // Вестник Кемеровского государственного университета. 2013. № 4 (56). Т. 2. С. 63–70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21060400> (дата обращения: 16.03.2019)
16. Каменева С.А., Борискина И.П. Математическое моделирование в экономике // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2016. № 2. Т. 2. С. 25–29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26150159> (дата обращения: 16.03.2019)
17. Lucas J., Torregrosa J.R., Cortés J.C., Criado R. Mathematical modeling and computational methods // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2018. Volume 330. P. 661–665. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2017.10.015>
18. Кравченко Д.В. Экономико-математическое моделирование управления природоохранной стратегией на железнодорожном транспорте // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2015. № 12 (67). С. 108–112. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25064778> (дата обращения: 16.03.2019)
19. Mavrin V.G., Makarova I.V., Prikhodko A. Assessment of the influence of the noise level of road transport on the state of the environment // Transportation Research Procedia. 2018. Volume 36. P. 514–519. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.138>
20. Liu G.Y., Yang Z.F., Chen B., Zhang Y. Ecological network determination of sectoral linkages, utility relations and structural characteristics on urban ecological economic system // Ecological Modelling. 2011. Volume 222. P. 2825–2834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.04.034>
21. Marchetti D., Wanke P.F. Efficiency in rail transport: Evaluation of the main drivers through meta-analysis with resampling // Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2019. Volume 120. P. 83–100. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.12.005>
22. Otto A., Kellermann P., Thieken A.H., Costa M.M., Carmona M., Bubeck P. Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2019. Volume 33. P. 385–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.025>
23. Štefancová V., Nedeliaková E., López-Escolano C. Connection of Dynamic Quality Modeling and Total Service Management in Railway Transport Operation // Procedia Engineering. 2017. Volume 92. P. 834–839. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.144>
24. Malekpour S., Brown R.R., de Haan F.J. Disruptions in strategic infrastructure planning—What do they mean for sustainable development? // Environment and Planning C: Politics and Space. 2017. Volume 35. Issue 7. P. 1285–1303. DOI: <https://doi.org/10.1177/2399654417690735>
25. Barrientos F., Moral A., Rodríguez J., Martínez C., Campo F., Carnerero R., Parra M., Benítez J.M., Sainz G. Knowledge-based minimization of railway infrastructures environmental impact // Transportation Research Procedia. 2016. Volume 14. P. 840–849. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.032>
26. Skrucany T., Kendra M., Skorupa M., Grencik J., Figlus T. Comparison of Chosen Environmental Aspects in Individual Road Transport and Railway Passenger Transport // Procedia Engineering. 2017. Volume 192. P. 806–811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.139>
27. Nunes P., Pinheiro F., Brito M.C. The effects of environmental transport policies on the environment, economy and employment in Portugal // Journal of Cleaner Production. 2019. Volume 213. P. 428–439. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.166>
28. Razvadovskaya Y.V., Shevchenko I.K., Bogdanov D., Koretsky A.A. Modeling of parameters of clusters economic efficiency // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2016. Volume 6. Issue 3. P. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n3s4p173>
29. Abele E., Flum D., Strobel N. A Systematic Approach for Designing Learning Environments for Energy Efficiency in Industrial Production // Procedia Manufacturing. 2017. Volume 9. P. 9–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.001>
30. Лисина Н.Л. Правовые основы и значение планирования в области охраны окружающей среды // Юридическая наука. 2018. № 1. С. 136–143. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32854408> (дата обращения: 16.03.2019)
31. Медведева С.А. Экологический риск. Общие понятия, методы оценки // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1. С. 67–81. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27710322> (дата обращения: 16.03.2019)
32. Сальникова А.А. Оптимизация регионального эколого-экономического планирования с использованием анализа среды функционирования // Региональная экономика: теория и практика. 2017. № 10 (445). Т. 15. С. 1959–1974. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30115396> (дата обращения: 16.03.2019)
33. Литвинова О.И. Факторы эколого-экономической эффективности логистического менеджмента природоохранной деятельности промышленных предприятий // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-1 (47). С. 112–113. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.207>

Об авторах:

**Кузина Елена Леонидовна**, профессор кафедры, Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Институт пути, строительства и сооружений, кафедра «Менеджмент качества» (127994, Москва, Минаевский переулок, д. 2), Москва, Российская Федерация, доктор экономических наук, доцент, kuzina2008@yandex.ru

**Дроздов Никита Алексеевич**, преподаватель факультета среднего профессионального образования, Технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной технической университет» в г. Азове Ростовской области, факультет среднего профессионального образования (346780, Ростовская область, Азов, ул. Промышленная, д. 1), Азов, Российская Федерация, dharmaface@yandex.ru

#### Вклад соавторов:

Необходимо отметить особый вклад Е.Л. Кузиной в формирование идеи научной статьи и руководство ее написанием. Е.Л. Кузиной был проведен подбор литературы по теме исследования, заданы основные направления его развития, определены составляющие критерия эколого-экономического эффекта и эффективности, а также внесен вклад в редактирование элементов статьи на английском языке. Вклад Н.А. Дроздова заключается в том, что он провел статистический анализ эколого-экономических показателей деятельности Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги», построил экономико-математическую игровую модель взаимодействия интересов предприятий и общественной безопасности, предложил методику корректировки критерия эколого-экономической эффективности с учетом статистического риска, оцененного экспертными методами, а также разработал алгоритм планирования организационно-технических мероприятий.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

#### References

1. Kyriacou A.P., Muinelo-Gallo L., Roca-Sagalés O. The efficiency of transport infrastructure investment and the role of government quality: An empirical analysis. *Transport Policy*. 2019; (6):93–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.017> (in Eng.)
2. Aksenova E.G. Criteria for environmental and economic efficiency of environmental activities in urban environments. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Journal of Don*. 2014; 4(1):14–24 (in Russ.)
3. Gavrilova O. Yu., Vasilyev E.P. Ecological and economic efficiency of the natural resource use (on the example of Krasnoyarsk region). *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = The bulletin of KRASGAU*. 2011; (12):50–56 (in Russ.)
4. Dilmanova E.S. Ecological and economic efficiency of investment projects. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik Saratov State Technical University*. 2014; 1(74):177–183 (in Russ.)
5. Sadovnikova N.P. Environmental and cost-effectiveness analysis of urban development projects. *Izvestiya VolgGTU = Izvestia VSTU*. 2013; 8(111):72–76 (in Russ.)
6. Khalphiev R.R., Magaril E.R. Problem issues of conducting ecological-economic assesment of efficiency of investment projects. *Vestnik UGTU-UPI. Seriya: Ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*. 2009; (2):81–88 (in Russ.)
7. Petrushenko N.N. Features of the environmental contradiction management in economic systems. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika = The Bulletin of Adyghe State University. Seria 5: Economics*. 2013; (4):37–44 (in Russ.)
8. Mel'nik L.G., Skokov S.A., Sotnik I.N. Ecological and economic foundations of resource conservation. Monograph. Sumy: Univer. kn.; 2006, 229 p. (in Russ.)
9. Zhemchugov A.M., Zhemchugov M.K. Innovative Approach to Balanced Scorecard. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*. 2010; 6-2(161):86–90 (in Russ.)
10. Nechaeva S.N., Maliitskaya V.B. Assessment of cost-effectiveness factors at the micro level. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika = The Bulletin of Adyghe State University. Seria 5: Economics*. 2010; (3):83–88 (in Russ.)
11. Nash J.F. Equilibrium Points in N-person Games. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1950; 36(1):48–49. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.36.1.48> (in Eng.)
12. Savvateev A.V. Uni-dimensional models of coalition formation: non-existence of stable aritions. *Moscow Journal of Combinatorics and Number Theory*. 2012; 2(4):49–62 (in Eng.)
13. Velichko O.Y., Grober T.A. Modeling and analysis of players" behavior in repeated situations. *Molodoi issledovatel' Dona = Young researcher of Don*. 2017; 3(6):103–108 (in Russ.)
14. Klimenko I.S., Plutalov M.A., Chebotarev G.A. To the formation of rank scale of criterions optimism for selection of solutions in the «Game with nature». *Vestnik Rossiiskogo Novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie = Vestnik of Russian New University. Seria: Complex systems: models, analysis, management*. 2016; (3):19–23 (in Russ.)
15. Samoylenko N. S., Meshechkin V.V. Mathematical modeling of the regional economic-ecological system using the theory of dynamical games with nature. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Kemerovo State University*. 2013; 4(2):63–70 (in Russ.)
16. Kameneva S.A., Boriskina I.P. Matematical models in economy. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva = Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatishchev*. 2016; 2(2):25–29 (in Russ.)
17. Lucas J., Torregrosa J.R., Cortés J.C., Criado R. Mathematical modeling and computational methods. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2018; (330):661–665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2017.10.015> (in Eng.)

18. Kravchenko D.V. Economic and mathematical modeling of environmental management strategy for railway transport. *Nauka i obrazovanie: khozyaistvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie = Science and education: economy and economics; entrepreneurship; law and management*. 2015; 12(67):108–112 (in Russ.)
19. Mavrin V.G., Makarova I.V., Prikhodko A. Assessment of the influence of the noise level of road transport on the state of the environment. *Transportation Research Procedia*. 2018; (36):514–519. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.138> (in Eng.)
20. Liu G.Y., Yang Z.F., Chen B., Zhang Y. Ecological network determination of sectoral linkages, utility relations and structural characteristics on urban ecological economic system. *Ecological Modelling*. 2011; (222):2825–2834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.04.034> (in Eng.)
21. Marchetti D., Wanke P.F. Efficiency in rail transport: Evaluation of the main drivers through meta-analysis with resampling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019; (120):83–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.12.005> (in Eng.)
22. Otto A., Kellermann P., Thieken A.H., Costa M.M., Carmona M., Bubeck P. Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2019; (33):385–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.025> (in Eng.)
23. Štencanová V., Nedeliaková E., López-Escolano C. Connection of Dynamic Quality Modeling and Total Service Management in Railway Transport Operation. *Procedia Engineering*. 2017; (92):834–839. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.144> (in Eng.)
24. Malekpour S., Brown R.R., de Haan F.J. Disruptions in strategic infrastructure planning—What do they mean for sustainable development? *Environment and Planning C: Politics and Space*. 2017; 35(7):1285–1303. DOI: <https://doi.org/10.1177/2399654417690735> (in Eng.)
25. Barrientos F., Moral A., Rodríguez J., Martínez C., Campo F., Carnerero R., Parra M., Benitez J.M., Sainz G. Knowledge-based minimization of railway infrastructures environmental impact. *Transportation Research Procedia*. 2016; (14):840–849. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.032> (in Eng.)
26. Skrucany T., Kendra M., Skorupa M., Grecik J., Figlus T. Comparison of Chosen Environmental Aspects in Individual Road Transport and Railway Passenger Transport. *Procedia Engineering*. 2017; (192):806–811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.139> (in Eng.)
27. Nunes P., Pinheiro F., Brito M.C. The effects of environmental transport policies on the environment, economy and employment in Portugal. *Journal of Cleaner Production*. 2019; (213):428–439. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.166> (in Eng.)
28. Razvadovskaya Y.V. Shevchenko I.K., Bogdanov D., Koretsky A.A. Modeling of parameters of clusters economic efficiency. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2016; 6(3):173–179. DOI: <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n3s4p173> (in Eng.)
29. Abele E., Flum D., Strobel N. A Systematic Approach for Designing Learning Environments for Energy Efficiency in Industrial Production. *Procedia Manufacturing*. 2017; (9):9–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.001> (in Eng.)
30. Lisina N.L. Legal basis and importance of environmental planning. *Yuridicheskaya nauka = Legal Science*. 2018; (1):136–143 (in Russ.)
31. Medvedeva S.A. Environmental risk. General concepts and assessment methods. XXI vek. *Tekhnosfermaya bezopasnost' = Technosphere Safety*. XXI Century. 2016; (1):67–81 (in Russ.)
32. Sal'nikova A.A. Optimizing regional ecological-and-economic planning using a data envelopment analysis. *Regional Economics: Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*. 2017; 10 (15):1959–1974 (in Russ.)
33. Litvinova O.I. Factors environmental and economic efficiency of logistics management of environmental activities of industrial enterprises. *International research journal*. 2016; 5-1(47):112–113. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.207> (in Russ.)

*About the authors:*

**Elena L. Kuzina**, Professor of Quality management, Federal State Self-funded Educational Institution of Higher Education «Russian transport university», Institute of Track, Construction and Structures (2, Minaevskiy lane, Moscow, 127994), Moscow, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, [kuzina2008@yandex.ru](mailto:kuzina2008@yandex.ru)

**Nikita A. Drozdov**, Teacher, Technological institute (branch) of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Don State technical university» in the city of Azov of Rostov region (1, Promyshlennaya st., Azov, Rostov region, Russian Federation, 346780), Secondary professional education faculty, Azov, Russian Federation, [dharmaface@yandex.ru](mailto:dharmaface@yandex.ru)

**Contribution of co-authors:**

It is necessary to note the special contribution of Elena L. Kuzina in the scientific article idea formation and scientific supervision. Elena L. Kuzina has realized selection of scientific theme references, set the main directions of the research development, defined components of the developed indicator and criterion of ecological and economic effect and efficiency. Also Elena L. Kuzina has contributed to the editing of article elements in English. Nikita A. Drozdov has analyzed statistical ecological and economic indicators of activity of North Caucasus Railway – branch of JSCo «Russian Railways», implemented the economic and mathematical game model of interaction of enterprises and public safety interests, suggested methods of correction of the statistical risk-adjusted ecological and economic efficiency criterion which is assessed by experts. Also Nikita A. Drozdov has developed the algorithm of planning of organizational and technical actions.

*All authors have read and approved the final manuscript.*