МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL METHODS OF ECONOMICS

DOI: 10.18287/2542-0461-2022-13-4-116-126

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 331.464

Дата поступления: 29.08.2022
рецензирования: 08.10.2022
принятия: 06.12.2022

Разработка экономико-математической модели распределения затрат на предупредительные мероприятия для предприятия нефтегазовой отрасли Российской Федерации

Е.П. Ростова
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6432-6590

А.А. Зиновьева
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
E-mail: lyonchik2411@yandex.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8759-7361

Аннотация: Нефтегазовая отрасль занимает значительное место в экономике Российской Федерации – ее доля в ВВП в 2021 году составила 17,4 %. Безаварийная работа предприятий нефтегазовой промышленности позволяет стабильно развиваться данной отрасли в частности и экономике государства в целом. Добыча полезных ископаемых сопряжена со многими рисками – общими, присущими любому экономическому субъекту, и частными, отражающими специфику отрасли. К общим рискам можно отнести рыночные, валютные, природные, политические и другие. Риски, присущие нефтегазовому сектору, связаны с особенностями производственного процесса, высокой долей работников, занятых на производстве с вредными факторами, авариями и пострадавшими работниками, вредными выбросами. Объектом исследования является ПАО «Газпром» – крупнейший поставщик газа в Российской Федерации. В статье рассмотрены такие показатели риска, как количество аварий, число пострадавших в результате аварий на производстве, объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. Данные показатели проанализированы за период с 2011 по 2021 год. Выявлена убывающая тенденция данных показателей риска, сопровождающаяся колебаниями. Проанализированы также затраты на мероприятия по снижению риска: затраты на промышленную безопасность, затраты на охрану труда, затраты на охрану окружающей среды для ПАО «Газпром» за период с 2011 по 2021 год. Затраты, в отличие от рассмотренных показателей риска, не имеют определенной тенденции. Разработана модель взаимосвязи между объемом производства, показателями риска и затратами на снижение риска. На основе разработанной модели сформулирована задача минимизации суммарных затрат при нормативных ограничениях на показатели риска. Разработаны отдельные функции, отражающие связь между количеством аварий и затратами на промышленную безопасность, числом пострадавших от аварий и затратами на охрану труда, сбросом сточных вод и затратами на охрану окружающей среды. Представленные модели могут быть использованы специалистами ПАО «Газпром» при формировании стратегии управления рисками, а также риск-менеджерами других предприятия нефтегазового сектора после корректировки параметров моделей с учетом специфики отдельного предприятия.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль; риск; производственный травматизм; аварии; затраты на снижение риска; производственная безопасность; математическое моделирование; статистические данные.
Цитирование. Ростова Е.П., Зиновьева А.А. Разработка экономико-математической модели распределения затрат на предупредительные мероприятия для предприятия нефтегазовой отрасли Российской Федерации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13, № 4. С. 116–126. DOI: http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-4-116-126.
Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Ростова Е.П., Зиновьева А.А., 2022
Елена Павловна Ростова – доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.
Алена Андреевна Зиновьева – магистрант, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 29.08.2022
Revised: 08.10.2022
Accepted: 06.12.2022

Development of an economic and mathematical model of cost allocation for preventive measures for oil and gas industry of the Russian Federation

E.P. Rostova
Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: el_rostova@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6432-6590
A.A. Zinovieva
Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: lyonchik2411@yandex.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8759-7361

Abstract: Oil and gas industry occupies a significant place in the economy of the Russian Federation – its share in GDP in 2021 was 17.4 %. The trouble-free operation of oil and gas industry enterprises allows the stable development of this industry in particular and the economy of the state as a whole. Mining is associated with many risks – general, inherent in any economic entity, and private, reflecting the specifics of the industry. Common risks include market, currency, natural, political and others. The risks inherent in the oil and gas sector are associated with the peculiarities of the production process, a high proportion of workers employed in production with harmful factors, accidents and injured workers, and harmful emissions. The object of the study is PJSC «Gazprom», the largest gas supplier in the Russian Federation. The article considers such risk indicators as the number of accidents, the number of victims of industrial accidents, the volume of wastewater discharge into surface water bodies. These indicators are analyzed for the period from 2011 to 2021. A decreasing trend of these risk indicators, accompanied by fluctuations, is revealed. The cost of risk reduction measures was also analyzed: the cost of industrial safety, the cost of labor protection, the cost of environmental protection for PJSC «Gazprom» for the period from 2011 to 2021. Costs, in contrast to the considered risk indicators, do not have a definite trend. A model of the relationship between production volume, risk indicators and risk reduction costs has been developed. On the basis of the developed model, the problem of minimizing the total costs under regulatory restrictions on risk indicators is formulated. Separate functions have been developed that reflect the relationship between the number of accidents and the cost of industrial safety, the number of victims of accidents and the cost of labor protection, wastewater discharge and environmental protection costs. The presented models can be used by specialists of PJSC «Gazprom» when developing a risk management strategy, as well as by risk managers of other oil and gas enterprises after adjusting the parameters of the models taking into account the specifics of an individual enterprise.
Key words: oil and gas industry; risk; industrial injuries; accidents; risk reduction costs; industrial safety; mathematical modeling; statistical data.
Citation. Rostova E.P., Zinovieva A.A. Development of an economic and mathematical model of cost allocation for preventive measures for oil and gas industry of the Russian Federation. *Vestnik Samarskogo universiteta.*

Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management, 2022, vol. 13, no. 4. pp. 116–126. DOI: http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-4-116-126. (In Russ.)
Information on the conflict of interest: authors declares no conflict of interest.

© Rostova E.P., Zinovieva A.A., 2022
Elena P. Rostova – Doctor of Economics, professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Alena A. Zinovieva – Master's degree student, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Промышленный риск является многогранным понятием и включает в себя элементы экологической безопасности, производственного травматизма, безопасности труда, аварийности и т. д. Каждый отдельный аспект промышленного риска должен оцениваться отдельно с учетом его специфики, факторов, причин, сфер возникновения и возможных последствий. При оценке экологического риска оценить ущерб довольно сложно по причине отсутствия полного перечня пострадавших объектов и их ущерба. Исследователи сравнивают подобный вид ущерба с айсбергом, у которого в момент поставарийной оценки видна верхняя часть, а со временем может проявиться скрытая область: экологические последствия от техногенных аварий характеризуются значительным вредом окружающей среде, который проявляется со временем и не всегда очевиден сразу после аварии. Аналогична ситуация с вредом, причиненным жизни и здоровью граждан, среди которых могут быть работники предприятий и третьи лица, пострадавшие во время аварий на промышленных предприятиях. Оценить вред, нанесенный здоровью, сложно по причине невозможности предсказать будущие осложнения, которые может вызвать нанесенная травма или полученное профессиональное заболевание. Аварийность на предприятиях промышленного комплекса относится к системным рискам и довольно хорошо изучена. Осуществить прогноз количества аварий и инцидентов, а также нештатных ситуаций, приводящих к ущербу, возможно на основании статистических данных каждого из предприятий и отрасли в целом.

Вопросу изучения промышленных рисков, аварийности, безопасности труда и т. д. посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей. Можно отметить фундаментальные исследования Качалова Р.М., посвященные хозяйственному риску предприятий [1–4], Бадаловой А.Г. [5–9], анализирующие риски промышленных предприятий и производственных систем. Работы этих авторов рассматривают промышленный риск с точки зрения риск-менеджмента, систематизируют подходы к управлению риском, классифицируют его. Среди иностранных авторов, изучающих риски экономических систем, Knight F.H. [10], Thomas R.D., Berkeley D, Humphreys P.C. [11], Damodaran A. [12]. В работах данных авторов риск рассматривается как неотъемлемая часть деятельности любой организации и предприятия.

Научные работы, изучающие специфические риски, присущие отдельным предприятиям и отраслям, позволяют выявить особенности производственного процесса и оценить отдельные риски более точно. Авторы изучают специфику логистических цепей поставок автомобильных шин [13], риски развития топливно-энергетического комплекса [14–16], аграрных предприятий [17; 18] и т. д. Каждая отдельная отрасль характеризуется общими рисками, присущими всем экономическим системам, предприятиям определенного государства, отрасли и рисками, присущими конкретному предприятию. Формирование эффективной системы управления рисками должно учитывать различные рисковые события, возникающие по причине внешних и внутренних факторов, обусловленных разнообразными причинами и сферой возникновения.

Предприятия нефтегазового сектора в РФ занимают важное место в экономике государства: вклад данного сектора в ВВВ составил в 2021 году 17,4 % [19]. Безаварийная работа предприятий нефтегазового комплекса позволяет обеспечить стабильное развитие данной отрасли. Риски, с которыми сталкивается данный сектор экономики, сопутствуют всем промышленным предприятиям. Однако моделирование зависимостей на основании ретроспективных данных для отдельных предприятий,

позволяет учесть их особенности и сформировать более точную и эффективную систему управления рисками.

Объектом исследования является ПАО «Газпром» как одно из крупнейших предприятий нефтегазового комплекса РФ: на долю данной компании приходится 68 % российского объема добычи газа [20]. Добыча полезных ископаемых сопряжена с опасностью нанесения вреда окружающей среде, с вредными производственными факторами, работой в суровых погодных условиях и т. д. Снижение аварийности и производственного травматизма, повышение уровня безопасности труда работников предприятия, проведение предупредительных мероприятий должны составлять единую систему управления рисками и основываться на эффективном распределении ресурсов.

Ход исследования

Рассмотрим статистические данные ПАО «Газпром», характеризующие число аварий, количество пострадавших в результате несчастного случая на предприятии. За рассматриваемый период с 2011 по 2021 год наблюдается тренд к снижению данных показателей, но сопровождающийся колебаниями, что усложняет моделирование и прогнозирование числа аварий и количества пострадавших (рисунки 1, 2).

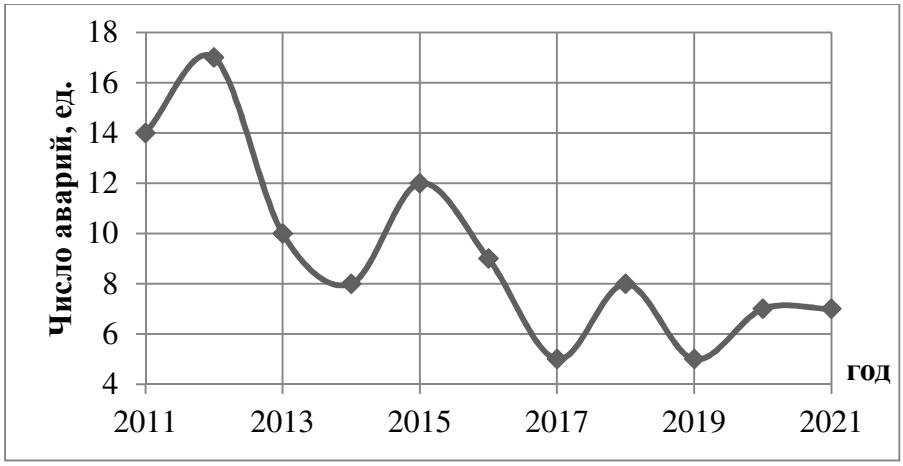

Рисунок 1 – Динамика числа аварий для ПАО «Газпром»
Figure 1 – Dynamics of the number of accidents for PJSC «Gazprom»

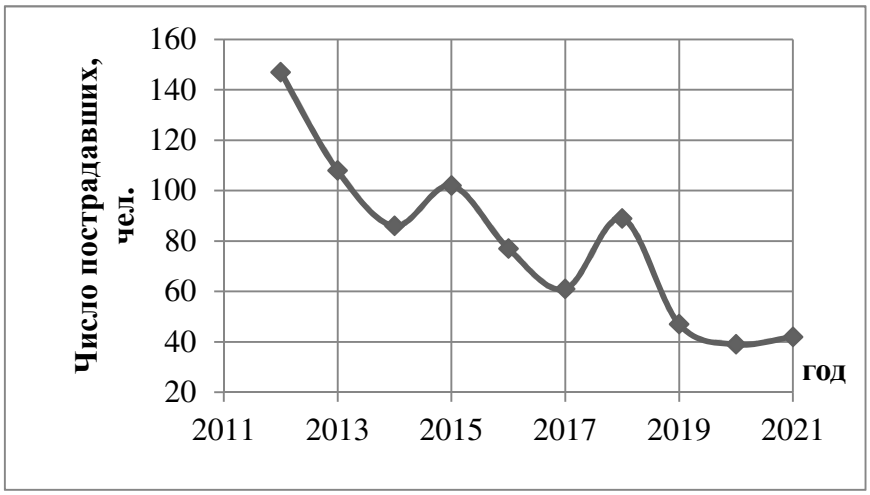

Рисунок 2 – Число пострадавших для ПАО «Газпром»
Figure 2 – Number of victims for PJSC «Gazprom»

Отметим, что в 2020 и 2021 годах колебания исследуемых показателей приостановились, что может быть связано с пандемией и изменением режима производства.

Помимо показателей аварийности и пострадавших работников предприятий, деятельность промышленного комплекса сопровождается выбросом вредных веществ в атмосферу и в водные объекты. Рассмотрим динамику показателей, характеризующих объем сброса сточных вод за период с 2011 по 2021 год (рисунок 3).

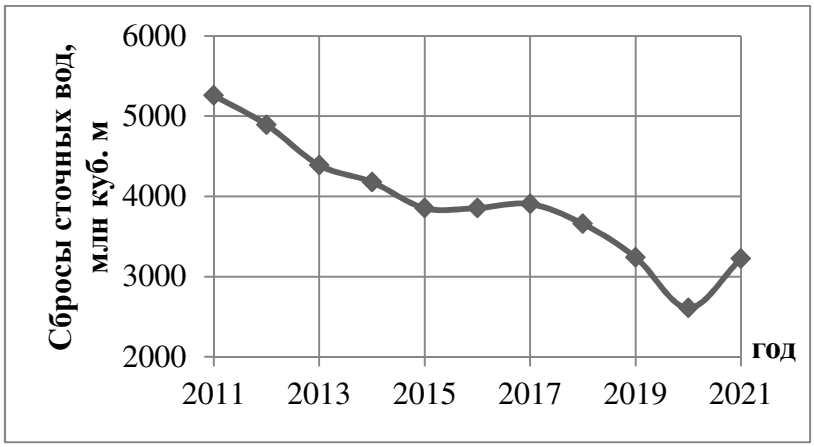

Рисунок 3 – Сбросы сточных вод в поверхностные водные объекты для ПАО «Газпром»
Figure 3 – Wastewater discharges into surface water bodies for PJSC «Gazprom»

Динамика данного показателя совпадает с предыдущими двумя – убывающий тренд с колебательной компонентой. Однако в случае сброса сточных вод колебания значительно меньше, чем в случае аварий и числа пострадавших.

Снижение показателей промышленного риска может объясняться эффективными предупредительными мероприятиями, установкой улавливающих и очистных сооружений, затратами на повышение безопасности. Рассмотрим статистические данные по затратам ПАО «Газпром» на промышленную безопасность, охрану труда и охрану окружающей среды (рисунки 4–6).

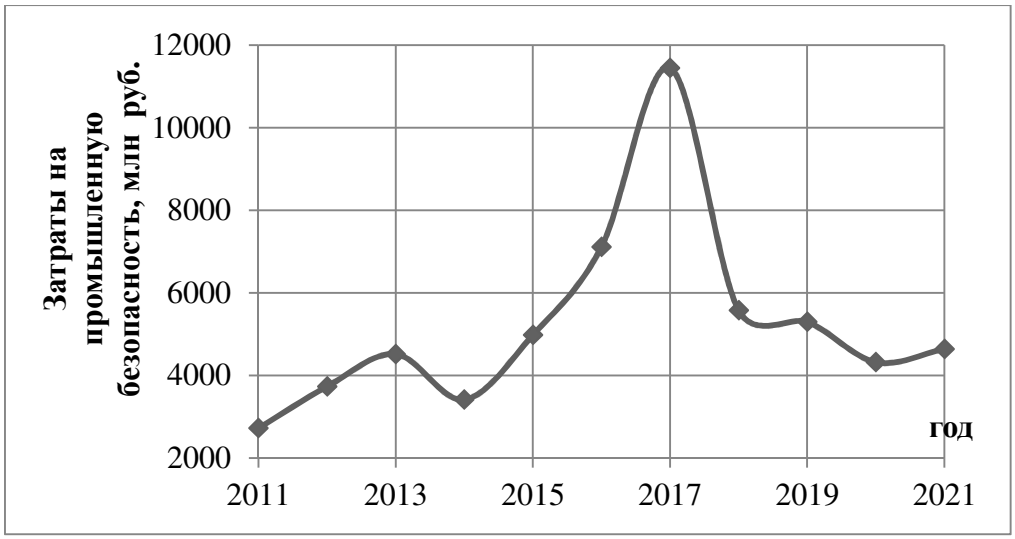

Рисунок 4 – Затраты на промышленную безопасность для ПАО «Газпром»
Figure 4 – Industrial safety costs for PJSC «Gazprom»

Рассмотренные показатели затрат нельзя описать одним трендом. С 2011 по 2021 год затраты увеличились, но динамика не была одинаковой, увеличение и снижение затрат не носит системный характер.

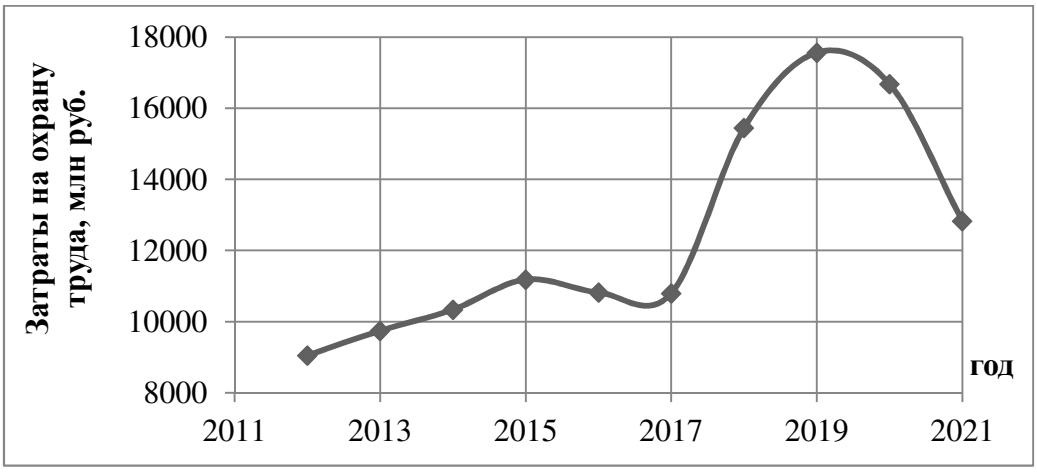

Рисунок 5 – Затраты на охрану труда для ПАО «Газпром»
Figure 5 – Labor protection costs for PJSC «Gazprom»

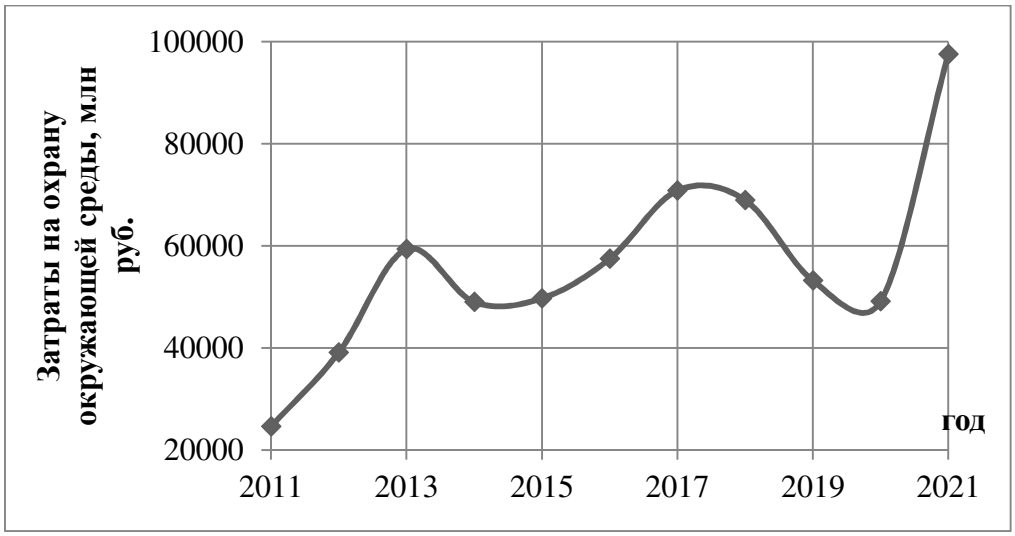

Рисунок 6 – Затраты на охрану окружающей среды для ПАО «Газпром»
Figure 6 – Environmental protection costs for PJSC «Gazprom»

На основе приведенных статистических данных сформируем модели зависимости показателей риска от объемов производства и затрат на снижение риска. Выбор функций основан на сравнительном анализе характеристик точности моделей. В результате регрессионного анализа были сформированы следующие функции:

$$X = aQ^b e^{(c \cdot E)}, \tag{1}$$

где X – показатель риска; Q – переработка (очистка и стабилизация) газового конденсата основными дочерними обществами ПАО «Газпром» (млн т); E – затраты на безопасность; *a, b, c* – параметры модели. Для каждого из рассмотренных выше показателей аварийности, числа пострадавших и объема сброса сточных вод сформирована модель, отражающая их специфику.

$$A = 3966{,}38 Q^{(-2{,}1087)} e^{(-0{,}00002990 \cdot E_1)}, \tag{2}$$

где A – число аварий, E_1 – затраты на промышленную безопасность,

$$T = 392662{,}71 Q^{(-2{,}8892)} e^{(-0{,}00002728 \cdot E_2)}, \tag{3}$$

где T - количество пострадавших, E_2 – затраты на охрану труда,

$$C = 217834{,}17 Q^{(-1{,}4542)} e^{(-0{,}00000116 \cdot E_3)}, \tag{4}$$

где C – сбросы сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м^3, E_3 – затраты на охрану окружающей среды.

Качество моделей характеризуется значениями коэффициентов детерминации R^2 и критерия Фишера $F_{расч}$ (таблица).

Таблица 1 – Статистические характеристики моделей для (2)–(4)
Table 1 – Statistical characteristics of models for (2)–(4)

Формула	Коэффициент детерминации R^2	Расчетный критерий Фишера $F_{расч}$	Табличный критерий Фишера $F_{табл}$	Число наблюдений n
Аварийность (2)	0,70	5,44	4,35	11
Травматизм (3)	0,77	6,83	4,76	10
Сбросы сточных вод (4)	0,84	12,16	4,07	11

Полученные модели являются статистически значимыми и надежными, поскольку коэффициенты детерминации принимают высокие значения, расчетные критерии Фишера превышают табличные. Построим графики модельных значений, сравнив их с реальными данными (рисунки 7–9).

Рисунок 7 – Модельные и фактические значения для аварийности ПАО «Газпром»
Figure 7 – Model and actual values for the accident rate of PJSC «Gazprom»

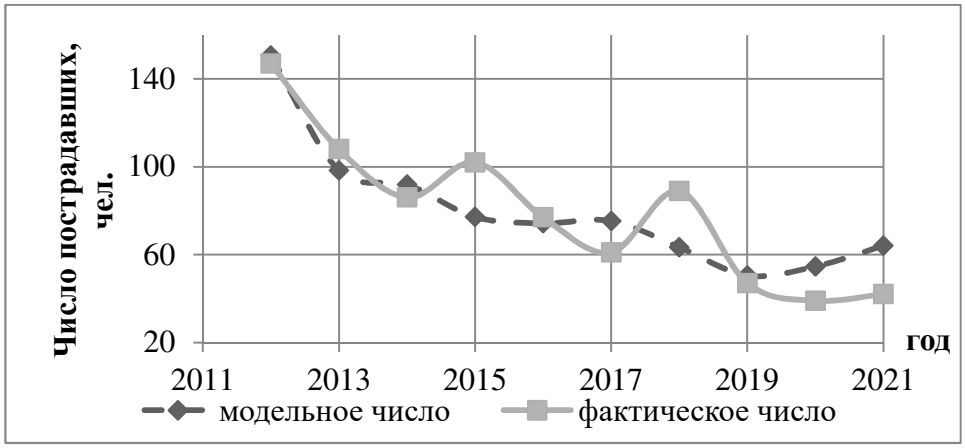

Рисунок 8 – Модельные и фактические значения для травматизма ПАО «Газпром»
Figure 8 – Model and actual values for injuries of PJSC «Gazprom»

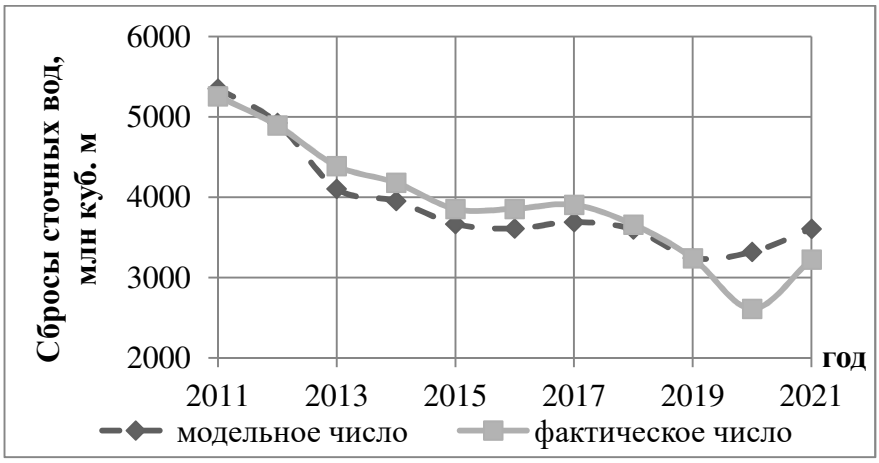

Рисунок 9 – Модельные и фактические значения для сброса сточных вод ПАО «Газпром»
Figure 9 – Model and actual values for wastewater discharge of PJSC «Gazprom»

Расчетные значения совпадают с реальными данными, что доказывает качество полученных зависимостей. Разработанные функции могут применяться для анализа и моделирования влияния затрат на снижение риска на изменение показателя риска.

Выразим в каждой модели переменные E_i i=1..3 и получим следующие зависимости:

$$E_1 = 277110{,}67 - 69799{,}33\ln\left(\frac{Q}{A}\right), \tag{5}$$

$$E_2 = 472166{,}65 - 105909{,}09\ln\left(\frac{Q}{T}\right), \tag{6}$$

$$E_3 = 10596111{,}52 - 1253620{,}69\ln\left(\frac{Q}{C}\right). \tag{7}$$

Сумма затрат на снижение риска должна быть минимальной, но при этом показатели риска не должны превышать допустимые нормы:

$$E \to \min$$

$$\begin{cases} E = E_1 + E_2 + E_3, \\ E_1 = 277110{,}67 - 69799{,}33\ln\left(\frac{Q}{A}\right), \\ E_2 = 472166{,}65 - 105909{,}09\ln\left(\frac{Q}{T}\right), \\ E_3 = 10596111{,}52 - 1253620{,}69\ln\left(\frac{Q}{C}\right), \\ A \le A^{\max}, \\ T \le T^{\max}, \\ C \le C^{\max}. \end{cases} \tag{8}$$

Решая задачу (8) для заданных нормативных значений показателей риска и для известного объема производства, определим затраты на каждый вид предупредительных мероприятий при условии минимизации общих затрат.

Разработанные модели позволяют с высокой точностью осуществлять расчеты при исследовании показателей риска ПАО «Газпром». Предложенный вид моделей после дополнительных расчетов может быть использован другими предприятиями нефтегазового сектора для анализа и моделирования риска и затрат на снижение риска.

Полученные результаты и выводы

В работе проведен статистический анализ аварийности, числа пострадавших и выброса сточных вод для ПАО «Газпром» за период с 2011 по 2021 год, выявлена убывающая тенденция показателей, сопровождающаяся колебаниями.

1. Сформированы функции, отражающие зависимость показателей риска от затрат на их снижение.

2. Разработаны математические модели, описывающие взаимосвязь показателей риска, объема производимой продукции и затрат на предупредительные мероприятия.

3. Сформулирована задача распределения затрат на предупредительные мероприятия по критерию минимизации суммарных затрат при ограничениях на нормативные показатели риска.

Предложенные модели основываются на ретроспективных данных за 2011–2021 гг. и отражают зависимости, характерные для этих лет. Разработанные модели соответствуют принципам регрессионного анализа и эффективны при сохранении тенденции исследуемого периода. Предложенные функции могут быть использованы специалистами предприятий нефтегазового сектора и консалтинговых компаний по управлению рисками.

Библиографический список

1. Качалов Р.М. Управление хозяйственных риском на предприятиях. Москва: Наука, 2002. 192 с. URL: http://www.cemi.rssi.ru/publication/newbooks/ross/ross_toc.php.

2. Качалов Р.М. Комплексное управление хозяйственным риском // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2006. № 11 (62). С. 3–10. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11741986. EDN: https://www.elibrary.ru/jwysal.

3. Качалов Р.М., Завьялова Е.А., Ставчиков А.И. Управление хозяйственным риском на предприятиях с собственностью работников // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2010. № 1. С. 11–20. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=14932791. EDN: https://elibrary.ru/moudhd.

4. Качалов Р.М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. Санкт-Петербург: Нестор-История, 2012. 288 с. URL: https://www.rulit.me/data/programs/resources/epub/Kachalov_Upravlenie-ekonomicheskim-riskom-Teoreticheskie-osnovy-i-prilozheniya_RuLit_Me_659254.epub.

5. Бадалова А.Г., Пантелеев А.В. Промышленный риск-менеджмент: учебник. Москва, 2018. 288 с. (Сер. Менеджмент для инженера). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34922870. EDN: https://www.elibrary.ru/oscvgn.

6. Бадалова А.Г. Разработка сбалансированной классификации рисков промышленных предприятий // Вестник МГТУ «Станкин». 2008. № 2. С. 129–137. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17287449. EDN: https://www.elibrary.ru/oohvmv.

7. Бадалова А.Д. Методологический подход к разработке сбалансированной классификации рисков предприятия // Российское предпринимательство. 2010. № 11-3. С. 92–99. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17305952. EDN: https://www.elibrary.ru/oosjfj.

8. Бадалова А.Г., Пантелеев А.В. Управление рисками деятельности предприятий: учебное пособие. Москва: Закрытое акционерное общество «Издательское предприятие “Вузовская книга”», 2016. 234 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25546038. EDN: https://www.elibrary.ru/vnapzf.

9. Бадалова А.Д. Управление рисками производственных систем: теория, методология, механизмы реализации. Москва: Станкин, ЯНУС-К, 2006. 326 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19815004. EDN: https://www.elibrary.ru/qrpxjj.

10. Knight F.H. Risk, Uncertainty and Profit. Boston MA: Hart, Schaffner and Marx; Houghton Mifflin, 1921. 306 p. Available at: https://howtotrade.biz/books/17%20-%20Risk%20neopredelennost%20i%20pribyl.pdf.

11. Thomas R.D., Berkeley D, Humphreys P.C. Project risk action management // Construction Management and Economics, 1991, vol. 9, issue 1, pp. 3–17. DOI: https://doi.org/10.1080/01446199100000002.

12. Damodaran A. Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management. URL: https://www.williamspublishing.com/Books/978-5-8459-1453-8.html.

13. Акишин А.Н. Классификация рисков в логической цепи поставок для предприятий-производителей автомобильных шин // Наука и современность. 2011. № 10-2. С. 185–187.

14. Арженовский С.В., Синявская Т.Г., Рудяга А.А. Концепция оценки рисков развития топливно-энергетического комплекса России // Учет и статистика. 2018. № 1 (49). С. 46–52. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32769811. EDN: https://www.elibrary.ru/yvkemc.

15. Bouloiz H. Sustainable performance management using resilience engineering // International Journal of Engineering Business Management. 2020. Vol. 12. P. 1847979020976205. DOI: http://dx.doi.org/10.1177/1847979020976205.

16. Bouloiz H., Garbolino E., Tkiouat M., Guarnieri F. A system dynamics model for behavioral analysis of safety conditions in a chemical storage unit // Safety science. 2013. Vol. 58. P. 32–40. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.013.

17. Голубятникова Ю.Ю. Факторы, влияющие на уровень современных рисков аграрных предприятий Российской Федерации // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18, № 5. С. 28–37. DOI: http://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-5-28-37. EDN: https://www.elibrary.ru/elwvyk.

18. Yazdani M., Gonzalez E.D.R.S., Chatterjee P. A multi-criteria decision-making framework for agriculture supply chain risk management under a circular economy context // Management Decision. 2019. Vol. 59, issue 8. P. 1801–1826. DOI: http://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1088.

19. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru.

20. Официальный сайт ПАО «Газпром». URL: https://www.gazprom.ru.

References

1. Kachalov R.M. Business risk management in enterprises. Moscow: Nauka, 2002, 192 p. Available at: http://www.cemi.rssi.ru/publication/newbooks/ross/ross_toc.php. (In Russ.)

2. Kachalov R.M. Comprehensive business risk management. *Property Relations in the Russian Federation*, 2006, no. 11 (62), pp. 3–10. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11741986. EDN: https://www.elibrary.ru/jwysal. (In Russ.)

3. Kachalov R.M., Zavyalova E.A., Stavchikov A.I. Management of economic risk at enterprises with employees' property. *Bulletin of the South Russian State Technical University (NPI). Series: Socio-Economic Sciences*, 2010, no. 1, pp. 11–20. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=14932791. EDN: https://elibrary.ru/moudhd.

4. Kachalov R.M. Economic risk management: theoretical foundations and applications. Saint-Petersburg: Nestor-Istoriya, 2012, 288 p. Available at: https://www.rulit.me/data/programs/resources/epub/Kachalov_Upravlenie-ekonomicheskim-riskom-Teoreticheskie-osnovy-i-prilozheniya_RuLit_Me_659254.epub. (In Russ.)

5. Badalova A.G., Panteleev A.V. Industrial risk management: textbook. Moscow, 2018, 288 p. (Series Management for engineer). Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34922870. EDN: https://www.elibrary.ru/oscvgn. (In Russ.)

6. Badalova A.G. Development of a balanced risk classification of industrial enterprises. *Vestnik MSUT «Stankin»*, 2008, no. 2, pp. 129–137. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17287449. EDN: https://www.elibrary.ru/oohvmv. (In Russ.)

7. Badalova A.D. Methodological approach to developing balanced risk classification of the enterprise. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2010, no. 11–3, pp. 92–99. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17305952. EDN: https://www.elibrary.ru/oosjfj. (In Russ.)

8. Badalova A.G., Panteleev A.V. Risk management of the company: textbook. Moscow: Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo «Izdatel'skoe predpriyatie “Vuzovskaya kniga”», 2016, 234 p. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25546038. EDN: https://www.elibrary.ru/vnapzf. (In Russ.)

9. Badalova A.D. Risk management of production systems: theory, methodology, implementation mechanisms. Moscow: Stankin, YaNUS-K, 2006, 326 p. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19815004. EDN: https://www.elibrary.ru/qrpxjj. (In Russ.)

10. Knight F.H. Risk, Uncertainty and Profit. Boston, MA: Hart, Schaffner and Marx; Houghton Mifflin, 1921, 306 p. Available at: https://howtotrade.biz/books/17%20-%20Risk%20neopredelennost%20i%20pribyl.pdf.

11. Thomas R.D., Berkeley D, Humphreys P.C. Project risk action management. *Construction Management and Economics*, 1991, vol. 9, issue 1, pp. 3–17. DOI: http://doi.org/10.1080/01446199100000002.

12. Damodaran A. Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management. Available at: https://www.williamspublishing.com/Books/978-5-8459-1453-8.html.

13. Akishin A.N. Classification of risks in the logical supply chain for manufacturers of automobile tires. *Science and Modernity*, 2011, no. 10–2, pp. 185–187. (In Russ.)

14. Arzhenovskiy S.V., Sinyavskaya T.G., Rudyaga A.A. The concept of assessing the risks of the development of the fuel and energy complex of Russia. *Accounting and Statistics*, 2018, no. 1 (49), pp. 46–52. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32769811. EDN: https://www.elibrary.ru/yvkemc. (In Russ.)

15. Bouloiz H. Sustainable performance management using resilience engineering. *International Journal of Engineering Business Management*, 2020, vol. 12, p. 1847979020976205. DOI: http://dx.doi.org/10.1177/1847979020976205.

16. Bouloiz H., Garbolino E., Tkiouat M., Guarnieri F. A system dynamics model for behavioral analysis of safety conditions in a chemical storage unit. *Safety Science*, 2013, vol. 58, pp. 32–40. DOI: http://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.013.

17. Golubyatnikova Yu.Yu. Factors, affecting the level of modern risks of agricultural enterprises of the Russian Federation. *Issues of Risk Analysis*, 2021, vol. 18, no. 5, pp. 28–37. DOI: http://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-5-28-37. EDN: https://www.elibrary.ru/elwvyk. (In Russ.)

18. Yazdani M., Gonzalez E.D.R.S., Chatterjee P. A multi-criteria decision-making framework for agriculture supply chain risk management under a circular economy context. *Management Decision*, 2019, vol. 59, issue 8, pp. 1801–1826. DOI: http://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1088.

19. Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: https://rosstat.gov.ru. (In Russ.)

20. PJSC Gazprom official website. Available at: https://www.gazprom.ru. (In Russ.)