

ISSN: 1812-5220 (Print)
ISSN: 2658-7882 (Online)



Том 19, 2022, № 6
Vol. 19, 2022, No. 6

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Экологические и климатические риски

Volume Headline:

Ecological and Climate Risks

Том 19, 2022, № 6
Vol. 19, 2022, No. 6

ISSN: 1812-5220 (Print)
ISSN: 2658-7882 (Online)

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Периодичность 6 выпусков в год
Frequency of 6 releases in a year

Основан в 2004 г.
Founded in 2004



Общероссийская общественная
организация «Российское научное
общество анализа риска»

*All-Russian public organization
"Russian scientific society of risk analysis"*



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

*"All-Russian research Institute for civil defense and
emergency situations" of EMERCOM of Russia*



Ассоциация риск-менеджмента
«Русское общество управления
рисками»

*Association of a risk management
"Russian risk management society"*



Издательский дом
«Деловой экспресс»

*Financial publishing house
"Business Express"*

Проблемы анализа риска

Problemy analiza riska

Цели и задачи журнала

Цель: способствовать становлению культуры управления рисками, обобщению опыта исследований риска, внедрению инновационных подходов, созданию баз знаний и данных, информационного пространства по риску, сопровождению научных проектов, созданию и внедрению профессиональных и образовательных стандартов и программ, координации деятельности специалистов по анализу и управлению рисками, разработке нормативных показателей допустимого (приемлемого) риска, законодательного и правового обеспечения.

Задача: дать информацию о результатах последних научных исследований в области анализа и управления рисками, что помогает специалистам по управлению рисками решать насущные проблемы, внедрять инновационные научные разработки и применять научный опыт в практической деятельности управления рисками в чрезвычайных ситуациях, обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, глобальной и региональной безопасности, защите окружающей среды, построения и совершенствования систем управления рисками в организациях и на предприятиях различных отраслей экономики.

Aims and Scope of the journal

Aim: to promote formation of culture of risk management, synthesis of experience of researches of risk, introduction of innovative approaches, creation of knowledge bases and data, information space on risk, support of scientific projects, creation and introduction of professional and educational standards and programs, coordination of activity of specialists in the analysis and risk management, development of standard indicators of admissible (acceptable) risk, legislative and legal support.

Scope: to give information on results of the last scientific research in the field of the analysis and risk management that helps specialists in risk management to solve pressing problems, to introduce innovative scientific developments and to apply scientific experience in practical activities of risk management in emergency situations, safety of activity of the population, global and regional security, environment protection, construction and improvement of risk management systems in the organizations and at the enterprises of various sectors of the economy.

Учредители Founders

1. Общероссийская общественная организация «Российское научное общество анализа риска» 129110, г. Москва, Б. Переяславская, д. 46, стр. 2, к. 49
2. ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

3. Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс» 125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6а
4. Ассоциация риск-менеджмента «Русское общество управления рисками» 107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 14, эт. 6, пом. XIII, комн. 22А (PM4)
1. All-Russian Public Organization "Russian Scientific Society of Risk Analysis" 46/2, building 49, B. Pereyaslavskaya, Moscow, 129110
2. "All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations" of EMERCOM of Russia 7, St. Davydovskaya, Moscow, 121352
3. Financial Publishing House "Business Express" 6a, 4th St. 8 March, Moscow, 125167
4. Association of a risk management "Russian risk management society" et. 6, pom. XIII, room 22A (PM4), 14, Kolodezny per., Moscow, 107076

Издатель и редакция журнала Publisher and Editorial Office of the Journal

Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»
Адрес: 125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6а
Тел.: +7 (495) 787-52-26

Financial Publishing House "Business Express"
Address: 6a, 4th St. 8 March, Moscow, 125167
Tel: +7 (495) 787-52-26

Главный редактор:
Быков Андрей Александрович,
д.ф.-м.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, вице-президент
«Российского научного общества анализа риска», г. Москва, Россия
E-mail: journal@dex.ru

Editor-in-Chief:
Bykov Andrey A.,
Doctor of physics and mathematics, Professor, honored scientist of
Russia Federation, Vice-President of the Russian scientific society of risk
analysis, Moscow, Russia
E-mail: journal@dex.ru

Ответственный секретарь:
Виноградова Лилия Владимировна,
руководитель отдела ведомственных изданий АО ФИД «Деловой
экспресс», г. Москва, Россия
E-mail: journal@dex.ru

Responsible secretary:
Vinogradova Lyliya V.,
Head of Departmental Publications Department Financial Publishing
house "Business express", Moscow, Russia
E-mail: journal@dex.ru

Верстка:

Луговой Александр Вячеславович,
Столбова Марина Сергеевна

Imposition:

*Lugovoi Alexander V.
Stolbova Marina S.*

Корректур:

Легостаева Инна Леонидовна,
Синаюк Рива Моисеевна,
Шольчева Янина Геннадьевна

Updates:

*Legostayeva Inna L.
Sinajuc Riva M.
Sholcheva Yanina G.*

Журнал издается с 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Префикс DOI: 10.32686

ISSN: 1812-5220 (Print)

ISSN: 2658-7882 (Online)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77-61704 от 25.05.2015

The journal is issued since 2004

Frequency: 6 numbers a year

Prefix DOI: 10.32686

ISSN: 1812-5220 (Print)

ISSN: 2658-7882 (Online)

*Certificate of registration of mass media ПИ № ФС 77-61704
from 25.05.2015*

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Журнал индексируется РИНЦ, INDEX COPERNICUS, Science Index, Ulrich's

The journal is included in the list of the leading reviewed scientific journals and editions recommended by the Highest certifying commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (VAK) for publication of the main scientific results of theses for a competition of academic degrees of the doctor and candidate of science.

The journal is indexed RINTS, INDEX COPERNICUS, Science Index, Ulrich's

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал «Проблемы анализа риска» обязательна. Присланные в редакцию материалы рецензируются и не возвращаются. Статьи, не оформленные в соответствии с Инструкцией для авторов, к рассмотрению не принимаются.

At a reprint and citing the reference to the "Issues of Risk Analysis" journal is obligatory. The materials sent to edition are reviewed and are not returned. Articles which are not issued according to the Instruction for authors are not taken cognizance.

Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 печ. л. Печать офсетная.
Тираж 1000 экз.

Подписано в печать: 26.12.2022

Цена свободная

© Проблемы анализа риска, 2022

Отпечатано в типографии ООО «Белый ветер»,
115054, г. Москва, ул. Щипок, д. 28

*Format 60 × 84 1/8. Volume is 12 print. pages. Offset printing.
Circulation is 1000 copies.*

It is sent for the press: 26.12.2022

Free price

© Issues of Risk Analysis, 2022

*It is printed in LLC Bely veter printing house,
28, Shchipok St., Moscow, 115054*

Распространяется по подписке

Отдел подписки:

Тел.: +7 (495) 787-52-26

E-mail: journal@dex.ru

Подписной индекс:

Каталог «Пресса России» 15704

Extends on a subscription

Department of a subscription:

Tel: +7 (495) 787-52-26

E-mail: journal@dex.ru

Subscription index:

Press of Russia catalog 15704

<http://www.risk-journal.com>

 <https://vk.com/parjournal>

Наблюдательный совет

Махутов Николай Андреевич (председатель)

Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, председатель Комиссии РАН по техногенной безопасности, Президент «Российского научного общества анализа риска», г. Москва, Россия

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя)

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ), главный научный сотрудник, г. Москва, Россия

Верещагин Виктор Владимирович

Кандидат исторических наук, член Совета директоров Международной ассоциации федераций риск-менеджмента (IFRIMA), Президент Русского общества управления рисками (РусРиск), г. Москва, Россия

Шарков Андрей Валентинович

Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс», генеральный директор, г. Москва, Россия

Редакционная коллегия

Быков Андрей Александрович (Главный редактор)

Доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, вице-президент «Российского научного общества анализа риска», г. Москва, Россия

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора)

Доктор экономических наук, профессор, академик РАН, член Президиума РАН, научный руководитель, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Россия

Башкин Владимир Николаевич

Доктор биологических наук, профессор, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, главный научный сотрудник, г. Пушкино, Россия

Гианнопулос Костас

Доктор экономических наук (PhD), профессор, Университет Неаполиса, г. Пафос, Кипр

Голембиовский Дмитрий Юрьевич

Доктор технических наук, профессор, МГУ им. М. В. Ломоносова, профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики, г. Москва, Россия

Грабуст Петерис

Доктор инженерных наук (PhD), профессор, Резекненская академия технологий, г. Резекне, Латвия

Елохин Андрей Николаевич

Доктор технических наук, член-корреспондент РАН, действительный член Академии геополитических проблем, Ассоциация риск-менеджмента «Русское общество управления рисками», первый вице-президент, г. Москва, Россия

Каранина Елена Валерьевна

Доктор экономических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естественных наук, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», заведующий кафедрой финансов и экономической безопасности, г. Киров, Россия

Колесников Евгений Юрьевич

Доктор технических наук, доцент, профессор Высшей школы техносферной безопасности, СПбПУ им. Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Луцци Хорхе Даниэль

Доктор экономических наук, RCG (Herco), генеральный директор. APOGERIS, Президент. г. Лиссабон, Португалия

Макашина Ольга Владиленовна

Доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ, профессор Департамента общественных финансов, г. Москва, Россия

Supervisory Council

Makhutov Nikolay Andreevich (Chairman)

Corresponding member of RAS, Doctor of technical Sciences, Professor, Chairman of the RAS Commission on Technogenic Safety, President of the Russian scientific society for risk analysis, Moscow, Russia

Akimov Valery Aleksandrovich (Deputy Chairman)

Doctor of technical Sciences, Professor, honored scientist of Russia, All-Russian research Institute for civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia, Chief researcher, Moscow, Russia

Vereshchagin Victor Vladimirovich

Candidate of Historical Sciences, President of the Russian Risk Management Society (RusRisk), member of the Board of Directors of the International Association of Risk Management Federations (IFRIMA), Moscow, Russia

Sharkov Andrey Valentinovich

Joint stock company "Financial publishing house "Business Express", General Director, Moscow, Russia

Editorial Board

Bykov Andrey Aleksandrovich (Editor-in-Chief)

Doctor of physics and mathematics, Professor, honored scientist of Russia Federation, Vice-President of the Russian scientific society of risk analysis, Moscow, Russia

Porfiriev Boris Nikolayevich (Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Economics, Professor, Academician of RAS, Member Presidium of the RAS, scientific director, Institute of economic forecasting of RAS, Moscow, Russia

Bashkin Vladimir Nikolaevich

Doctor of biological Sciences, Professor, Institute of physico-chemical and biological problems of soil science RAS, Pushchino, Russia

Giannopoulos Kostas (PhD)

Doctor of Economics, professor, Neapolis University, Paphos, Cyprus

Golembiovsky Dmitry Yuryevich

Doctor of technical Sciences, Professor, MSU named after M. V. Lomonosov, Professor, Department of operations research Faculty of computational mathematics and cybernetics, Moscow, Russia

Grabusts Peter

Professor, Dr. sc. ing. (PhD), Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia

Elokhin Andrey Nikolaevich

Doctor of technical Sciences, corresponding member of RAS, full member of the Academy of Geopolitical Problems, Risk Management Association "Russian Risk Management Society", First Vice President, Moscow, Russia

Karanina Elena Valerevna

Doctor of Economics, Associate Professor, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, Vyatka state University, head of the Department of finance and economic security, Kirov, Russia

Kolesnikov Evgeny Yuryevich

Doctor of technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Higher School of Technosphere safety, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Luzzi Jorge Daniel

Doctor of Economics, RCG (Herco), CEO. APOGERIS, President. Lisbon, Portugal

Makashina Olga Vladilenovna

Doctor of Economics, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Professor, Department of public Finance, Moscow, Russia

Малышев Владлен Платонович

Доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ), главный научный сотрудник, г. Москва, Россия

Мельников Александр Викторович

Доктор физико-математических наук, профессор, Университет провинции Альберта, профессор факультета математических и статистических наук, г. Эдмонтон, Канада

Морозко Нина Иосифовна

Доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ, профессор кафедры «Денежно-кредитные отношения и монетарная политика», г. Москва, Россия

Помазанов Михаил Вячеславович

Кандидат физико-математических наук, Руководитель подразделения валидации, ПАО Промсвязьбанк, Дирекция «Риски», г. Москва, Россия

Ревич Борис Александрович

Доктор медицинских наук, профессор, нобелевский лауреат в составе Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения, г. Москва, Россия

Ротштейн Александр

Доктор технических наук, профессор кафедры промышленного машиностроения и Управления, Иерусалимский технологический колледж, г. Иерусалим, Израиль

Сорогин Алексей Анатольевич

Кандидат технических наук, Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс», директор по специальным проектам, г. Москва, Россия

Сосунов Игорь Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ), заместитель начальника, г. Москва, Россия

Фалеев Михаил Иванович

Кандидат политических наук, помощник начальника отряда ФГКУ «Государственный центральный аэромобильный спасательный отряд», г. Жуковский, Россия

Шевченко Андрей Владимирович

Доктор технических наук, профессор, Главный научный сотрудник лаборатории управления рисками и страхования, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва, Россия

Malyshev Vladlen Platonovich

Doctor of chemical Sciences, Professor, honored scientist of Russia Federation, All-Russian research Institute for civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia, Chief researcher, Moscow, Russia

Melnikov Alexander Viktorovich

Doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, Professor of the faculty of mathematical and statistical Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada

Morozko Nina Iosifovna

Doctor of Economics, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Professor of the Department "Monetary relations and monetary policy", Moscow, Russia

Pomazanov Mikhail Vyacheslavovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of Validation Unit, PJSC Promsvyazbank, Management "Risks", Moscow, Russia

Revich Boris Aleksandrovich

Doctor of medicine, Professor, Nobel Laureate in the Intergovernmental Panel on Climate Change, Institute of economic forecasting of RAS, Head of the laboratory of environmental and public health forecasting, Moscow, Russia

Rotshtein Alexander

Doctor of technical science, Professor of Dept. of Industrial Engineering and Management, Jerusalem, Israel

Sorogin Alexey Anatolievich

Candidate of technical Sciences, Joint stock company "Financial publishing house "Business Express", Director of special projects, Moscow, Russia

Sosunov Igor Vladimirovich

Candidate of technical Sciences, Associate Professor, All-Russian research Institute for civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia, Deputy chief, Moscow, Russia

Faleev Mihail Ivanovich

Candidate of political Sciences, assistant to the chief of group Federal public treasury institution "State central airmobile rescue group". Zhukovsky, Russia

Shevchenko Andrey Vladimirovich

Doctor of Engineering, Professor, Chief researcher of laboratory of risk management and insurance, LLC Gazprom VNIIGAZ, Moscow, Russia

Content

Editor's Column

- 8 Ecological and Climate Risks
Vladimir N. Bashkin, Associate Editor

Ecological Risks

- 10 Environmental Transparency Rating of Oil and Gas Companies Operating in the Arctic: 2014—2021
Olga P. Trubitsina, Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia
Vladimir N. Bashkin, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russia
- 20 Using a Risk-Based Approach to Building an Environmental Management System in Accordance with ISO 14001:2015
Sergey M. Brykalov, Vasilii Yu. Trifonov, Ksenia A. Romanova, Experimental Design Bureau of Mechanical Engineering named after I. I. Afrikantov, Nizhny Novgorod, Russia

Climate Risks

- 34 Facet-Hierarchical Approach to the Classification of Climate Risks in the Context of the Economic Activity of the Enterprise
Petr N. Mikhnev, Russian Risk Management Society, Moscow, Russia
- 50 Methodological Approach to Determining the Prospects of Using Carbon Dioxide Capture and Processing Technologies to Protect the Environment and Populations
Vladlen P. Malyshev, Oleg V. Vinogradov, Igor A. Rodionov, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Regional Security

- 66 Integral Assessment and Forecasting of Economic Regional Security
(on the Example of the Volga Federal District)
Elena V. Karanina, Andrey S. Zhigarev, Fyodor E. Smirnov, Vyatka State University, Kirov, Russia
- 76 Socio-Economic Risks and Threats in the Economic Security System of the Region
Olesya A. Ryazanova, Alexandr N. Timin, Vyatka State University, Kirov, Russia

Risks of Water Management Activities

- 86 Risk Analysis of Management of Water Systems in the Russian Federation
Mikhail V. Bolgov, Water Problems Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Technogenic Risk Assessment

- 100 Assessment of Potential Risk During Gas Outflow at Above-Ground Sections of the Gas Pipeline Taking Into Account Abnormal Weather Conditions of the North
Marina I. Zakharova, V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

Содержание

Колонка редактора

- 8 Экологические и климатические риски
Башкин В.Н., член редколлегии

Экологические риски

- 10 Рейтинг экологической открытости российских нефтегазовых компаний, действующих в Арктике: 2014—2021 гг.
Трубицина О.П., Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Архангельск
Башкин В.Н., Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия, Московская обл., г. Пушкино
- 20 Применение риск-ориентированного подхода при выстраивании системы экологического менеджмента в соответствии со стандартом ISO 14001:2015
Брыкалов С.М., Трифонов В.Ю., Романова К.А., Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова, Россия, г. Нижний Новгород

Климатические риски

- 34 Фасетно-иерархический подход к классификации климатических рисков в контексте экономической деятельности предприятия
Михеев П.Н., Русское общество управления рисками, Россия, г. Москва
- 50 Методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды и населения
Малышев В.П., Виноградов О.В., Родионов И.А., Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий), Россия, г. Москва

Региональная безопасность

- 66 Интегральная оценка и прогнозирование экономической безопасности регионов (на примере Приволжского федерального округа)
Каранина Е.В., Жигарев А.С., Смирнов Ф.Е., Вятский государственный университет, Россия, г. Киров
- 76 Социально-экономические риски и угрозы в системе экономической безопасности региона
Рязанова О.А., Тимин А.Н., Вятский государственный университет, Россия, г. Киров

Риски водохозяйственной деятельности

- 86 Анализ рисков управления водохозяйственными системами в Российской Федерации
Болгов М.В., Институт водных проблем РАН, Россия, г. Москва

Оценка техногенного риска

- 100 Оценка потенциального риска при истечении газа на надземных участках газопровода с учетом аномальных метеоусловий Севера
Захарова М.И., Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН — структурное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Россия, г. Якутск

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-8-9>ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2022

Экологические и климатические риски

Башкин В.Н.,
член редколлегииДля цитирования: Башкин В.Н. Экологические и климатические риски // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 8—9, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-8-9>

Ecological and Climate Risks

Vladimir N. Bashkin,
Associate EditorFor citation: Bashkin V.N. Ecological and climate risks // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):8-9, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-8-9>

Наблюдаемые в настоящее время глобальный рост температуры и содержания углекислого газа в атмосфере, ускорение таяния ледников преимущественно связаны с естественной динамикой инсоляции Земли. В целом существенные изменения климата происходят медленно, их последствия различны в разных регионах Земли, и поэтому в настоящее время нет оснований говорить о катастрофическом влиянии глобальных изменений климата на биосферу и общество в целом.

Человечество живет в изменяющейся окружающей среде; похолодание климата сменяется потеплением, истощаются многие природные ресурсы, но именно научные исследования предоставляют новые возможности для адаптации человека к постоянным условиям биосферы. Для принятия практических мер по компенсации глобальных изменений среды необходим взвешенный подход, основанный на достоверных научных фактах.

В научных исследованиях, связанных с глобальными изменениями климата, накоплено большое количество фактов, находящихся в противоречии с гипотезой парникового эффекта. Это обстоятельство ставит под сомнение возможность использования этой гипотезы для анализа изменений климата планеты и особенно для принятия соответствующих природоохранных решений. В настоящее время скорее происходит усиление континентальности климата, сопровождающееся более теплым летом и более холодной зимой.

По аргументированному мнению проф. ВВ. Снакина (МГУ им. М.В. Ломоносова), несколько не уменьшая роль антропогенного фактора в негативных (с позиции современного человека) изменениях окружающей среды, следует отметить, что в международных документах по оценке изменений окружающей среды (например, в Монреальском и Киотском протоколах) преобладает преувеличенное представление о влиянии человека на природу.

Но если потепление климата — результат действия естественных причин, то на этом пути вовсе не стоит ожидать значительных успехов. Если реально доказано отрицательное влияние современного потепления климата на цивилизацию, то гораздо эффективнее могут оказаться методы смягчения климата, адаптации к его отрицательным изменениям, а, следовательно, стабилизации современных климатических условий, в том числе с помощью геоинжиниринга, биогеохимического инжиниринга и оценки возникающих рисков.

Одной из наиболее эффективных методологий решения задачи классификации рисков является фасетно-иерархический подход, позволяющий учесть не только многосторонний характер климатического воздействия, но и специфические особенности компании. Показано, что при построении классификатора, основанного на принципе интегрированного управления рисками, экономическое пространство предприятия структурировано в виде четырех основных подсистем: объектной,

процессной, проектной и средовой. Полученная на основе классификации и оценки рисков информация может способствовать принятию результативных управленческих решений и увеличению стоимости компании.

Совершенствование технологий улавливания и переработки углекислого газа, рассматриваемого как парниковый газ естественного и антропогенного происхождения, является одним из приоритетных направлений деятельности в рамках оптимизации решений в условиях изменяющегося климата, которая может принести определенную пользу для экономики страны, так как продукты переработки углекислого газа смогут найти широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях экономики.

В условиях мировой депривации в отношении использования нефти и газа, добываемых в Арктическом регионе, крайне важно сохранить и даже усилить действия, связанные с экологическим менеджментом, минимизацией воздействия на окружающую среду, открытостью и взаимодействием с обществом в российских нефтегазовых компаниях. В связи с современными геополитическими вызовами нефтегазовой отрасли необходимо не пренебрегать экологией в пользу экономики. Компании, демонстрирующие высокую экологическую открытость и ответственность бизнеса в Арктическом регионе, смогут только нарастить свои конкурентные преимущества на рынках инвестиций, оборудования, товаров и услуг.

Как отмечено выше, в условиях резкой континентальности климата, например в Якутии, необходимы оценки устойчивости при отрицательных температурах. Представляет интерес модель оценки потенциального риска утечки газа из надземных участков газопровода при низких температурах. С использованием этой модели обосновано влияние аномальных метеоусловий на величину избыточного давления ударной волны. Оценены безопасные расстояния при взрыве облака газовоздушной смеси метана в условиях температурной инверсии. На основе полученных данных разработана модель оценки потенциального риска.

Большая часть критериев социально-экономической безопасности являются качественными, а значит, сложно измеримыми. Следовательно, необходимы понятные измеримые показатели, на основании которых определяются индикаторы, показывающие

общее состояние социально-экономической безопасности территории либо страны. Рассмотренные группы социально-экономических индикаторов на примере Кировской области подтвердили высокий уровень рисков по большому числу критериев и, как результат, низкий уровень социальной безопасности.

Может быть также применен способ оценки экономической безопасности регионального уровня с помощью интегральной оценки, основанной на обработке статистических данных, формировании весовых коэффициентов с помощью экспертных оценок, определении структуры модели, с учетом показателей реальной экономики, финансовой и социальной сферы. Это дает возможность оценки общего интегрального индикатора экономической безопасности, в частности, регионов Приволжского федерального округа.

Рассмотрение возможных рисков, начиная с рисков экстремальных гидрометеорологических событий и связанных с ними катастрофических сценариев, а также рисков недостижения целей в процессе реализации Водной стратегии и других документов государственного управления в водной отрасли требует дальнейшего развития методической базы планирования и управления водохозяйственной отрасли на основе анализа риска. Это, в свою очередь, требует совершенствования методической базы расчетов ущерба от негативного воздействия вод.

Предложен оригинальный подход к идентификации и управлению рисками системы экологического менеджмента в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001:2015 с учетом специфики деятельности промышленных организаций. Приведены алгоритмы выявления и оценки экологических аспектов и связанных с ними экологических рисков, а также разработки мероприятий по снижению этих рисков и оценки результативности данных действий. Такой подход также может быть использован и тиражирован промышленными предприятиями в практике стратегического управления при организации и выстраивании эффективных СЭМ с учетом риск-ориентированного подхода.

Эти и многие другие вопросы оценки природных и климатических рисков в условиях меняющегося климата рассмотрены в данном номере журнала. Предложенные подходы и примеры могут применяться в различных отраслях промышленности и быть интересны как практикам, так и научным работникам.

УДК 502.3

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-10-19>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2022

Рейтинг экологической открытости российских нефтегазовых компаний, действующих в Арктике: 2014—2021 гг.

Трубицина О.П.,

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 163002, Россия, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17

Башкин В.Н.*,

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 142292, Россия, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Аннотация

Статья сфокусирована на выявлении динамики показателей и критериев рейтинга экологической открытости объектов нефтегазовой отрасли в Российской Арктике за 2014—2021 гг. Этот период может являться показательным (фоновым) для будущего сравнения с результатами от 2022 г. и далее в контексте начала специальной военной операции России на Украине. Авторам удалось выявить общую и дифференцированную динамику экологизации предприятий арктического нефтегазового сектора по трем разделам: управленческому, операционному и информационному. Идентифицированы лидеры экологического рейтинга за 8-летний период: Сахалин Энерджи (Сахалин-2), ЛУКОЙЛ, Зарубежнефть.

Ключевые слова: экологическая ответственность; экологический рейтинг; нефтегазодобывающая промышленность; Арктика; геоэкологический риск.

Для цитирования: Трубицина О.П., Башкин В.Н. Рейтинг экологической открытости российских нефтегазовых компаний, действующих в Арктике: 2014—2021 гг. // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 10—19, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-10-19>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Environmental Transparency Rating of Oil and Gas Companies Operating in the Arctic: 2014—2021

Olga P. Trubitsina,

Northern (Arctic) Federal
University,
Severnaya Dvina Embankment,
17, Arkhangelsk, 163002,
Russia

Vladimir N. Bashkin*,

Institute of Physico-Chemical
and Biological Problems of
Soil Science of the Russian
Academy of Sciences,
Institutskaya str., 2, Pushchino,
Moscow region, 142290, Russia

Abstract

The article focuses on identifying the dynamics of indicators and criteria for the rating of environmental transparency of oil and gas industry facilities in the Russian Arctic for 2014—2021. The authors managed to identify the general and differentiated dynamics of greening of the Arctic oil and gas sector enterprise in three sections: managerial, operational and informational. The leaders of the environmental rating have been identified — Sakhalin Energy (Sakhalin-2), LUKOIL, Zarubezhneft.

Keywords: environmental responsibility; environmental rating; oil and gas industry; Arctic; geoecological risk.

For citation: Trubitsina O.P., Bashkin V.N. Environmental transparency rating of oil and gas companies operating in the Arctic: 2014—2021 // *Issues of Risk Analysis*. 2022;19(6):10-19, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-10-19>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Методика исследования

2. Результаты рейтинга за 2014—2021 гг.

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время человечество столкнулось с глобальными экологическими и геополитическими вызовами. Общей характеристикой процессов в мире становится трансформация ценностей по отношению к использованию нефти и газа, добываемых в Арктическом регионе, в направлении их депривации (лат. *deprivatio* — потеря, лишение), то есть отказа от их использования. Наиболее жесткую позицию при этом транслирует Европейский союз (ЕС), который в качестве инструмента внешнеполитической экспансии, в том числе и в Арктике, использует зеленый курс [1]. На этом фоне с учетом ухода иностранного капитала из арктических нефтегазовых компаний крайне важно сохранить их конкурентоспособность в контексте реализации экологического менеджмента, минимизации воздействия на окружающую среду, информационной прозрачности показателей экологической ответственности бизнеса.

Авторы предлагают проанализировать рейтинг экологической открытости нефтегазовых компаний, действующих в Арктике, в динамике за 2014—2021 гг. Этот период может являться показательным (фоновым) для будущего сравнения с результатами от 2022 г. и далее в контексте начала специальной военной операции России на Украине.

В статье анализируются результаты рейтинга экологической открытости нефтегазовых компаний в России, проведенного в 2014—2021 гг. совместно с компанией CREON Group и Всемирным фондом природы (WWF) России при участии Национального рейтингового агентства. Из всех рейтингуемых российских нефтегазовых компаний авторы выбрали только те, которые реализуют углеводородные проекты в Арктическом регионе. Результаты анализа рейтинга в целом позволили выявить общую и дифференцированную динамику экологизации предприятия арктического нефтегазового сектора по трем разделам: управленческому, операционному и информационному. Идентифицированы лидеры экологического рейтинга за весь исследуемый период — Сахалин Энерджи (Сахалин-2), ЛУКОЙЛ, Зарубежнефть.

1. Методика исследования

Отобранные авторами рейтингуемые российские нефтегазовые компании были проанализированы на основе материалов [2—9] за 2014—2021 гг. Ключевые критерии отбора: 1) реализация углеводородных проектов в Арктическом регионе: как на Арктическом шельфе, так и в АЗРФ; 2) нижняя граница объема производства установлена на уровне 1,5 млн т нефтяного эквивалента (нефти и газового конденсата), объем транспортировки нефти — 30 млн т в год, объем переработки нефти, газового конденсата и нефтепродуктов — 8 млн т в год.

Показатели добычи нефти и природного газа для «арктических» компаний достаточно сильно разнятся между собой. По этому критерию можно выделить компании-гиганты, объем добываемой нефти у которых превосходит 50 млн т в год (Роснефть и ЛУКОЙЛ), и компании, чьи показатели объемов добычи находятся ниже 50 млн т в год (рис. 1).

Количество компаний изменялось в указанный период времени. В частности, газовая компания

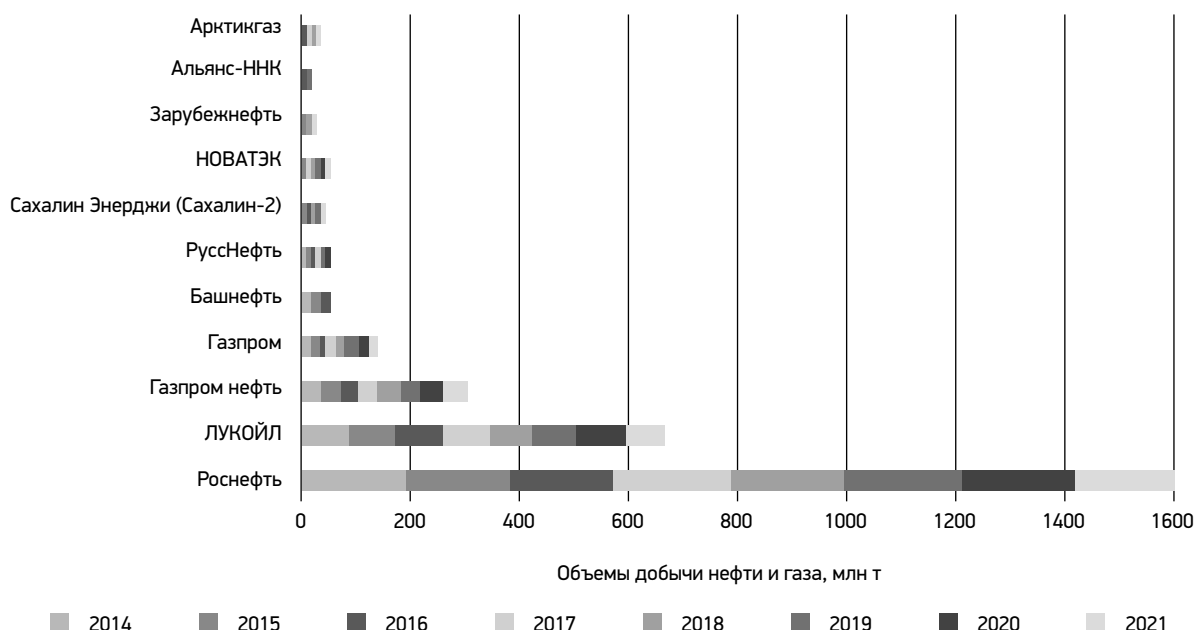


Рис. 1. Межгодовая динамика объемов добычи нефти и конденсата для компаний, реализующих углеводородные проекты в Арктике

Figure 1. Interannual dynamics of oil and condensate production volumes for companies implementing hydrocarbon projects in the Arctic

«Арктикгаз» учитывается в рейтинге только с 2015 г., в то время как нефтяная компания «Башнефть» в 2016 г. вошла в ПАО НК «Роснефть» и перестала идентифицироваться в рейтинге как отдельная рейтингуемая компания. Кроме того, некоторые компании являются собственниками других, например «Газпрома» — «Сахалин Энерджи», «Газпром нефть». Однако, несмотря на это, все компании рассматриваются как самостоятельные и независимые со своей собственной внутренней политикой, а также свободно сформулированной политикой корпоративной социальной ответственности [10].

Компании проанализированы по трем разделам: 1) управленческий (экологический менеджмент), нацеленный на оценку качества управления охраной окружающей среды в компаниях с позиции его соответствия мировым стандартам и практикам в нефтяном и газовом бизнесе; 2) операционный (воздействие на окружающую среду), выявляющий шкалу последствий деятельности нефтегазового предприятия на окружающую среду и включающий критерии, основанные на компонентах официальной статистики об охране окружающей среды; 3) информационный (раскрытие информации/прозрачность), сфокусированный на оценке степени готовности компаний раскрывать информацию в отношении воздействия на окружающую среду производственной деятельности. Экологические критерии рейтинга по трем разделам сформулированы на основе [2—9] и описаны авторами в статье [11].

Результаты рейтинга рассчитаны в три этапа: 1) присвоение каждому критерию каждой компании цветового уровня: зеленый, желтый или красный; 2) выставление количественных рейтинговых оценок по каждому из критериев для перевода цветового уровня в баллы: красному уровню присваивается значение 0 баллов, желтому — 1 балл, зеленому — 2 балла; 3) выведение среднеарифметического значения по каждому разделу для каждой компании. Нерелевантные критерии в этом расчете не участвуют. В результате каждая компания получает итоговое значение по каждому разделу. Итоговый рейтинговый балл рассчитывался для каждой компании как среднее арифметическое и варьировался от 0 до 2 баллов [10].

2. Результаты рейтинга за 2014—2021 гг.

2.1. Раздел 1 «Экологический менеджмент»

Управленческий раздел определяет ценность качества управления охраны окружающей среды в рейтингуемых компаниях. Введенные в него критерии в основном значительно суровей требований российского природоохранного законодательства и ориентированы на соответствие мировым практикам в области охраны окружающей среды в нефтегазовом бизнесе.

Перечень критериев с 2014 по 2021 г., входящих в раздел экологического менеджмента, ежегодно корректировался. Так, например, в 2015 г. формулировку критерия «учет прямых и косвенных выбросов парниковых газов и наличие программы по их снижению» дополнили словами «динамика», «раскрытие информации» и в 2016 г. перенесли в раздел 2 рейтинга. Чаще всего корректировкам подвергались критерии, связанные с энергоэффективностью от простого учета энергопотребления и наличия программы по его снижению до собственной выработки электрической энергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в том числе для производственных нужд (последний пункт был перенесен из раздела 2 в раздел 1 в 2021 г.). В качестве новшеств раздела в 2018 г. появился пункт «программа по повышению КИН (коэффициент извлечения нефти)», актуализировался критерий наличия документированной информации по взаимодействию с местным населением, ведущим традиционный образ жизни (например, с КМНС). Также в 2021 г. в раздел попали критерии, учитывающие риски изменения климата в деятельности компаний, что является важным дополнением для оценки готовности реализации углеродных проектов к изменениям суровых климатических условий Арктики.

Авторами составлена табл. 1 по материалам [2—9], в которой представлена динамика рейтинговых показателей управленческого раздела с 2014 по 2021 г. Российские нефтегазовые компании внедряют систему экологического менеджмента (СЭМ) на базе общепринятых стандартов ISO 14000, что отражается на их официальных сайтах в виде демонстрации сведений о наличии сертификатов

соответствия международному стандарту ISO 14001, текста экологической политики или аналогичного документа. В целом доминирует положительная динамика результатов рейтинга по данному разделу за 2014—2021 гг. Однако компания Сахалин Энерджи (Сахалин-2), являющаяся лидером по управленческому разделу за 2014—2020 гг., в 2021 г. продемонстрировала понижение рейтингового балла на 15% по сравнению со стабильно высоким баллом двух предыдущих лет. Компания Зарубежнефть, характеризующаяся ростом балла в управленческом разделе в 2014—2020 гг., показала его незначительный спад в 2021 г. (5% по сравнению с тремя предыдущими годами). При этом компания повысила рейтинговые результаты первого раздела почти в 2 раза в 2021 г. относительно 2014 г. Компания РуссНефть, имеющая и без того невысокие баллы по сравнению с другими компаниями в начале рейтинга, к 2021 г. сократила их на 35%. Остальные рейтингуемые компании повысили балл по разделу в 2021 г. по сравнению с 2014 г., что отражает развитие управленческой позиции в контексте экологической ответственности объектов российской нефтегазовой отрасли в Арктике.

2.2. Раздел 2 «Воздействие на окружающую среду»

Операционный раздел 2 оценивает масштаб воздействия российских компаний нефтегазового сектора на окружающую среду. При этом критерии в основном связаны с государственной статистической отчетностью в области охраны окружающей среды. Количественные показатели данных переводятся в качественную шкалу при помощи среднеотраслевых значений по каждому из критериев. Среднеотраслевой показатель, если отсутствует в официальных источниках, рассчитывается как среднеарифметическое показателей по компаниям, представленным в рейтинге. Для сравнительного анализа компаний используются удельные показатели, вычисляемые путем деления валовых значений на объем добычи, транспортировки и переработки углеводородов [12].

Критерии раздела 2 ежегодно корректируются. Чаще всего пересматриваются показатели, связанные с использованием земель и образованием отходов. В частности, в 2015 г. пункты «отношение площади нарушенных земель на конец года к началу года» и «отношение площади нарушенных и загрязненных

Таблица 1. Динамика результатов экологического рейтинга по управленческому разделу российских нефтегазовых компаний, реализующих деятельность в Арктике

Table 1. Dynamics of the results of the environmental rating for the management section of Russian oil and gas companies operating in the Arctic

Компания	Балл рейтинга по годам								Изменение балла в 2021 г. по сравнению с 2014 г.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Газпром ^{а, б}	1,2857	1,7778	1,8571	1,8571	1,6250	1,1125	1,1125	1,7000	↑ 0,4143
Сахалин Энерджи (Сахалин-2) ^{а, б}	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,8750	2,0000	2,0000	1,7000	↓ 0,3000
Зарубежнефть ^б	1,0000	1,2222	1,2857	1,5714	2,0000	2,0000	2,0000	1,9000	↑ 0,9000
ЛУКОЙЛ ^б	1,2857	1,5556	1,8571	1,7143	1,7500	1,8750	1,8750	1,900	↑ 0,6143
Роснефть ^{а, б}	1,1429	1,6667	1,5714	1,5714	1,6250	1,5000	1,5000	1,800	↑ 0,6571
Газпром нефть ^{а, б}	1,1429	1,3333	1,7143	1,7143	1,7500	1,6250	1,6250	1,700	↑ 0,5571
НОВАТЭК ^б	1,0000	1,1111	1,2857	1,1429	1,0000	1,1250	1,1250	1,5000	↑ 0,5000
Башнефть ^б	1,0000	1,1111	0,8571	—	—	—	—	—	—
Альянс-ННК ^б	0,0000	1,1111	0,1429	0,0000	—	—	0,0000	0,0000	0,0000
РуссНефть ^б	0,2857	0,3333	0,1429	0,2857	0,1250	0,1250	0,1250	0,1000	↓ 0,1857
Арктикгаз ^б	—	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	—	—	—	—

^а Компании, осуществляющие хозяйственную деятельность на Арктическом шельфе.

^б Компании, осуществляющие хозяйственную деятельность в АЗРФ.

земель к общей площади экспортируемых компаниями земель» были удалены из списка критериев. Однако в 2020 г. их вернули в раздел, сохранив формулировку первой и изменив формулировку второй на «отношение площади рекультивированных загрязненных земель в течение года к площади загрязненных земель в течение года». Из пункта, посвященного доле высокоэкологичного топлива в общем объеме производства топлив, был удален класс дизеля 3 в 2017 г., но сохранен высокооктановый бензин Евро 4, 5 и дизель классов 4, 5. Важно отметить, что в 2019 г. появились новые критерии оценивания или единиц измерения пунктов, связанных с удельными валовыми выбросами в атмосферу вредных веществ, уровнем утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), удельным водоотведением в поверхностные водоемы загрязненных вод, удельным водозабором, отношением образования отходов к их утилизации за год, использованием земель, удельной частотой порывов трубопроводов, удельным количеством разлитой нефти, конденсата и нефтепродуктов в результате аварий и порывов, а также долей сверхнормативных платежей в общем объеме платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Из всех рейтингуемых компаний только 7 представляют публичную информацию по данно-

му критерию: «Сахалин Энерджи» (Сахалин-2), «НОВАТЭК», «Газпром», «ЛУКОЙЛ», «Роснефть», «Газпром нефть», «Зарубежнефть». В целом в компаниях прослеживается положительная тенденция набранных по разделу баллов (табл. 2). Наибольший рост балла в 2021 г. по сравнению с 2014 г. (почти в 2 раза) характерен для Сахалин Энерджи (Сахалин-2). Важно отметить, что показатели раздела 2 в публичном доступе имеют лишь небольшое число из представленных нефтегазовых компаний.

2.3. Раздел 3 «Раскрытие информации/прозрачность»

Раздел 3 связан с оценкой степени готовности компаний раскрывать информацию о воздействии на окружающую среду в ходе производственной деятельности. Здесь в первую очередь важны факт наличия нефинансовой отчетности, составленной в рамках требований руководства GRI, его внешнего подтверждения (заверения), доступность оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), плана ликвидации аварийного разлива нефтепродуктов (ПЛАРН), плана ликвидации аварий (ПЛА) в части воздействия на ОС для общественности с обязательным размещением в сети Интернет, информирование общественности об авариях со значительным

Таблица 2. Динамика результатов экологического рейтинга по разделу 2 для российских нефтегазовых компаний, реализующих деятельность в Арктике

Table 2. Dynamics of the results of the environmental rating under Section 2 for Russian oil and gas companies operating in the Arctic

Компания	Балл рейтинга по годам								Изменение балла в 2021 г. по сравнению с 2014 г.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Газпром ^{а, б}	1,3333	1,7273	1,6364	1,1053	1,6842	1,1818	1,1818	1,600	↑ 0,2667
Сахалин Энерджи (Сахалин-2) ^{а, б}	0,9091	0,9000	1,8000	1,7895	1,7368	1,6667	1,6667	1,800	↑ 0,8909
Зарубежнефть ^б	1,1667	1,6000	1,1000	1,2667	1,5455	1,5455	1,5455	1,8333	↑ 0,6666
ЛУКОЙЛ ^б	0,9167	1,4545	1,5455	1,4211	1,4211	1,4242	1,4242	1,2632	↑ 0,3465
Роснефть ^{а, б}	0,7500	1,1818	1,2727	1,2000	1,3333	1,0000	1,0000	1,0000	↑ 0,2500
Газпром нефть ^{а, б}	0,5833	0,7273	1,0909	1,5333	1,3333	0,7727	0,7727	1,1875	↑ 0,6042
НОВАТЭК ^б	0,2727	0,9000	1,6000	1,0667	1,0000	1,1818	1,1818	0,8750	↑ 0,6023
Башнефть ^б	0,4167	0,6364	0,4545	—	—	—	—	—	—
Альянс-ННК ^б	0,0000	0,1818	0,1818	0,0000	—	—	0,3636	0,0000	0,0000
РуссНефть ^б	0,0000	0,0000	0,0000	0,3636	0,0909	0,3636	0,3636	0,0000	0,0000
Арктикгаз ^б	—	0,0000	0,0000	0,0000	—	—	0,0000	0,0000	—

социально-экологическим ущербом, включая деятельность компаний подрядчиков, информирование общественности о наличии экологических конфликтов на территориях присутствия компании между компаниями, включая деятельность компаний подрядчиков, наличие установленного порядка работы с обращениями граждан, доступность за отчетный период на сайте или в открытых источниках информации.

Критерии раздела 3 в наименьшей степени подвергались корректировкам по сравнению с другими разделами. В основном менялись формулировки пунктов критериев. Однако в 2018 г. был удален критерий, относящийся к доступности за отчетный период на сайте или в открытых источниках информации по пунктам разделов 1 и 2. В то же время были добавлены новые критерии: 1. Вовлечение заинтересованной общественности в проведение и анализ командно-штабных учений, комплексных

и иных учений по ЛАРН. 2. Доступность документированной информации (с количественными результатами, отражающими состояние и динамику) производственного экологического мониторинга для общественности с обязательным размещением в публичном пространстве. В 2021 г. в раздел был добавлен новый пункт, учитывающий доступность информации по доле/протяженности трубопроводов, эксплуатируемых компанией сверх нормативного срока службы. Данный качественный показатель служит дополнением для оценки степени готовности компаний к изменениям суровых климатических условий в Арктике.

В целом прослеживается положительная динамика результатов рейтинга. Однако такие компании, как РуссНефть, Альянс-ННК, понизили баллы по разделу в 2021 г. по сравнению с 2014 г. (табл. 3). Наибольший рост балла наблюдается у компании Зарубежнефть (на 80%).

Таблица 3. Динамика результатов рейтинга по разделу 3 для российских нефтегазовых компаний, реализующих деятельность в Арктике

Table 3. Dynamics of Section 3 rating results for Russian oil and gas companies operating in the Arctic

Компания	Балл рейтинга по годам								Изменение балла в 2021 г. по сравнению с 2014 г.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Газпром ^в	1,4444	1,1111	1,6667	1,6667	1,3333	1,3333	1,3333	1,7000	↑ 0,2556
Сахалин Энерджи (Сахалин-2) ^в	1,6667	1,6667	1,7778	1,7778	1,5556	1,7778	1,7778	1,8000	↑ 0,1333
Зарубежнефть ^в	1,0000	1,4444	1,3333	1,8889	1,5556	1,7778	1,7778	1,8000	↑ 0,8000
ЛУКОЙЛ ^в	0,7778	1,1111	1,5556	1,3333	1,7776	1,8889	1,8889	1,3000	↑ 0,5222
Роснефть ^в	1,2222	1,2222	1,2222	1,1111	1,5556	1,5556	1,5556	1,2000	↓ 0,0222
Газпром нефть ^в	0,8889	1,0000	1,3333	1,3333	1,3333	1,3333	1,3333	1,4000	↑ 0,5111
НОВАТЭК ^в	0,8889	0,8889	1,3333	0,8889	0,7778	1,0000	1,0000	1,2000	↑ 0,3111
Башнефть ^{в/д}	0,7778	1,0000	1,1111	—	—	—	—	—	—
Альянс-ННК ^{г/д}	0,5556	0,5556	0,5556	0,2222	—	—	0,2222	0,2000	↓ 0,3556
РуссНефть ^г	0,5556	0,4444	0,5556	0,3333	0,0000	0,2222	0,2222	0,2000	↓ 0,3556
Арктикгаз ^{д/г}	—	0,4444	0,4444	0,4444	—	—	—	—	—

^в Высокий уровень информационной прозрачности. Публикуется нефинансовая отчетность, имеется официальный сайт с информативным разделом, специально посвященным экологической политике компании и вопросам охраны окружающей среды. Компания публикует отчеты по устойчивому развитию и/или ежегодные экологические отчеты.

^г Низкий уровень информационной прозрачности. Не публикуется нефинансовая отчетность, имеется официальный сайт с краткими сведениями об экологических аспектах деятельности. Компания не публикует отчеты по устойчивому развитию и/или ежегодные экологические отчеты.

^д Отсутствует как нефинансовая отчетность, так и официальный сайт.

2.4. Итоговые результаты

Анализируя итоговые баллы рейтинга за 2014—2021 гг. (см. рис. 1), следует отметить, что до 2016 г. прослеживается ярко выраженная положительная динамика рейтинговых показателей (рис. 2). Далее, после спада в 2017 г., итоговые результаты рейтинга стабильны до 2021 г. в основном за счет семи компаний: Газпром, НОВАТЭК, Зарубежнефть, ЛУКОЙЛ, Роснефть, Газпром нефть, Сахалин Энерджи.

Все рейтингуемые компании можно разделить на три крупные группы по сумме итоговых баллов за 2014—2021 гг.:

1. Лидеры рейтинга (12—14 суммарных итоговых баллов): Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, ЛУКОЙЛ.
2. «Середняки» рейтинга (8—11,9 суммарного итогового балла): Газпром, Роснефть, Газпром нефть, НОВАТЭК.
3. Аутсайдеры рейтинга (0,7—2,5 суммарного итогового балла): Башнефть, Арктикгаз, Альянс ННК, Русснефть. У трех последних компаний рей-

тинг низкий из-за отсутствия комментариев по большинству критериев разделов, и поэтому им присваивается значение «0». К тому же Арктикгаз учитывается в рейтинге только с 2015 г. Итоговый суммарный балл Башнефти складывается лишь из трех лет (2014—2016 гг.) ввиду вхождения ее в ПАО НК «Роснефть» в 2016 г.

Анализ динамики среднего балла, как в целом, так и дифференцированно по разделам, указывает на положительную тенденцию роста экологической ответственности рейтингуемых компаний в 2014—2021 гг. (рис. 3) в основном за счет операционного раздела. В разделах 1 и 3 лидеры одинаковые: Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, ЛУКОЙЛ. В разделе 2 лидируют Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, Газпром. Средние значения баллов лидеров для раздела 1 составляют диапазон 1,62—1,94, для раздела 2 — 1,45—1,53, для раздела 3 — 1,45—1,72.

Таким образом, рейтинг экологической открытости российских нефтегазовых компаний,

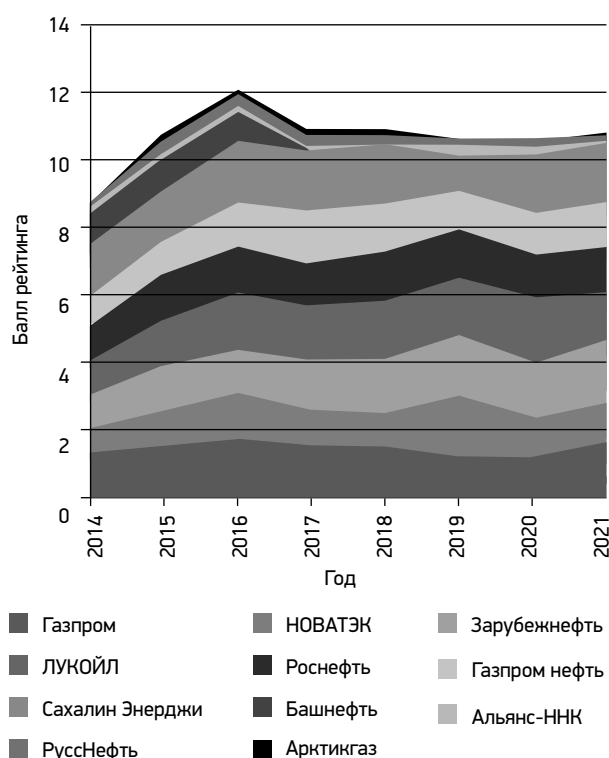


Рис. 2. Динамика итогового балла по нефтегазовым компаниям за 2014—2021 гг.

Figure 2. Dynamics of the final score for oil and gas companies for 2014—2021

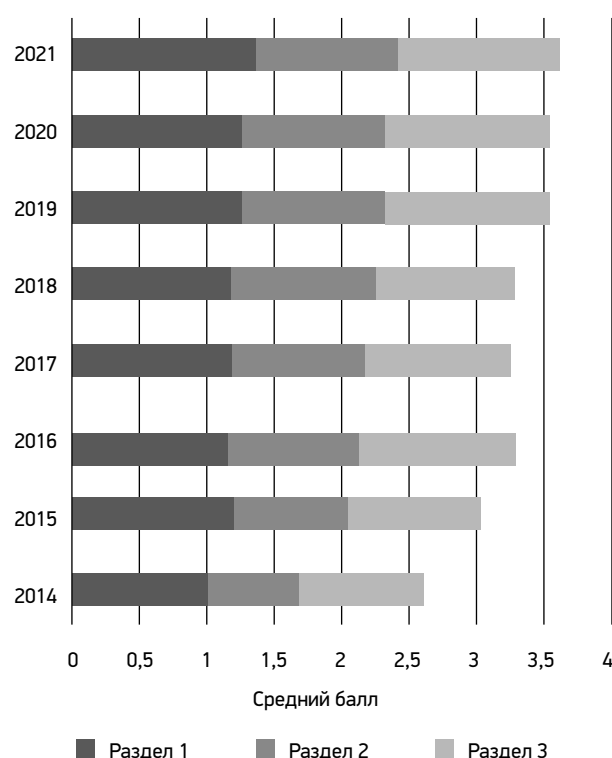


Рис. 3. Динамика среднего балла по разделам рейтинга за 2014—2021 гг.

Figure 3. Dynamics of the average score by rating sections for 2014—2021

осуществляющих свою хозяйственную деятельность в Арктике, отражает их положительное развитие в области экологического менеджмента, охраны окружающей среды, раскрытия информации общественности, что указывает на повышение эффективности управления в области экологической безопасности Арктического региона.

Заключение

В условиях мировой депривации в отношении использования нефти и газа, добываемых в Арктическом регионе, крайне важно сохранить и даже усилить действия, связанные с экологическим менеджментом, минимизацией воздействия на окружающую среду, открытостью и взаимодействием с обществом в российских нефтегазовых компаниях.

Анализируя итоговые баллы рейтинга за 2014—2021 гг., можно выделить три крупные группы нефтегазовых компаний:

1. Лидеры рейтинга: Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, ЛУКОЙЛ.
2. «Середняки» рейтинга: Газпром, Роснефть, Газпром нефть, НОВАТЭК.
3. Аутсайдеры рейтинга: Башнефть, Арктикгаз, Альянс НК, Русснефть.

В разделах «Экологический менеджмент» и «Раскрытие информации/прозрачность» лидеры одинаковые: Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, ЛУКОЙЛ. В разделе «Воздействие на окружающую среду» лидируют Сахалин Энерджи (Сахалин-2), Зарубежнефть, Газпром.

В связи с современными геополитическими вызовами нефтегазовой отрасли необходимо не пренебрегать экологией в пользу экономики в условиях мировой нестабильности. Компании, демонстрирующие высокую экологическую открытость и ответственность бизнеса в Арктическом регионе, смогут только нарастить свои конкурентные преимущества на рынках инвестиций, оборудования, товаров и услуг.

Литература [References]

1. Лукин Ю.Ф. Арктические вызовы России // Россия: общество, политика, история. 2022. № 2(2). С. 59-87. [Lukin Yu.F. Russia's arctic challenges // Russia: society, politics, history. 2020;(2(2)):59-87, (In Russ.)]
2. Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России 2014. М.: WWF России; Creon; HPA, 2014. 29 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2014. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2014. 29 p. (In Russ.)]
3. Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России 2015. М.: WWF России; Creon; HPA, 2015. 24 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2015. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2015. 24 p. (In Russ.)]
4. Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России 2016. М.: WWF России; Creon; HPA, 2016. 24 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2016. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2016. 24 p. (In Russ.)]
5. Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России 2017. М.: WWF России; Creon; HPA, 2017. 28 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2017. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2017. 28 p. (In Russ.)]
6. Рейтинг открытости нефтегазовых компаний России в сфере экологической ответственности 2018. М.: WWF России; Creon; HPA, 2018. 28 с. [Rating of openness of Russian oil and gas companies in the sphere of environmental responsibility 2018. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2018. 28 p. (In Russ.)]
7. Евразийский рейтинг открытости нефтегазовых компаний России в сфере экологической ответственности 2019. М.: WWF России; Creon; HPA, 2019. 20 с. [Eurasian rating of openness of Russian oil and gas companies in the sphere of environmental responsibility 2019: WWF of Russia; Creon; HPA, 2019. 20 p. (In Russ.)]
8. Рейтинг открытости экологической информации нефтегазовых компаний 2020. М.: WWF России; Creon; HPA, 2020. 32 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2020. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2020. 32 p. (In Russ.)]

9. Рейтинг открытости экологической информации нефтегазовых компаний 2021. М.: WWF России; Creon; HPA, 2021. 36 с. [Rating of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia 2021. Moscow: WWF Russia; Creon; HPA, 2021. 36 p. (In Russ.)]
10. Шварц Е.А., Книжников А.Ю., Пахалов А.М., Шерешева М.Ю. Оценка экологической ответственности нефтегазовых компаний, действующих в России: рейтинговый подход // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. 2015. № 5. С. 46—67. [Schwartz E.A., Knizhnikov A.Yu., Pakhalov A.M., Sheresheva M.Y. The assessment of environmental responsibility of oil and gas companies operating in Russia: the rating approach // Moscow University Economics Bulletin. Ser. 6. Economics. 2015;(5):46-67, (In Russ.)]
11. Трубицина О.П., Башкин В.Н. Экологический рейтинг как стимул снижения геоэкологического риска деятельности российских нефтегазовых компаний в Арктике // Проблемы анализа риска. 2017. Т. 14. № 2. С. 74-82, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2017-14-2-74-82> [Trubitsina O.P., Bashkin V.N. Environmental rating as an incentive to reduce geoenvironmental risk of Russian oil and gas companies operating in the Arctic // Issues of Risk Analysis. 2017;14(2):74-82, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2017-14-2-74-82>]
12. Горбунова О.И., Каницкая Л.В. Экологический менеджмент в нефтегазовых компаниях России: рейтинг экологической ответственности // Известия Байкальского государственного университета. 2017. Т. 27. № 3. С. 366—371, [https://doi.org/10.17150/2500-2759.2017.27\(3\).366-371](https://doi.org/10.17150/2500-2759.2017.27(3).366-371) [Gorbunova O.I., Kanitskaya L.V. Environmental management in Russian oil and gas companies: environmental responsibility rating // Bulletin of Baikal State University. 2017;27(3):366-371, (In Russ.), [https://doi.org/10.17150/2500-2759.2017.27\(3\).366-371](https://doi.org/10.17150/2500-2759.2017.27(3).366-371)]

Сведения об авторах

Трубицина Ольга Петровна: кандидат географических наук, доцент, доцент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» (САФУ имени М.В. Ломоносова)

Количество публикаций: более 100

Область научных интересов: геоэкологические риски, Арктика, нефтегазовая промышленность, геоэкологический рейтинг

Scopus Author ID: 57191332613

ORCID: 0000-0001-9847-9328

Контактная информация:

Адрес: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17

test79@yandex.ru

Башкин Владимир Николаевич: доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Количество публикаций: более 400

Область научных интересов: геоэкологические риски, газовая промышленность, биогеохимия

ResearcherID: J-4621-2018

Scopus Author ID: 7005340339

Контактная информация:

Адрес: 142292, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

vladimirbashkin@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 01.10.2022

Одобрена после рецензирования: 04.10.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 01.10.2022

Approved after reviewing: 04.10.2022

Accepted for publication: 13.10.2022

Date of publication: 29.12.2022

УДК 338.984

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-20-33>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2022

Применение риск-ориентированного подхода при выстраивании системы экологического менеджмента в соответствии со стандартом ISO 14001:2015

**Брыкалов С. М.,
Трифонов В. Ю.*,
Романова К. А.,**

Опытное конструкторское
бюро машиностроения имени
И. И. Африкантова,
603074, Россия, г. Нижний
Новгород, Бурнаковский пр-д,
д. 15

Аннотация

В статье предложен оригинальный подход к идентификации и управлению рисками системы экологического менеджмента в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001:2015 с учетом специфики деятельности промышленных организаций. Приведены алгоритмы выявления и оценки экологических аспектов и связанных с ними экологических рисков, а также разработки мероприятий по снижению экологических рисков и оценки результативности данных действий. Предложенные подходы и примеры могут применяться в различных отраслях промышленности и могут быть интересны научным работникам и специалистам в области экологического менеджмента и управления рисками.

Ключевые слова: экологические аспекты; окружающая среда; внешние и внутренние факторы; экологические риски; система управления рисками; система экологического менеджмента.

Для цитирования: Брыкалов С. М., Трифонов В. Ю., Романова К. А. Применение риск-ориентированного подхода при выстраивании системы экологического менеджмента в соответствии со стандартом ISO 14001:2015 // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 20—33, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-20-33>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Using a Risk-Based Approach to Building an Environmental Management System in Accordance with ISO 14001:2015

Sergey M. Brykalov,
Vasilii Yu. Trifonov*,
Ksenia A. Romanova,

Experimental Design Bureau of
Mechanical Engineering named
after I. I. Afrikantov,
Burnakovsky proyezd, 15,
Nizhny Novgorod, 603074,
Russia

Abstract

The article proposes an original approach to the identification and risk management of the environmental management system in accordance with the requirements of the ISO 14001:2015, taking into account the specifics of the activities of industrial organizations. Algorithms for identifying and assessing environmental aspects and related environmental risks, as well as developing measures to reduce environmental risks and evaluating the effectiveness of these actions are presented. The proposed approaches and examples can be applied in various industries and may be of interest to researchers and specialists in the field of environmental management and risk management.

Keywords: environmental aspects; environment; external and internal factors; environmental risks; risk management system; environmental management system.

For citation: Brykalov S. M., Trifonov V. Yu., Romanova K. A. Using a risk-based approach to building an environmental management system in accordance with ISO 14001:2015 // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):20-33, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-20-33>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Основная часть
Заключение
Литература

Введение

Атомная отрасль выполняет важнейшую задачу в обеспечении общества и промышленности надежными и безопасными источниками электроэнергии. Поэтому заинтересованность в ее стабильности и развитии оправдана практически всеми социально-экономическими субъектами, включая власть различных уровней, компании и население.

Плата за использование природных ресурсов и негативное воздействие на окружающую среду является основным источником финансирования природо-

доохранной деятельности. Статистика прошлых лет показывает, что потребность в затратах на восстановление и охрану окружающей среды постоянно возрастает [1].

Госкорпорация «Росатом» (далее — Корпорация) является одним из ключевых участников национального проекта «Экология», созданного по поручению Президента Российской Федерации, и работает сразу в двух направлениях — занимается созданием инфраструктуры для обращения с отходами I и II классов и ликвидацией объектов накопленного вреда, поскольку известно, что мы имеем непростое советское наследие [2].

В рамках первого направления в структуре Корпорации создано ФГУП «Федеральный экологический оператор» (организация Корпорации) как федеральный оператор по обращению с отходами I и II классов на территории Российской Федерации, уполномоченный на создание комплексной безопасной системы управления всей цепочкой создания отходов I и II классов от их образования до переработки во вторичную продукцию.

В рамках второго направления Корпорация ведет работу по федеральному проекту «Чистая страна» с целью снижения экологических рисков, связанных с объектами накопленного вреда окружающей среде, и по экологическому оздоровлению (рекультивации) загрязненных территорий [3].

Корпорация осознает, что функционирование ее организаций и подразделений может оказывать негативное воздействие на окружающую среду и население. Минимизация такого воздействия и обеспечение экологической безопасности являются одними из важнейших приоритетов деятельности организаций Корпорации, в связи с чем проводимая экологическая политика является важнейшим инструментом достижения экологических целей.

Организациями Корпорации осуществляется системный подход к реализации экологической политики, включающей планирование, осуществление природоохранных мероприятий, отчетность, оценку экологической эффективности результатов, внешний и внутриотраслевой контроль, своевременное проведение корректирующих мероприятий с учетом требований природоохранного законодательства.

Стратегической целью экологической политики является обеспечение экологически ориентированного развития Корпорации при поддержании высокого уровня экологической безопасности и снижении экологических рисков, связанных с использованием атомной энергии и осуществлением иных видов деятельности.

По итогам реализации экологической политики Корпорации в 2020 г. были достигнуты следующие результаты:

- уменьшение энергопотребления на 10% по сравнению с 2015 г.;
- уменьшение объемов сброса сточных вод на 9% по сравнению с 2019 г.;
- уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 1,6% по сравнению с 2019 г.;
- переход к двухкомпонентной структуре ядерной энергетики на базе тепловых и быстрых реакторов с замыканием ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) и переработкой ОЯТ, а также подготовка всех видов РАО к окончательному удалению из технологического цикла;
- минимизация вреда природным экосистемам посредством установки рыбозащитных сооружений, птицевоздушных устройств, защиты от шумового воздействия и др.;
- увеличение площади рекультивированных земель на 20,3% по сравнению с 2019 г.;
- использование в обязательном порядке системы управления радиационной безопасностью на всех ядерно и радиационно опасных объектах [4].

Для повышения экологической эффективности работы организации Корпорации руководствуются требованиями стандарта ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». Требования стандарта способствуют системному охвату проблем предприятий, связанных с загрязнением окружающей среды, экологическими рисками, требованиями заинтересованных сторон. Системное планирование с учетом экологических рисков позволяет предприятиям отойти от финансирования работы по охране окружающей среды по остаточному принципу и повысить экологическую эффективность деятельности, что, в свою очередь, обеспечивает повышение

конкурентоспособности и выход на новые «зеленые» рынки [5].

Для того чтобы соответствовать требованиям стандарта ISO 14001:2015, предприятию необходимо разработать результативную систему экологического менеджмента (далее — СЭМ). В России СЭМ внедряются предприятиями, стремящимися работать на международном рынке. Данная система направлена на:

- определение и контроль экологических рисков;
- поиск новых возможностей для бизнеса;
- систематизацию проблем предприятия, связанных с загрязнением окружающей среды;
- работу по снижению загрязнений на основе выявленных проблем и обоснованного планирования мероприятий в этом направлении [6].

Целью статьи является разработка оригинального методического подхода по выстраиванию процедур по идентификации и управлению рисками СЭМ в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001:2015, а также требованиями федеральных законов и Единой отраслевой экологической политики ГК «Росатом», учитывающими специфику деятельности промышленных предприятий атомной отрасли.

Основная часть

В настоящее время процессы управления рисками, как неотъемлемая часть принятия управленческих решений в условиях неопределенности, интегрируются в корпоративные системы менеджмента промышленных предприятий, включая и СЭМ [7]. Риск-менеджмент постепенно становится неотъемлемой частью основных и вспомогательных бизнес-процессов и проектов предприятия, эта тенденция является одной из главных в тренде глобальной трансформации современных систем менеджмента [8].

Исследуя тему управления экологическими рисками, мы обратили внимание, что в большинстве научных трудов, в частности в [9—11], описание процессов риск-менеджмента ограничено процедурами определения и оценки экологических аспектов, разработки экологических программ, при этом практически не отражен аспект по идентификации и управлению рисками, связанными с экологическими аспектами, разработкой действий по реаги-

рованию на них, а также оценкой результативности данных действий.

Кроме того, ISO 14001:2015 предписывает организациям регламентировать процедуры анализа результативности и уровня зрелости самой СЭМ, так как стандарты ISO требуют, чтобы любые системы менеджмента находились в тренде постоянного улучшения и развития. Методологию оценки результативности системы, адаптированную под специфику деятельности предприятия, как показано в исследовании [12], возможно разработать на основе существующих российских и зарубежных моделей зрелости систем управления рисками.

Следует отметить, что в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14005 [13], дающим организациям рекомендации по внедрению СЭМ с использованием поэтапного подхода, состояние дел в области риск-менеджмента является неотъемлемым критерием оценки зрелости СЭМ.

Указанный в данном стандарте поэтапный подход включает несколько итераций, каждая из которых состоит из следующих шести фаз (рис. 2):

- определение плановых результатов деятельности на рассматриваемом этапе, который может характеризоваться, например, набором экологических показателей;
- оценка состояния СЭМ (включая оценку действий в отношении рисков);
- выбор области совершенствования СЭМ;
- проведение анализа неиспользованных резервов (пробелов);
- планирование и внедрение усовершенствований в СЭМ для повышения экологической эффективности;
- проверка и анализ достижений (конечных результатов, уровня зрелости).

Нам представляется, что процедуры по идентификации рисков и мероприятий по их управлению должны выполняться на этапе планирования и внедрения усовершенствований в СЭМ, так как именно на этом этапе выполняется разработка экологических целей, экологических показателей и плана мероприятий по их достижению.

В ГОСТ Р ИСО 14005 указано, что при подходе к вопросу экологической эффективности необходимо основываться на понимании рабочей среды (контекста) организации, включая анализ потребности

и ожидания заинтересованных сторон, наиболее значимых экологических аспектов и обязательств по соблюдению природоохранных норм [13].

Данными аспектами необходимо руководствоваться и при определении действий в отношении рисков и возможностей, которые могут быть связаны с экологическими аспектами, обязательствами соблюдения, другими факторами или потребностями и ожиданиями заинтересованных сторон [5].

Таким образом, можно констатировать, что источниками рисков и возможностей СЭМ являются:

- требования заинтересованных сторон в рамках СЭМ;
- внешние и внутренние факторы, влияющие на СЭМ;
- экологические условия, в которых функционирует организация;
- экологические аспекты организации.

Углубляясь в специфику деятельности СЭМ, при выстраивании алгоритма процессов риск-менеджмента целесообразно выделить две группы экологических рисков, главным образом основываясь на несколько разном понимании целеполагания:

а) Риски и возможности, связанные с экологическими аспектами (в литературе под ними, как правило, подразумеваются экологические риски), характеризуют деятельность организации, по которой присутствует либо может присутствовать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду: производство, транспортировка, хранение, исследовательская деятельность, строительство, ремонт и обслуживание (зданий, трубопроводов, оборудования), административно-хозяйственная, социально-бытовая деятельность, энергообеспечение (включая котельные установки) и т. п. Целью идентификации и управления данными рисками является разработка и реализация мер по снижению уровня негативного воздействия конкретной деятельности/оборудования на окружающую среду.

б) Риски и возможности, связанные с разработкой, внедрением и развитием СЭМ (системные риски) характеризуют процессы выстраивания и управления самой СЭМ организации. Целью идентификации и управления системными рисками

является обеспечение гарантий достижения СЭМ своих запланированных результатов, исключение или уменьшение нежелательных последствий, включая возможность влияния внешних экологических условий на организацию (включая техногенные аварии), а также достижение СЭМ постоянного улучшения [5].

Реализовавшиеся риски, связанные с экологическими аспектами, являются индикаторами уровня развития и результативности СЭМ и могут свидетельствовать о недостаточно развитой СЭМ. В таком случае требуется глубокий анализ произошедших нарушений, событий, инцидентов, аварий, негативно повлиявших на состояние окружающей среды и переоценка по его результатам системных рисков СЭМ с учетом выявленных причин (факторов), а также идентификация новых возможностей (позитивных последствий рисков).

Таким образом, выстраивая алгоритм процессов риск-менеджмента в соответствии с ISO 14001:2015, мы получаем интеграционный эффект — результаты управления экологическими рисками влияют на развитие СЭМ как при прямой связи и воздействии, так и при обратной (рис. 1). Следует отметить, что подобный алгоритм был предложен авторами в статье [14], где сформулирована методология выстраивания процедур по управлению рисками в области охраны здоровья и обеспечения безопасности труда в соответствии с требованиями стандарта ISO 45001:2018.

Конечной же целью является, прежде всего, отсутствие рисков событий, влекущих за собой негативные последствия для окружающей среды на протяжении длительного периода, что свидетельствует о развитой и эффективной СЭМ.

Таким образом, алгоритм процессов риск-менеджмента в соответствии с ISO 14001:2015 можно представить в виде следующей схемы (рисунк).

Особое внимание, как наиболее сложному аспекту в данном алгоритме, безусловно, следует уделять процедуре определения источников рисков СЭМ (системных рисков), областей и/или сфер их возникновения. Многие руководители и риск-менеджеры руководствуются в данном вопросе скорее интуитивными соображениями и/или имеющимся управленческим опытом при идентификации данных рисков.

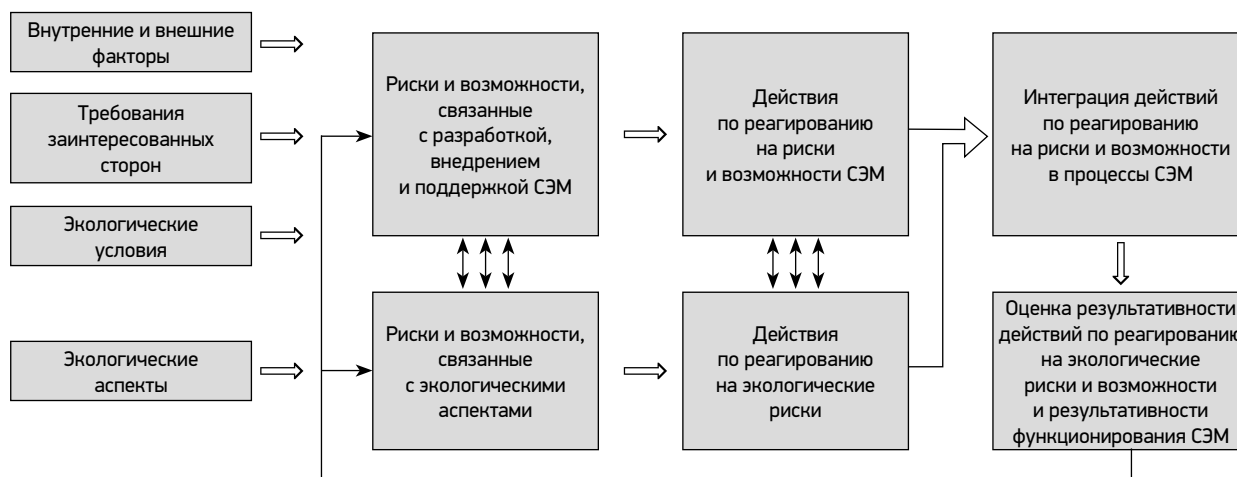


Рисунок. Алгоритм процессов риск-менеджмента в соответствии с ISO 14001:2015

Figure. Algorithm of risk management processes in accordance with ISO 14001:2015

Источник: составлено авторами на основе анализа ISO 14001:2015.

При построении процесса идентификации и оценки экологических рисков эффективным методом является применение системного анализа, предполагающего рассмотрение источников опасностей, самого риска, потенциально опасных работ и возможных последствий как единого целого [15].

В ISO 14001:2015 представлены некоторые разъяснения, указанные в Приложении А данного стандарта, включая пояснения и примеры внешних и внутренних факторов, требований заинтересованных сторон, экологических аспектов и условий, связанных с СЭМ. Также возможно определить, какие риски и возможности могут влиять на способность организации получать желаемые результаты от внедрения СЭМ.

Используя вышеуказанный алгоритм, реализуем данный подход применительно к организациям Корпорации.

На первом шаге рассмотрим детально каждый из источников рисков и возможностей СЭМ.

Заинтересованные стороны предъявляют различные требования к организациям Корпорации (табл. 1), которые должны быть учтены при разработке СЭМ и оценке рисков и возможностей.

Далее необходимо определить экологические условия, в которых осуществляет деятельность организация.

Под **экологическими условиями** могут подразумеваться:

- климатические условия;
- площадь промышленной площадки;
- наличие исторических и природных охранных зон на территории;
- рельеф местности;
- результаты измерений содержания загрязняющих веществ на границе с защитной зоной;
- наличие загрязненных территорий, рекультивации;
- уровень звукового шума.

На следующем этапе необходимо определить внутренние и внешние факторы, влияющие на деятельность организаций Корпорации в области СЭМ. Данные факторы, как можно заметить, определяются на основе требований заинтересованных сторон и экологических условий, в которых функционирует каждая организация, при этом внутренние факторы являются обеспечивающими (табл. 2).

Выполнив анализ внешних и внутренних факторов, требований заинтересованных сторон, мы можем приступить к определению (идентификации) связанных с их влиянием рисков СЭМ (системных рисков), используя при этом процессный подход [16], а также установить уровень значимости каждого риска и действия по их минимизации (табл. 3).

Таблица 1. Требования заинтересованных сторон Корпорации*Table 1. Requirements of the Corporation's stakeholders*

Заинтересованная сторона	Требования
Правительство, законодательные и надзорные органы	• развитие безопасной ядерной энергетики; • соблюдение законодательства в области СЭМ; • прозрачность деятельности в области СЭМ
Корпорация, руководство дивизионов	• выполнение стратегических и операционных целей в области СЭМ; • реализация требований политик, корпоративных нормативных документов в области СЭМ; • внедрение и поддержка лучших методов управления в соответствии с международными стандартами в области СЭМ (включая «зеленые» технологии)
Клиенты	• качество и безопасность продукции и услуг; • стабильное и безопасное энергоснабжение; • использование передовых экологически чистых технологий
Поставщики	• прозрачность деятельности в области СЭМ; • прозрачность закупочных процедур
Население	• потребность в стабильном электроснабжении с учетом обеспечения требований экологической безопасности; • отсутствие аварийных ситуаций
Сотрудники	• отсутствие аварийных ситуаций; • содействие формированию культуры, развитию образования в области СЭМ
Общественные организации, СМИ	• открытость информации в СМИ о состоянии и результатах в области СЭМ, экологических проектах, взаимодействии со СМИ

Таблица 2. Перечень внешних и внутренних факторов*Table 2. List of external and internal factors*

	Описание факторов
Внешние	1. Экономическая и геополитическая обстановка
	2. Экологические условия
	3. Развитие и освоение новых «зеленых» технологий, новых законов и опасностей на новых производственных участках
	4. Рост мирового потребления энергоресурсов и обострение климатической повестки
	5. Рост общественного внимания к экологическим проблемам, реализация национального проекта «Экология»
	6. Состояние окружающей среды в районе расположения организации
	7. Международные, национальные и местные законодательные акты и нормы в области охраны окружающей среды
	8. Требования, указанные в разрешительных документах, лицензиях или других формах санкционирования
Внутренние	1. Организационная структура, распределение функций и подотчетности
	2. Наличие политик, целей, стандартов, инструкций в области СЭМ
	3. Наличие установленных нормативов образования отходов, выбросов, стоков
	4. Наличие и достаточность персонала, уровень компетентности персонала в области СЭМ, действиях при возникновении и ликвидации ЧС
	5. Уровень организации и контроля за соблюдением требований в области СЭМ
	6. Информационные системы в области СЭМ, их работоспособность
	7. Накопленные знания в области СЭМ (статистика и анализ реализовавшихся экологических рисков и т. д.)
	8. Производственные и хозяйственные условия, степень износа оборудования
	9. Взаимоотношения с работниками, коммуникации
	10. Контрактные взаимоотношения, работа с поставщиками и подрядчиками
	11. Наличие и работоспособность материалов, оборудования для осуществления природоохранной деятельности
	12. Наличие и работоспособность систем водоснабжения и водоотведения, систем очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, систем обращения с отходами производства и потребления, радиоактивными отходами и др.

Таблица 3. Пример идентификации и анализа рисков СЭМ

Table 3. Example of EMS risk identification and analysis

Риски СЭМ	Влияние факторов/ требований ЗС	Уровень значимости риска	Действия по минимизации рисков
Отсутствие или несвоевременная актуализация разрешительной документации природоохранного значения	Законодательные акты и нормы в области охраны окружающей среды	Средний	Мониторинг законодательства
			Регулярное участие сотрудников отдела ООС в семинарах, форумах, выставках, конференциях по экологии
Неготовность персонала к возникновению и ликвидации ЧС (в т. ч. авариям, стихийным бедствиям)	Наличие и достаточность персонала, уровень компетентности персонала в области СЭМ, действиях при возникновении и ликвидации ЧС	Средний	Закупка противоаварийного оборудования, материалов
			Ежегодная актуализация ЛНА организации в соответствии с действующим законодательством
Выход из строя измерительного природоохранного оборудования	Наличие и работоспособность материалов, оборудования для осуществления природоохранной деятельности	Высокий	Планирование и проведение ТОиППР оборудования в соответствии с графиками ТОиППР

Оценку рисков СЭМ рекомендуется выполнять с использованием методов оценки согласно стандарту [17].

При этом в [18] автором справедливо отмечено, что каждый из типов экологических рисков требует своей методологии оценки, при этом все они характеризуются общими оценочными подходами независимо от того, где рассматривается риск: в системе «человек — среда обитания» или в системе «социально-гигиенического мониторинга».

Следует отметить, что качественная оценка рисков представляет собой субъективное мнение эксперта (экспертов) и, как правило, имеет тенденцию к занижению реального уровня значимости риска (его вероятности или степени возможного ущерба). Учитывая это, при мониторинге рисков необходимо обращать внимание прежде всего на фактические индикаторы (показатели), которыми, как было отмечено выше, являются реализовавшиеся экологические риски.

Идентификация экологических аспектов и экологических рисков

Одним из важнейших этапов на стадии планирования является идентификация экологических аспектов (далее — ЭА). Под ЭА понимается элемент деятельности организации, или ее продукции, или ее

услуг, который взаимодействует или может взаимодействовать с окружающей средой.

При этом, согласно ГОСТ Р ИСО 14005, предприятие должно определять ЭА, основываясь на общем понимании своего контекста, с учетом того, какие элементы его деятельности, продукции и услуг оказывают (или могут оказывать) воздействие на окружающую среду, а также уточнить степень этого воздействия. Менеджмент должен определить ЭА и воздействия, связанные с теми видами деятельности, которые он может контролировать или на которые может воздействовать, одновременно учитывая этапы жизненного цикла производимой продукции и услуг. Помимо этого, организация должна сформулировать критерии определения значимости того или иного экологического аспекта [13].

К ЭА, оказывающим прямое воздействие на окружающую среду, относятся аспекты, характеризующиеся следующими видами воздействия:

- выбросы в атмосферу;
- образование отходов;
- водопотребление;
- загрязнение почвы;
- аварийные разливы загрязняющих веществ;
- физические воздействия (шум, вибрация, электромагнитное излучение);

- радиоактивное загрязнение;
- сбросы сточных вод и др.

При определении степени воздействия предприятия на окружающую среду и показателей ЭА, формировании отчетности важной составляющей является правильно выстроенный процесс сбора и анализа количественной экологической информации. Это особо актуально для организаций, которые по каким-либо причинам только приступили к выстраиванию или пересмотру СЭМ.

В семействе экологических стандартов 14000 представлен стандарт ГОСТ Р ИСО 14033 [19], в котором содержатся рекомендации и примеры сбора и предоставления количественной экологической информации с учетом разделения сложного процесса обработки данных о состоянии окружающей среды с помощью системного анализа и метрологии на отдельные упрощенные этапы с четко поставленной задачей.

Рекомендуется определить (и систематически актуализировать) наиболее значимые ЭА деятельности организации и для каждого из них выполнить описание и оценку экологического риска, включая формулировку мер по снижению риска. По итогам проведенного анализа должен быть разработан реестр экологических рисков (табл. 4).

Оценку экологических рисков СЭМ рекомендуется выполнять как с использованием стандартизированных методов оценки согласно [17], так и с применением методов, адаптированных под спе-

цифику природоохранной деятельности, подробно рассмотренных в научных трудах [20, 21].

Контроль за выполнением работ по управлению экологическими рисками обеспечивается в рамках проведения производственно-экологического контроля (ПЭК) с целью обеспечения экологической безопасности, получения достоверной информации о состоянии окружающей среды, соблюдения установленных нормативов воздействия на окружающую среду, рационального использования природных и энергетических ресурсов, а также исполнения требований и нормативов экологического законодательства.

Менеджменту организации рекомендуется определить исчерпывающий перечень объектов ПЭК, включая:

- стационарные и передвижные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- атмосферный воздух на границе санитарно-защитной зоны организации;
- газоочистные установки;
- промфекальные и ливневые стоки, сбрасываемые в систему городской канализации;
- локальные очистные сооружения сточных вод;
- почву на промышленной площадке организации и в санитарно-защитной зоне;
- источники образования отходов производства;
- места временного хранения (накопления) отходов;
- территорию организации.

Таблица 4. Пример реестра экологических рисков

Table 4. Example of environmental risk register

№ п/п	Вид деятельности, процесс, операция	ЭА	Описание риска	Оценка значимости риска	Меры по снижению риска
1	Термообработка пружин в электропечи	Выбросы в атмосферу	Превышение норматива выбросов в атмосферу	Средний	Монтаж вытяжной вентиляции с очисткой выбросов на участке изготовления пружин
2	Хранение и эксплуатация радиационных источников	Радиоактивное загрязнение	Выход из строя оборудования радиационного контроля	Высокий	Проведение ТОиППР гамма-дефектоскопов и рентгеновских аппаратов
3	Эксплуатация мазутохранилища	Загрязнение почвы	Аварийный разлив нефтепродуктов	Средний	Закупка сорбента для биоразложения нефтепродуктов

Таблица 5. Анализ рисков события

Table 5. Risk event analysis

Описание инцидента	Выявленные причины	Корреляция с фактором, влияющим на СЭМ
Аварийный разлив нефтепродуктов	1. Недостаточное количество персонала аварийных бригад. 2. Недостаточное понимание персоналом аварийных бригад необходимых действий при наступлении аварийных ситуаций	Наличие и достаточность персонала, уровень компетентности персонала в области СЭМ, действиях при возникновении и ликвидации ЧС

Оценка результативности действий по реагированию на экологические риски и результативности функционирования СЭМ

Оценку результативности действий по реагированию на экологические риски и результативности функционирования СЭМ в целом рекомендуется выполнять с установленной периодичностью (ежеквартально, раз в полугодие, ежегодно).

Результативность действий по реагированию на риски оценивается по результатам следующих мероприятий:

- ПЭК;
- инспекционные проверки природоохранных органов;
- внешние и внутренние аудиты ISO 14001:2015;
- расследования инцидентов, аварий (при наличии).

Результатом проведенных мероприятий должен стать подробный информационно-аналитический отчет по экологической безопасности, включающий в том числе описание всех нарушений происшествий, аварий, инцидентов в области экологической безопасности, имевших место в организации за отчетный период, с подробным анализом их причин.

Причины и факторы негативного воздействия на окружающую среду, имевшего место за отчетный период, необходимо сопоставить с выявленными факторами, влияющими на СЭМ (внешние и внутренние факторы). Проведя подобный анализ, мы определим, какие факторы в отчетном периоде выступили наиболее дестабилизирующими для поддержки и развития СЭМ.

В приведенном примере за отчетный период был выявлен реализовавшийся экологический риск — аварийный разлив нефтепродуктов с последующим загрязнением земельного участка. Установленные

по результатам ПЭК причины инцидента — недостаточное количество персонала аварийных бригад, а также недостаточное понимание персоналом аварийных бригад необходимых действий при наступлении аварийных ситуаций (при том, что нормативная документация, регламентирующая порядок действий персонала при возникновении нештатных ситуаций, в организации разработана и систематически актуализируется) (табл. 5).

При этом необходимо провести корреляцию причин реализовавшегося экологического риска (инцидента) с системными факторами, влияющими на СЭМ, и соответствующим системным риском. В данном случае становится очевидным, что для риска СЭМ «Неготовность персонала к возникновению и ликвидации ЧС (в т. ч. авариям, стихийным бедствиям)» факторы определены корректно, однако разработанных мер по минимизации риска (закупка противоаварийного оборудования и материалов, ежегодная актуализация ЛНА организации в соответствии с действующим законодательством) оказалось недостаточно.

По результатам выполненного анализа результативности необходимо выполнить следующие процедуры:

В части анализа экологических рисков:

- актуализировать результаты определения и оценки уровней соответствующих экологических рисков (в данном случае — аварийный разлив нефтепродуктов);
- актуализировать перечень существующих мер по устранению/снижению уровней экологических рисков, разработать дополнительные меры.

В части рисков и возможностей СЭМ (табл. 6):

- выполнить переоценку реализовавшихся системных рисков СЭМ, в основе которых лежат фак-

Таблица 6. Корректировка системных рисков СЭМ

Table 6. Adjustment of EMS system risks

Риски СЭМ	Влияние факторов/требований ЗС	Уровень значимости риска	Действия по минимизации рисков
Неготовность персонала к возникновению и ликвидации ЧС (в т. ч. авариям, стихийным бедствиям) (риск)	Наличие и достаточность персонала, уровень компетентности персонала в области СЭМ, действия при возникновении и ликвидации ЧС	Высокий	Закупка противоаварийного оборудования, материалов Ежегодная актуализация ЛНА организации в соответствии с действующим законодательством Дополнительные меры: Проведение информационной разъяснительной работы с персоналом по выполнению требований отдельных пунктов ЛНА в области ЧС
Совершенствование организации аварийного реагирования (возможность)		Высокий	Создание комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС. Оптимизация состава аварийных бригад, создание новых

торы, по которым разработанные меры оказались недостаточными для избежания рисков (в данном случае это наличие и достаточность персонала, уровень компетентности персонала в области СЭМ, действия при возникновении и ликвидации ЧС);

- для реализовавшихся рисков СЭМ необходимо скорректировать неэффективные мероприятия и/или разработать дополнительные;
- определить возможности по улучшению СЭМ на основе негативных факторов и реализовавшихся рисков.

Разработанные мероприятия по минимизации рисков, а также действия по реализации возможностей должны быть своевременно интегрированы в процессы СЭМ — учтены при разработке экологических целей, экологических программ, планировании закупочных процедур, разработке бюджета, формировании инвестиционной программы и т. д.

Результативность мероприятий риск-менеджмента следует учитывать при оценке экологической эффективности (ОЭЭ) — процессе управления, использующем ключевые показатели эффективности таким образом, чтобы выполнять сравнение прошлой и настоящей экологической эффективности организации с ее экологическими целями и задачами. Внутри самой организации ОЭЭ может помочь в достижении целей и выполнении задач, связанных с экологической эффективностью, содействовать

внедрению и развитию СЭМ, а также способствовать передаче и обмену информацией по экологической эффективности с внешними заинтересованными сторонами, чтобы продемонстрировать свою приверженность непрерывному совершенствованию [22].

Заключение

Безопасность, в том числе и экологическая, является приоритетным направлением деятельности любого промышленного предприятия. Построение и успешное функционирование системы управления экологическими рисками является не столько самоцелью менеджмента в обеспечении требований стандарта ISO 14001:2015, сколько серьезной поддержкой развития корпоративного управления предприятия в целом.

Именно слаженная и грамотная работа менеджмента по управлению экологическими аспектами и рисками позволяет организовать бесперебойное и успешное функционирование СЭМ, обеспечивая соблюдение требований в области охраны окружающей среды и уменьшая при этом негативное воздействие на нее, что делает производство продукции экологически чистым и безопасным.

Предложенная в статье методология по планированию и реализации процессов риск-менеджмента в соответствии со стандартом ISO 14001:2015 может

быть использована и тиражирована промышленными предприятиями в практике стратегического управления при организации и выстраивании эффективных СЭМ с учетом риск-ориентированного подхода.

Литература [References]

1. Национальный проект «Экология» // Журнал «Вестник Атомпрома». 2021. № 3. С. 5—6. [National project “Ecology” // Journal “Bulletin of Atomprom”. 2021. No. 3. P. 5—6, (In Russ.)]
2. Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс]. <http://rosatom.ru/production/ecologicheskie-resheniya/> (Дата обращения: 02.06.2022). [Official website of the State Atomic Energy Corporation Rosatom [Electronic resource]. <http://rosatom.ru/production/ecologicheskie-resheniya/>, (In Russ.) (Accessed: 02.06.2022)]
3. Отчет «Итоги деятельности Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2021 год» / Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс]. https://www.report.rosatom.ru/go/2021/rosatom_2020.pdf (Дата обращения: 02.06.2026). [Report “Results of the activities of the State Atomic Energy Corporation Rosatom for 2021”. Official website of the State Atomic Energy Corporation Rosatom [Electronic resource]. https://www.report.rosatom.ru/go/2021/rosatom_2020.pdf, (In Russ.) (Accessed: 02.06.2022)]
4. Отчет Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» о прогрессе в области устойчивого развития за 2021 год / Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс]. https://www.report.rosatom.ru/go/2020/rosatom_esg_2021.pdf (Дата обращения: 02.06.2022). [Report of the State Atomic Energy Corporation Rosatom on progress in the field of sustainable development for 2021 / Official Website of the State Atomic Energy Corporation Rosatom [Electronic resource]. https://www.report.rosatom.ru/go/2020/rosatom_esg_2021.pdf, (In Russ.) (Accessed: 02.06.2022)]
5. Международный стандарт ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» [Электронный ресурс]. <https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-14001-2015-%28rus%29.pdf> (Дата обращения: 02.06.2022). [International Standard ISO 14001:2015 “Environmental Management Systems. Requirements and Application Guide” [Electronic resource]. <https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-14001-2015-%28rus%29.pdf>, (In Russ.) (Accessed: 02.06.2022)]
6. Единая отраслевая экологическая политика Госкорпорации «Росатом» и ее предприятий / Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс]. <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/74e/74eb9c650aa73e74d0b9b9aadea0c1f8.pdf> (Дата обращения: 06.06.2022). [Unified industry environmental policy of ROSATOM and its enterprises / Official website of the State Atomic Energy Corporation ROSATOM [Electronic resource]. <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/74e/74eb9c650aa73e74d0b9b9aadea0c1f8.pdf>, (In Russ.) (Accessed: 02.06.2022)]
7. Трифонов Ю. В., Брыкалов С. М., Трифонов В. Ю. Интеграция систем планирования с системами управления рисками на крупных предприятиях // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 2. С. 122—132. DOI: 10.17747/2618-947X-2019-2-122-132. [Trifonov Yu. V., Brykalov S. M., Trifonov V. Yu. Integration of planning systems with risk management systems on large enterprises // Strategic Decisions and Risk Management. 2019;10(2):122-132, (In Russ.), DOI: 10.17747/2618-947X-2019-2-122-132]
8. Трифонов Ю. В., Брыкалов С. М., Трифонов В. Ю. Трансформация современных систем менеджмента // Проблемы теории и практики управления. 2021. № 8. С. 75—94, <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-8-75-94>, [Trifonov Yu. V., Brykalov S. M., Trifonov V. Yu. Transformation of modern management systems // Management theory and practice. 2021;(8):75-94, (In Russ.), <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-8-75-94>]
9. Хакимьянова Н. А. Идентификация экологических рисков нефтяных компаний // Научный журнал «Студенческий». 2019. № 39-4(83). С. 85—87. [Khakimyanova N. A. Identification of environmental risks of oil companies // Scientific journal “Student”. 2019;(39-4(83)):85-87, (In Russ.)]
10. Сергеева И. Г., Схаб Н. А. Идентификация и оценка экологических рисков компаний нефтегазового сервиса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2020. № 4. С. 3—10, DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-4-3-10 [Sergeeva I. G., Skhab N. A. Identification and assessment of environmen-

- tal risks for oil and gas service companies // Scientific journal NRU ITMO Series "Economics and Environmental Management". 2020;(4):3-10, (In Russ.), DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-4-3-10]
11. Галкина Е.Е., Афонина О.А., Рассадина Д.О., Гусева Т.И., Незведова С.А. Соблюдение требований стандарта ISO 14001:2015 при планировании работ по охране окружающей среды как средство повышения экологической эффективности работы предприятия // Качество и жизнь. 2020. № 2 (26). С. 48—52, DOI: 10.34214/2312-5209-2020-26-2-48-52 [Galkina E. E., Aphonina O. A., Rassadina D. O., Guseva T. I., Nezvedova S. A. Compliance with the requirements of ISO 14001:2015 when planning environmental protection activities as a means of improving the environmental efficiency of the enterprise // Quality and life. 2020;(2(26)):48-52, (In Russ.), DOI: 10.34214/2312-5209-2020-26-2-48-52]
12. Брыкалов С.М., Кузнецова Н.А., Трифонов В.Ю., Трифонов Ю.В. Оценка эффективности и зрелости системы управления рисками на предприятии // Фундаментальные исследования. 2021. № 3. С. 17—26, DOI: 10.17513/fr.42974 [Brykalov S. M., Kuznetsova N. A., Trifonov V. Yu., Trifonov Yu. V. Risk management maturity model efficiency assessment // Fundamental research. 2021;(3):17-26, (In Russ.), DOI: 10.17513/fr.42974]
13. ГОСТ Р ИСО 14005:2019 Системы экологического менеджмента. Руководящие указания по применению гибкого подхода поэтапного внедрения системы экологического менеджмента. [GOST R ISO 14005:2019 Environmental Management Systems. Guidelines for the application of a flexible approach to the phased implementation of the environmental management system, (In Russ.)]
14. Брыкалов С.М., Трифонов В.Ю., Гурьева Е.А. Подходы к выстраиванию процессов управления рисками охраны здоровья и обеспечения безопасности труда в соответствии со стандартом ISO 45001:2018 // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 1. С. 10—22, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-1-10-22> [Brykalov S. M., Trifonov V. Yu., Gurieva E. A. Approaches to building health and safety risk management processes in accordance with ISO 45001:2018 // Issues of Risk Analysis. 2022;19(1):10-22, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-1-10-22>]
15. Скворцова И.В., Смирнова И.С., Злобина З.А. Экологические риски в разрезе концепции устойчиво-го развития // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2020. № 4 (44). С. 651—655. [Skvortsova I. V., Smirnova I. S., Zlobina Z. A. Environmental risks in the concept of sustainable development // Sciff. Questions of Students Science. 2020;(4(44)):651-655, (In Russ.)]
16. Трифонов Ю.В., Трифонов В.Ю., Брыкалов С.М. Процессный подход при идентификации рисков организации // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 12. С. 3139—3148, DOI: 10.18334/epp.10.12.111229 [Trifonov Yu. V., Trifonov V. Yu., Brykalov S. M. Process approach for identifying organizational risks // Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2020;10(12):3139-3148, (In Russ.), DOI: 10.18334/epp.10.12.111229]
17. ГОСТ Р 58771:2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска. [GOST R 58771:2019 Risk Management. Risk Assessment Technologies, (In Russ.)]
18. Медведева С.А. Экологический риск. Общие понятия, методы оценки // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. Т. 1. № 1(1). С. 67—81 [Medvedeva S. A. Environmental risk. general concepts and assessment methods // XXI Century. Technosphere Safety. 2016;1(1(1)):67-81, (In Russ.)]
19. ГОСТ Р ИСО 14033:2021 Экологический менеджмент. Количественные экологические данные. Руководство и примеры. [GOST R ISO 14033:2021 Environmental Management. Quantitative environmental data. Guidelines and Examples, (In Russ.)]
20. Касьяненко А.А. Современные методы оценки рисков в экологии: Учеб. пособие. М.: Изд-во РУДН. 2008. 271 с. [Kasyanenko A. A. Modern methods of risk assessment in ecology: Tutorials Manual. M. RUDN Publishing House. 2008. 271 p.]
21. Сугак Е.В. Современные методы оценки экологических рисков // European Social Science Journal. 2014. № 5-2 (44). С. 427—433. [Sugak E. V. Modern methods of estimation of environmental risk // European Social Science Journal. 2014;(5-2(44)):427-433, (In Russ.)]
22. ГОСТ Р ИСО 14031:2016 «Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности. Руководство по оценке экологической эффективности». [GOST R ISO 14031-2016 "Environmental Management. Assessment of environmental efficiency. Guidelines for Environmental Performance Assessment", (In Russ.)]

Сведения об авторах

Брыкалов Сергей Михайлович: доктор экономических наук, начальник департамента стратегического развития и развития производственной системы, АО «ОКБМ Африкантов»

Количество публикаций: более 50

Область научных интересов: стратегическое управление, операционная эффективность, управление рисками

Researcher ID: B-2279-2015

ORCID: 0000-0001-5989-8802

Контактная информация:

Адрес: 603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский пр-д, д. 15

sm-brykalov@okbm.nnov.ru

Трифонов Василий Юрьевич: кандидат экономических наук, ведущий инженер отдела стратегического развития АО «ОКБМ Африкантов»

Количество публикаций: 17

Область научных интересов: стратегическое и операционное планирование, управление рисками

ORCID: 0000-0003-0781-6152

Контактная информация:

Адрес: 603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский пр-д, д. 15

vutrifonov@okbm.nnov.ru

Романова Ксения Анатольевна: инженер АО «ОКБМ Африкантов»

Количество публикаций: 1

Область научных интересов: управление предприятием, управление рисками

Контактная информация:

Адрес: 603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский пр-д, д. 15

romanova_ka@okbm.nnov.ru

Статья поступила в редакцию: 22.06.2022
Одобрена после рецензирования: 16.08.2022
Принята к публикации: 07.10.2022
Дата публикации: 29.12.2022

*The article was submitted: 22.06.2022
Approved after reviewing: 16.08.2022
Accepted for publication: 07.10.2022
Date of publication: 29.12.2022*

УДК 33

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-34-49>ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2022

Фасетно-иерархический подход к классификации климатических рисков в контексте экономической деятельности предприятия

Михеев П.Н.,
Русское общество управления
рисками,
119602, Россия, г. Москва,
Никулинская ул., д. 27/129

Аннотация

В статье представлен фасетно-иерархический подход к классификации климатических рисков в контексте экономической деятельности предприятия. Актуальность климатической тематики обусловлена беспрецедентными темпами глобального потепления в предыдущие десятилетия и усилением климатического воздействия на экономику не только на макроэкономическом уровне, но и на уровне отдельных организаций. Одной из ключевых задач для предприятия становится создание такой системы классификации рисков, которая позволит не только идентифицировать и агрегировать информацию о факторах рисков, связанных с изменением климата, но и обеспечить быстрое оперативное реагирование на имеющиеся и вновь возникающие опасности. Цель данной работы — исследование возможностей использования фасетно-иерархического метода классификации климатических рисков в приложении к управлению рисками экономической деятельности предприятия. Структура классификатора строится исходя из принципа интеграции всех видов деятельности, представленной в виде четырех основных подсистем: объектной, процессной, проектной и средовой. Важным дополнением фасетного подхода является иерархическая структура каждого фасета. Иерархия подчиненных признаков выстраивается внутри каждого фасета и позволяет учесть, с одной стороны, многосторонний характер климатического воздействия, с другой — специфические особенности экономической структуры предприятия. Предложенный метод можно модифицировать в зависимости от конкретных практических задач и интегрировать в общую систему управления рисками организации. Полученная с использованием результатов классификации, логически обоснованного учета и оценки рисков информация может способствовать принятию результативных управленческих решений и увеличению стоимости компании.

Ключевые слова: климатический риск; классификация; предприятие; экономическая деятельность; фасеты; иерархия; системная экономическая теория; методика.

Для цитирования: Михеев П.Н. Фасетно-иерархический подход к классификации климатических рисков в контексте экономической деятельности предприятия // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 34—49, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-34-49>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Facet-Hierarchical Approach to the Classification of Climate Risks in the Context of the Economic Activity of the Enterprise

Petr N. Mikheev,

Russian Risk Management Society,
Nikulinskaya str., 27/129,
Moscow, 119602, Russia

Abstract

The article presents a facet-hierarchical approach to the classification of climate risks in the context of the economic activity of an enterprise. The relevance of climate issues is due to the unprecedented pace of global warming in previous decades and the increased climate impact on the economy, not only at the macroeconomic level, but also at the level of individual organizations. An important task for the enterprise is to create such a risk classification system that will allow not only to identify and aggregate information about the risks associated with climate change in the context of economic activity, but also to ensure a rapid operative response to existing and emerging hazards. The purpose of this work is to study the possibilities of using the facet-hierarchical method of climate risk classification in application to risk management in the context of the economic activity of an enterprise. The structure of the classifier is built on the basis of the principle of integration of the enterprise activity, presented in the form of four main subsystems: object, process, design and environment. An important addition to the facet approach is the hierarchical structure of each facet. The hierarchy of subordinate features is built within each facet and allows taking into account, on the one hand, the multilateral nature of the climate impact, on the other hand, the complexity of the economic structure of the enterprise. The proposed method can be modified depending on specific practical tasks and integrated into the overall risk management system of the organization. The information obtained based on logically proven accounting, classification and risk assessment can contribute to the adoption of effective management decisions and increase the value of the company.

Keywords: climate risk; classification; enterprise; economic activity; facets; hierarchy; system economic theory; methodology.

For citation: Mikheev P.N. Facet-hierarchical approach to the classification of climate risks in the context of the economic activity of the enterprise // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):34-49, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-34-49>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Проблема классификации климатических рисков
2. Фасетно-иерархический подход
3. Структура классификатора и особенности фасетов

Заключение

Литература

Введение

Одной из важнейших задач, с которыми сталкиваются российские предприятия, является правильная организация и внедрение системы управления рисками. Процедуры идентификации и оценки рисков, разработки мероприятий по управлению рисками, а также своевременного оповещения об опасностях и возможных последствиях, встроенные в бизнес-процессы организации, являются одним из важнейших инструментов повышения эффективности и результативности работы предприятия независимо от области его деятельности. Сложность указанной задачи связана с неопределенностью, обусловленной, с одной стороны, недостатком знаний, с другой — хаотическим поведением самой окружающей действительности. В условиях кризиса современной глобальной финансовой системы и ужесточения конкуренции, с внедрением новых информационных технологий, ухудшением экологической обстановки риски становятся многофакторными, появляются новые виды рисков и зависимостей.

Беспрецедентные темпы глобального потепления в предыдущие десятилетия (самого сильного потепления за последние 7 тыс. лет [1]) и связанные с ним риски определяют актуальность климатической тематики не только на международном и государственном уровнях, но и на уровне отдельных предприятий. Формируются новые представления об успешности и устойчивости бизнеса, в которых большое значение имеют ESG-факторы (англ. Environmental, Social, and Corporate Governance) (экологические, климатические, социального развития и корпоративного управления). В Российской Федерации данные тенденции находят отражение в требованиях законодательства¹, нормативных правовых актов государственных органов власти²

и регуляторов, в частности — Центрального банка Российской Федерации (Банк России)³, в которых большое внимание уделяется вопросам устойчивого развития и влияния климатических факторов на экономическую деятельность предприятий, а также воздействию предприятий на окружающую среду и климат. Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России)⁴ утвержден единый подход к организации и проведению оценки климатических рисков, акцентирующий внимание на выявлении опасных климатических факторов, в том числе для предприятия, его подверженности этим факторам и уязвимости к ним. «В определение уязвимости рекомендуется включать установление чувствительности (работоспособности) объекта воздействия при наличии климатического фактора различной интенсивности и продолжительности и анализ способности объекта воздействия реагировать (адаптироваться) в отношении этого фактора». При оценке климатических рисков финансово-хозяйственной деятельности рекомендуется использовать критические значения гидрометеорологических показателей, актуализированные по результатам прикладных научных исследований. Разработанные Методические рекомендации направлены на формирование отраслевых, региональных и корпоративных планов адаптации к изменениям климата с ориентацией на предложенный перечень показателей. Важная роль в механизме контроля правоприменительной практики данного документа отводится Департаменту конкуренции, энергоэффективности и экологии Минэкономразвития России.

На фоне повышенного внимания государственных и регулирующих органов к вопросам изменения климата, а также развития ответственного инвестирования возрастает запрос на информацию о дея-

¹ Федеральный закон Российской Федерации от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» // Собрание законодательства РФ. 05.07.2021. № 27 (ч. I). Ст. 5124.

² Приказ Минэкономразвития России от 13.05.2021 № 267 «Об утверждении Методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Minekonomrazvitiya-Rossii-ot-13.05.2021-N-267> (Дата обращения: 25.08.2022); Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726639341> (Дата обращения: 25.08.2022); Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.02.2022 № 133 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021—2030 годы». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202140015> (Дата обращения: 25.08.2022).

³ Информационное письмо Банка России от 16.12.2021 № ИН-06-28/96 «О рекомендациях по учету советом директоров публичного акционерного общества ESG-факторов, а также вопросов устойчивого развития». URL: <http://www.cbr.ru/crosscut/lawacts/file/5757>. (Дата обращения: 25.08.2022); Информационное письмо Банка России от 15.07.2020 № ИН-06-28/111 «О рекомендациях по реализации принципов ответственного инвестирования». URL: <http://www.cbr.ru/crosscut/lawacts/file/5757> (Дата обращения: 25.08.2022).

⁴ Приказ Минэкономразвития России от 13.05.2021 № 267 «Об утверждении Методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Minekonomrazvitiya-Rossii-ot-13.05.2021-N-267> (Дата обращения: 25.08.2022).

тельности компаний с учетом климатических факторов и на ее независимую оценку на основе анализа раскрываемой ими информации. Банк России рекомендует «участникам российского финансового рынка развивать компетенции по выявлению, оценке и управлению климатическими рисками, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Раскрытие информации, связанной с устойчивым развитием (в том числе по учету климатических рисков), также повысит осведомленность потенциальных инвесторов о возможностях, связанных с устойчивым финансированием и ответственным инвестированием»⁵. На повестке дня принятие новых Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) (англ. International Financial Reporting Standards, IFRS) в области раскрытия финансовой информации, связанной с устойчивым развитием (проект стандарта IFRS S1) и климатом (проект стандарта IFRS S2).

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой методики классификации климатических рисков в экономической деятельности предприятия. Одним из возможных подходов к решению данной проблемы является фасетно-иерархический подход, позволяющий учесть, с одной стороны, многосторонний характер климатического воздействия, с другой — специфические особенности экономической структуры предприятия. Классификатор строится исходя из принципа интеграции всей деятельности предприятия, представленной в виде четырех основных подсистем: объектной, процессной, проектной и средовой. Фасетная структура обеспечивает гибкость классификатора — возможность как его самостоятельного функционирования, так и встраивания в имеющуюся систему управления рисками организации. Важным дополнением является иерархия подчиненных признаков, которая выстраивается внутри каждого фасета и позволяет учесть многофакторность рисков компании. Полученная на основе классификации, логически обоснованного учета и оценки рисков информация может способствовать принятию результативных управленческих решений и увеличению стоимости компании.

⁵ Влияние климатических рисков и устойчивое развитие финансового сектора Российской Федерации. Доклад для общественных консультаций. М.: Банк России, 2020, 35 с. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/108263/Consultation_Paper_200608.pdf (Дата обращения: 25.08.2022).

1. Проблема классификации климатических рисков

Под классификацией рисков понимается «группировка рисков по определенным признакам, используемым для структурирования их множества» [2]. Как отмечается в работе А.А. Быкова и Б.Н. Порфирьева, «основная цель классификации — выделение конкретных рисков, а каждый из конкретных рисков, измеряемый частотой возникновения и размером неблагоприятных последствий (ущерба), описывается его стандартными характеристиками: опасность, связанная с риском, подверженность риску, уязвимость (чувствительность к риску), а также другими дополнительными параметрами (характеристиками), такими как: взаимодействие с другими рисками, степень однородности риска, степень прогнозируемости и др.» [3].

Существуют различные подходы к классификации климатических рисков, результаты которых сильно разнятся в зависимости от цели, используемых критериев, объектов, сферы и масштабов климатического воздействия. Наиболее широкое распространение в прикладных и научных исследованиях получила концепция климатического риска, предложенная Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) (рис. 1).

Критериями для классификации в рамках данной концепции являются наиболее общие характеристики климатических рисков. Идентификация рисков проводится на основе экспертных суждений, исходя из повторяемости и масштабов опасных явлений, продолжительности климатического воздействия, подверженности и уязвимости к нему объектов — реципиентов риска. В качестве последних рассматриваются физические объекты (реки, озера, ледники, вечная мерзлота, уровень моря), биологические (экосистемы суши и моря, лесные массивы) и социально-экономические (производство, здоровье людей, экономика) системы. Глобальные (по масштабу действия) климатические риски определяются: окислением Мирового океана (уменьшением содержания кислорода, особенно в полужакрытых морях, лиманах); уменьшением биоразнообразия; снижением уровня продовольственной безопасности на фоне уменьшения биологической продуктивности, в первую очередь морских экосистем; ухудшением здоровья населения и увеличением количества смертей за счет

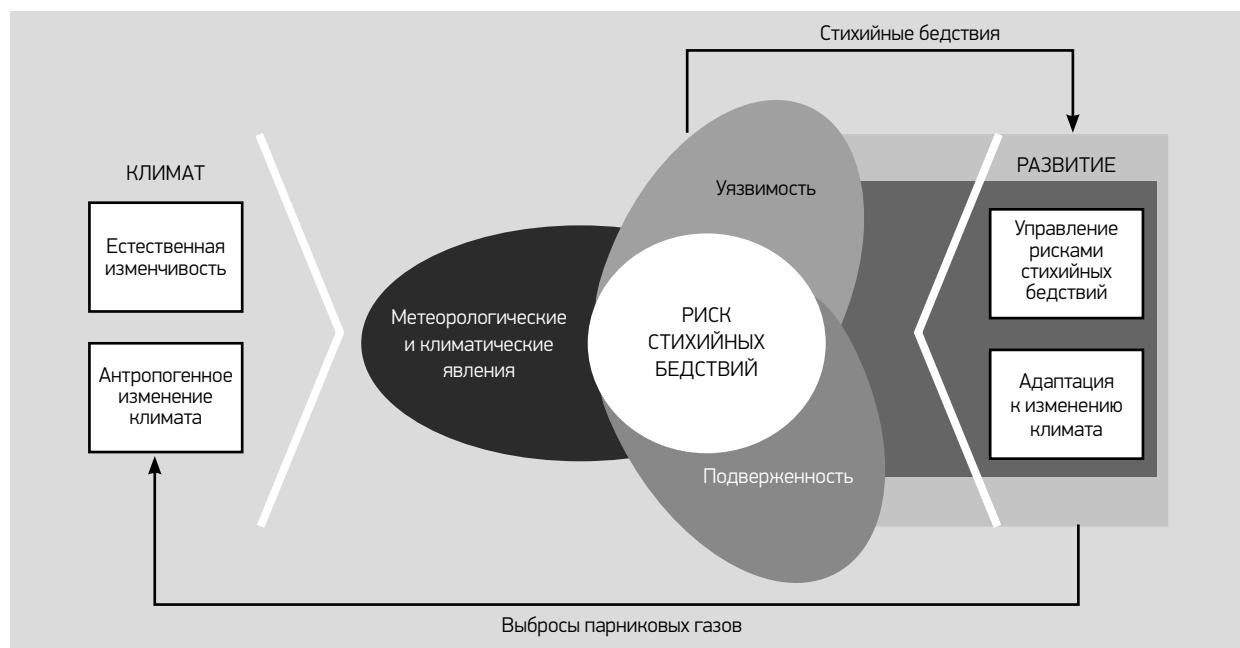


Рис. 1. Концепция климатического риска МГЭИК

Figure1. IPCC Climate Risk Concept

увеличения повторяемости экстремальных гидрометеорологических явлений; замедлением экономического роста, повышением уровня бедности и безработицы, прежде всего, в развивающихся странах и, как следствие, увеличением объема международной миграции населения [4].

В экономическом контексте нельзя не отметить подходы к идентификации климатических рисков, предложенные Исследовательской группой по «зеленым» финансам «Группы 20» (G20, Green Finance Study Group, GFSG). Типологическая модель строится с учетом возможности трансформации климатических рисков в бизнес-риски (включая операционные и репутационные), юридические (включая риск ответственности), кредитные и рыночные риски. Факторы риска со стороны природной среды делятся на две большие группы: 1) физические (включая климатические, геологические и экологические); 2) факторы переходного периода. Физические факторы риска могут носить как кратковременный (acute), так и долговременный (chronic) характер. Риски перехода к «зеленой» низкоуглеродной экономике ассоциируются с неопределенностями, обусловленными изменениями государственной поли-

тики, технологий, настроения инвесторов и моделей бизнеса [5].

В работах В.В. Верещагина и Т.Ю. Шемякиной приведены основные категории, области и описание ESG-рисков для различных категорий устойчивости, а также рассматривается процесс управления рисками устойчивости, поддерживающий цели организации на основе использования принципов корпоративного управления [19, 20].

Подробное описание физических рисков и рисков перехода к низкоуглеродной экономике на территории России дается в докладе Банка России⁶.

Несмотря на определенные успехи в решении проблемы определения климатических рисков на макроэкономическом уровне, на уровне предприятия вопросы, связанные с изменением климата, еще только ждут своего решения. Основные сложности обусловлены специфическими особенностями климатических рисков, что затрудняет их иден-

⁶ Влияние климатических рисков и устойчивое развитие финансового сектора Российской Федерации. Доклад для общественных консультаций. М.: Банк России, 2020, 35 с. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/108263/Consultation_Paper_200608.pdf (Дата обращения: 25.08.2022).

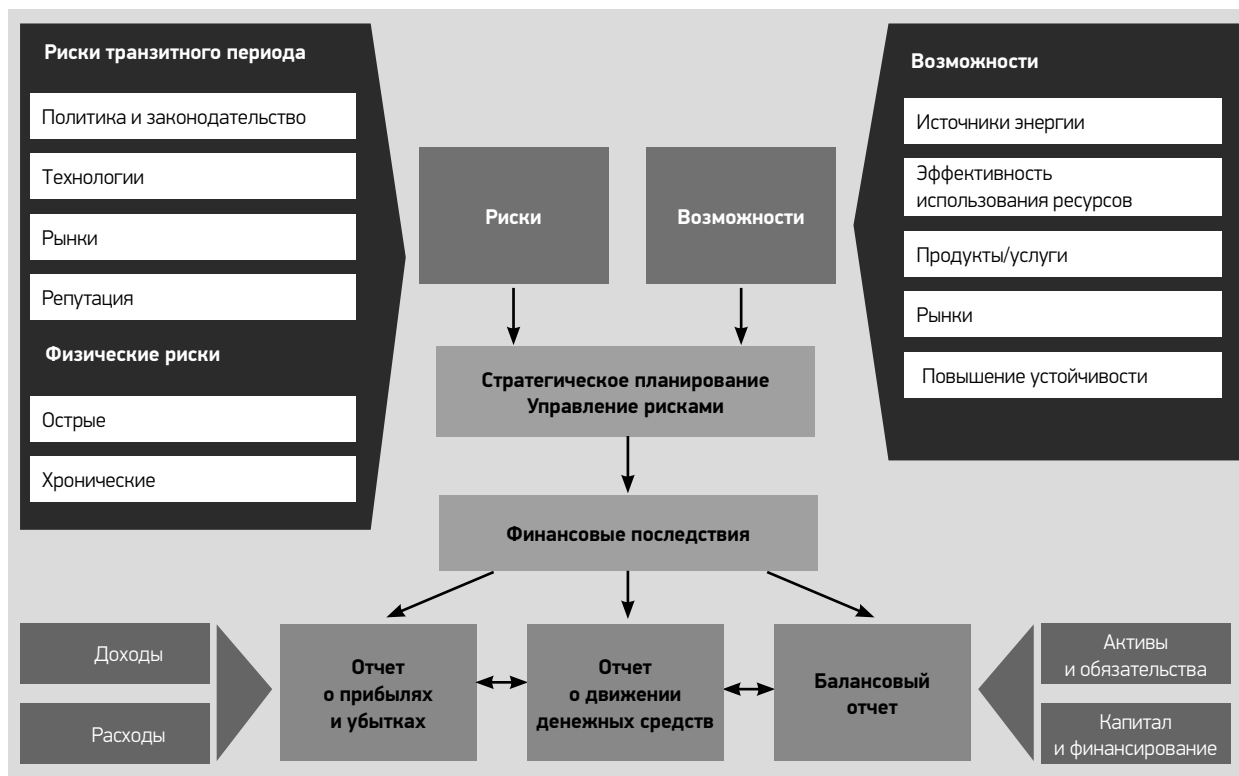


Рис. 2. Климатические риски: угрозы и возможности (по данным Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата)

Figure 2. Climate-Related Risks, Opportunities, and Financial Impact according to Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)

тификацию и внедрение в общую систему управления рисками организации. Как отмечается в работе А.А. Быкова, «когда успешно работающие компании стремятся хорошо управлять отдельными рисками, будущий успех будет принадлежать тем из них, кто внедряет метод управления рисками всего предприятия, охватывающий всю компанию» [6]. На повестке дня внедрение климатических рисков в общую систему управления рисками организации. Согласно концепции COSO ERM 2018, «включение рисков категории ESG (экологические, климатические, социального развития и корпоративного управления) в общую структуру, систему и процессы управления рисками компании имеет решающее значение для решения задач, с которыми сталкиваются организации (например, отсутствие информации, количественных критериев, организационная разобщенность и т.д.), и будет способствовать достижению стратегических це-

лей компании» [7]. Управление климатическими рисками должно стать неотъемлемой частью общей культуры ведения бизнеса наряду с другими основными бизнес-рисками компании. При этом важное значение имеет классификация климатических рисков, построенная с учетом специфики деятельности компании.

2. Фасетно-иерархический подход

Климатические риски в силу многостороннего характера своего воздействия являются одной из наиболее сложных категорий рисков, связанных с ведением хозяйственной деятельности. При разработке классификации климатических рисков необходимо, с одной стороны, учитывать многоаспектный характер климатического воздействия, а с другой — упорядочить и систематизировать основные сведения относительно существующих рисков и их внутренних зависимостей. Система классификации рисков

предприятия должна не только идентифицировать и агрегировать информацию о климате с учетом специфики экономической деятельности, но и обеспечить быстрое оперативное реагирование на имеющиеся опасности.

Одной из наиболее эффективных методологий решения задачи классификации рисков является фасетно-иерархический подход, впервые успешно апробированный на практике на примере крупной вертикально интегрированной компании для идентификации и классификации рисков, в том числе рисков, связанных с ESG-факторами [2]. Основными преимуществами данного подхода по сравнению с иерархичными методами являются:

- адаптивность, позволяющая изменять количественный и качественный состав признаков в зависимости от решаемых задач;
- простота в использовании, связанная с отсутствием разветвленных деревьев, имеющих место при иерархической классификации;
- возможность автоматизации процесса сбора и анализа информации, а также поиска необходимых данных.

Выбор фасетов определяется на основе следующих основных принципов:

- принцип непересекаемости и независимости фасетов (смысловое содержание одного фасета не должно повторяться в другом);

- принцип достаточности фасетов (в состав классификатора включаются фасеты и признаки, которые в совокупности охватывают всю организацию).

Фасетный подход позволяет оперировать сразу несколькими независимыми классификациями, осуществляемыми одновременно по различным основаниям. Принцип непересекаемости и независимости каждого фасета обеспечивает гибкость классификатора, позволяя в случае необходимости менять число и содержание фасетов, заменять старые на новые, дополнять функционирующую на предприятии систему управления рисками новой информацией, связанной с решением тех или иных практических задач. Важным дополнением фасетного подхода является иерархическая структура каждого фасета. Иерархия подчиненных признаков выстраивается внутри каждого фасета и позволяет учесть, с одной стороны, многосторонний характер климатического воздействия, с другой — сложность экономической структуры предприятия. Данный подход открывает новые возможности для индексирования, хранения и поиска многоцелевой информации, что особенно важно при работе с климатическими и экономическими рисками компании. Таксономию климатических рисков в контексте экономической деятельности компании можно представить в виде многомерной (по количеству фасетов) матрицы, трехмерная проекция которой, включающая три фасета («Объекты», «Бизнес-процессы» и «Климат»), представлена на рис. 3.

3. Структура классификатора и особенности фасетов

Структура классификатора строится исходя из принципа интеграции всей деятельности организации или, иными словами, управления рисками, охватывающего всю компанию [6]. В этом контексте весьма полезной может оказаться концепция «системности», предложенная Г.Б. Клейнером и получившая развитие в трудах Р.М. Качалова [8—10]. Следуя данной концепции, экономическое пространство предприятия как социально-экономическая система может быть структурировано в виде четырех основных подсистем: объектной, процессной, проектной и средовой. При этом, согласно

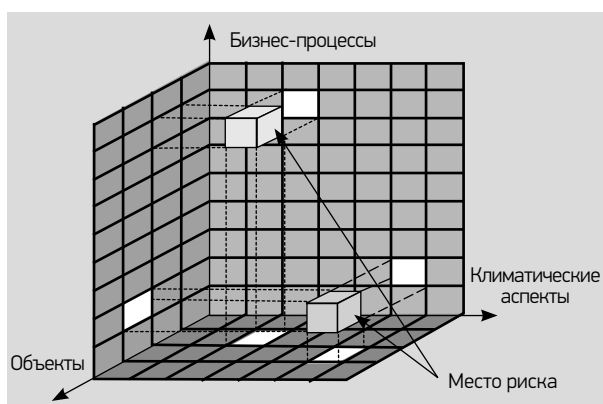


Рис. 3. Применение фасетно-иерархического подхода для классификации климатических рисков (трехмерная проекция)

Figure 3. Application of facet-hierarchical approach for climate risk classification (three-dimensional projection)

Г.Б. Клейнеру, «объектные системы имеют определенные границы и расположение в пространстве, но длительность их существования заранее не определена. Процессные системы не имеют пространственных ограничений, но ограничены во времени. Проектные системы, в свою очередь, локализованы и в пространстве, и во времени. Средовые системы не имеют ни определенных пространственных границ, ни ограничений во времени» [8]. Нарушение системной сбалансированности всех четырех подсистем может привести к потере стабильности и устойчивости предприятия.

Экономическая подсистема объектного типа (**фасет № 1**) может быть представлена в виде иерархии: материальные, нематериальные и финансовые активы предприятия (табл. 1). К материальным активам можно отнести земельные участки, на которых ведется производственная деятельность, здания, сооружения, основное оборудование и т. д., к нематериальным — правоустанавливающие документы, патенты, лицензии и т. д. Особую роль играют финансовые активы, которые характеризуют имущественные ценности предприятия в форме наличных денежных средств, денежных и финансовых инструментов, принадлежащих предприятию. К основным финансовым активам предприятия относятся денежные средства (например, расчетные, валютные счета), финансовые вложения (например, государственные и муниципальные ценные бумаги, вклады в уставные капиталы других организаций, денежные средства в кредитных организациях, предоставленные займы, страховые полисы), дебиторская задолженность (например, за поставленные товары и услуги), производные финансовые инструменты, в т. ч. фьючерсы, форварды, опционы, свопы.

Структура процессной подсистемы (**фасет № 2**) предприятия может быть представлена с помощью различных методов структурного анализа, организационно-функциональных схем или текстового описания процессов и функций, выполняемых на предприятии. В работе А.А. Долгой рассматриваются различные подходы к классификации бизнес-процессов предприятия [11]. Основой классификации в большинстве случаев служит классическая модель М. Портера, в соответствии с которой выделяются пять первичных и четыре вторичных действия

Таблица 1. Фасет № 1 «Объектная подсистема»

Table 1. Facet No. 1 "Object Subsystem"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
100			Объекты
	110		Материальные активы
		111	Земельные участки
		112	Здания и сооружения
		113	Инфраструктура
		114	Сырье
		115	Основное оборудование
		116	Готовая продукция
	130		Финансовые активы
		131	Наличность в кассе
		132	Ценные бумаги (акции, облигации)
		133	Страховые полисы
		134	Депозиты в банках
		135	Коммерческие кредиты
		136	Паи или долевые участия в других предприятиях
	140		Нематериальные активы
		141	Правоустанавливающие документы (например, право на пользование недрами)
		142	Товарные знаки
		143	Патенты
		144	Лицензии
		145	Программные продукты

(процесса), составляющих цепочку создания добавленной стоимости (англ. added value chain). К числу первичных процессов относятся: материально-техническое обеспечение деятельности компании; производственные процессы; материально-техническое обеспечение сбыта; маркетинг и продажи; обслуживание. Вторичными, или поддерживающими процессами являются: закупки; развитие технологий; управление персоналом; поддержание инфраструктуры. В докладе компании РwС акцентируется внимание на важности процессов управления как

одного из механизмов повышения эффективности бизнеса и взаимодействия с заинтересованными лицами. При этом подчеркивается уникальность бизнес-процессов каждой отдельно взятой организации [12]. В табл. 2 представлен один из возможных подходов структурирования бизнес-процессов организации.

Подсистема проектного типа (**фасет № 3**) объединяет совокупность реализуемых на предприятии проектов. Это могут быть инвестиционные (строительство новых объектов, реконструкция и ремонт зданий и сооружений, модернизация производственного комплекса и т. д.), инновационные (применение новых технологий), научно-исследовательские и другие проекты. Перечень некоторых из возможных для предприятия проектов приводится в табл. 3. В особую группу можно выделить климатические проекты. Федеральный

закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»⁷ определяет «климатический проект как комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов».

Например, ПАО «РусГидро»⁸ предложен механизм реализации климатических проектов, с помощью которого компании могут снижать углеродный след. В указанные мероприятия входят: покупка офсетов (например, лесное хозяйство, природопользование и возобновляемая энергетика); корпоративные климатические инвестиции (например, снижение потребления энергии); зеленые кредиты, зеленые облигации и зеленые фонды; климатические технологии (например, технологии улавливания углерода, производство «зеленого» водорода, долговременное хранение «зеленой» энергии). Поддержка деятельности по реализации климатических проектов осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Подсистемой средового типа (**фасет № 4**) служат социально-экономические, а также природные условия, в которых предприятие ведет деятельность. Репрезентативным примером среды могут служить «институт или система институтов (относительно устойчивых формальных и неформальных норм или правил, регулирующих принятие решений, деятельность и взаимодействие социально-экономических субъектов (физических и юридических лиц, организаций) и их групп)» [13]. Помимо институциональной среды в зависимости от характера выделяют конкурентную среду, которая, в свою очередь, разделяется на внешние и внутренние рынки (табл. 4). Значительная доля неопределенности, которую необходимо учитывать предприятиям при оценке риска, связана именно с поведением рынка. Экстремальные явления и изменения климата зачастую приводят к увеличению и без того

Таблица 2. Фасет № 2 «Процессная подсистема»

Table 2. Facet No. 2 "Process Subsystem"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
200			Бизнес-процессы
	210		Основные процессы (операционная деятельность)
		211	Материально-техническое обеспечение
		212	Логистика сырья
		213	Технологические операции, связанные с созданием добавочной стоимости
		214	Услуги или товары
		215	Логистика готовой продукции или услуги
		216	Реклама, послепродажный сервис
	220		Поддерживающие процессы
		221	Закупки
		222	Развитие технологий
		223	Управление персоналом
		224	Планирование и управление
		225	Поддержание инфраструктуры

⁷ Федеральный закон Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031> (Дата обращения: 25.08.2022).

⁸ Энергетика и промышленность России. В «РусГидро» разработали механизм реализации климатических проектов. 27 апреля 2022 г. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2022/1066665.htm> (Дата обращения: 25.08.2022).

Таблица 3. Фасет № 3 «Проектная подсистема»

Table 3. Facet No. 3 "Design Subsystem"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
300			Подсистема проектного типа
	310		Инвестиционные проекты
		311	Капитальное строительство
		312	Приобретение технологий и оборудования
		313	Модернизация оборудования
		314	Ремонт
	320		Инновационные проекты
		321	Создание нового продукта (услуги)
		322	Новые технологии (в том числе информационные)
		323	Методы управления
		324	Источники сырья
		325	Новые внешние и внутренние рынки
	330		Климатические проекты
		331	Покупка оффсетов
		332	Климатические инвестиции
		333	Зеленые кредиты, зеленые облигации, зеленые финансовые инструменты
		334	Климатические технологии

высокой волатильности рынков. Новыми угрозами (благоприятными возможностями) для предприятия могут стать снижение (повышение) спроса на товары и услуги из-за изменения потребительских предпочтений, увеличение (снижение) производственных затрат в связи с изменением цен (например, на энергию), изменение требований к выпуску продукции (например, к переработке отходов), трансформация структуры и источников доходов, переоценка активов (например, запасов, ценных бумаг).

Подсистемы средового типа могут стать источником как своих специфических экономических рисков, так и рисков, связанных с изменением климата. Примером может служить вступление в силу

Таблица 4. Фасет № 4 «Средовая подсистема»

Table 4. Facet No. 4 "Contextual Subsystem"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
400			Подсистема средового типа
	410		Институциональная среда
		411	Организационная структура (например, обучающая организация)
		412	Корпоративная культура
		413	Взаимоотношения с другими организациями
		414	Ожидания и требования регуляторов
		415	Культурные особенности
	420		Конкурентная среда
		421	Внутренние рынки реализации продукции (услуг)
		422	Внешние рынки реализации продукции (услуг)
			Рынок труда (региональный или глобальный)
	430		Природная среда

новых регуляторных реформ и нормативных правовых актов, связанных с изменением климата. Так, Федеральным законом Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»⁹ предусматриваются формирование и реализация правового регулирования хозяйственной и других видов деятельности, которая сопровождается выбросами парниковых газов. Документ предполагает введение углеродной отчетности для предприятий, являющихся крупными эмитентами выбросов парниковых газов.

В фасете № 5 «Климат» представлена иерархическая структура климатических рисков (табл. 5). В зависимости от основных признаков и характера воздействия выделяются следующие основные классы и виды климатических рисков:

⁹ Федеральный закон Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» // Собрание законодательства РФ. 05.07.2021. № 27 (ч. I). Ст. 5124.

Таблица 5. Фасет № 5 «Климат»

Table 5. Facet No. 5 “Climate”

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
500			Физические риски
	510		Риски экстремальных метеорологических явлений
		511	Гроза
		512	Туман
		513	Экстремально высокая температура воздуха
		514	Экстремально низкая температура воздуха
		515	Штормовой (ураганный) ветер
		516	Гололед, гололедица
	520		Медленные изменения климата
		521	Повышение уровня моря
		522	Вечная мерзлота (изменения многолетнемерзлых грунтов)
		523	Наводнения и паводки
		524	Дефицит водных ресурсов
		525	Лесные пожары
	530		Риски перехода к низкоуглеродной экономике
		531	Эмиссия парниковых газов
		532	Валовые глобальные выбросы
		533	Долгосрочная и краткосрочная стратегия (план) управления выбросами
		534	Правовые риски
		535	Международные стандарты (изменение и введение в действие новых стандартов)
	540		Правовые риски
		541	Международные нормативные правовые акты (изменение и введение в действие новых правил)
		542	Правовые и регуляторные реформы
		543	Изменения налогового законодательства
	550		Репутационные риски
	560		Риски инновационного развития
		561	Внедрение новых технологий
		562	Использование возобновляемых источников энергии
		563	Изменение бизнес-модели
	570		Ресурсы и капитальные затраты
		571	Запасы природного капитала
		572	Размещение капитала

1. Физические риски, связанные с экстремальными погодными явлениями и медленными климатическими изменениями. По своему проявлению климатические изменения значительно отличаются от экстремальных явлений и имеют крупномасштабные последствия. В качестве индикаторов климатических рисков используются климатические показатели. На практике каждое предприятие нуждается в собственном наборе климатических индикаторов, связанных со спецификой его деятельности. Как отмечается в работе Н.В. Кобышева, одним из основных опасных явлений для предприятий добывающей отрасли является гроза, при разработке торфяников — туман; для атомных электростанций приоритетными являются значения температуры воздуха, скорость и направление ветра, характеристики снежного покрова и т. д. [14]. Для энергетического сектора большой интерес представляют продолжительность отопительного периода, «дефицит тепла» и «дефицит холода» и т. д. [15]. В рамках Европейского проекта STARDEX¹⁰ предложены 57 индексов, характеризующих экстремальность климата, многие из которых могут использоваться предприятиями на практике. В работе П.Н. Михеева рассматриваются пространственно-временные особенности распределения климатических экстремумов на территории России и связанных с ними рисков для российских предприятий [16].

2. Риски перехода к низкоуглеродной экономике могут быть связаны с изменениями государственной политики, технологий, настроения инвесторов и моделей бизнеса [5]. В условиях переходного периода новыми угрозами (и одновременно возможностями) для предприятия могут стать новые требования законодательства, государственных органов власти, введение налогов и сборов на углеводородные выбросы и т. д. Переход к новым инновационным технологиям, продуктам и услугам расширяет спектр климатических рисков переходного периода. Ущерб компаниям могут нанести также репутационные риски, во многом связанные с гражданской

и общественной активностью на фоне широкого использования средств массовой информации и социальных сетей. Важным фактором являются и настроения инвесторов.

3. В некоторых исследованиях, например, Climate Tango: Principles for integrating physical and transition climate-risk assessment with sectoral examples, к категории климатических рисков относят риски природного капитала, которые в основном отражают истощение как возобновляемых, так и невозобновляемых ресурсов, на которые влияют факторы климатического риска [17].

Физические риски могут носить как кратковременный (acute), так и долговременный (chronic) характер (фасет № 6). По своему проявлению медленные климатические изменения значительно отличаются от экстремальных явлений и имеют крупномасштабные последствия. Так, например, криолитозоне России, где сосредоточено свыше 30% разведанных и более 90% потенциальных запасов углеводородного сырья, потепление климата грозит таянием вечной мерзлоты. По модельным расчетам, зона деградации вечной мерзлоты к 2030 г. охватит огромную (порядка нескольких млн кв. км) территорию [18, с. 44]. Под угрозой разрушения могут оказаться целые города, инфраструктура, нефте- и газопромыслы, нефте- и газопроводы. В долгосрочной перспективе подобного рода медленные климатические изменения могут нанести значительно больший экономический урон, чем экстремальные метеорологические явления.

«Оценка климатических рисков предполагает выявление опасных климатических факторов для объекта воздействия, его подверженности факторам

Таблица 6. Фасет № 6 «Продолжительность воздействия»

Table 6. Facet No. 6 "Duration of Exposure"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
600			Продолжительность воздействия
	610		Кратковременное воздействие
	620		Долговременное воздействие

¹⁰ Статистическая и региональная динамическая локализация экстремальных погодных явлений [Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes]. URL: <https://crudata.uea.ac.uk/projects/stardex> (Дата обращения: 25.08.2022).

Таблица 7. Фасет № 7 «Оценка воздействия»

Table 7. Facet No. 7 "Impact Assessment"

Код			Классификационный признак
Категория	Класс	Вид	
700			Оценки климатического воздействия
	710		Уровень опасности
		711	Чрезвычайно опасный (катастрофический)
		712	Весьма опасный
		713	Опасный
		714	Умеренно опасный
	720		Подверженность
		721	Очень сильная (70% территории)
		722	Сильная (30—70% территории)
		723	Средняя (30% территории)
		724	Слабая (20% территории)
	730		Уязвимость объекта
		731	Да
		732	Нет

и уязвимости к ним»¹¹. По **фасету № 7** (табл. 7) производится учет уровня опасности, подверженности и уязвимости объекта воздействия, который следует проводить на основе Рекомендаций Минэкономразвития России. Весьма полезным инструментом, который может использоваться организациями всех видов и размеров не только для отчетности, но и для принятия эффективных бизнес-решений, является стандарт ISO 14091 «Адаптация к изменениям климата. Руководство по оценке уязвимостей, воздействия на окружающую среду и риска». Стандарт содержит руководящие указания по оценке уязвимости, воздействия и риска, описывает, как выявлять уязвимости организации, а также то, как разработать и внедрить оценку рисков в контексте изменения климата.

¹¹ Министерство экономического развития Российской Федерации. Приказ от 13.05.2021 № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (Дата обращения: 25.08.2022).

Предложенный подход к классификации климатических рисков в контексте экономической деятельности организации может модифицироваться в зависимости от специфики организации и решаемых практических задач.

Практические приложения классификатора

Начальным этапом классификации климатического риска является сбор информации. В качестве источников информации могут использоваться доклады, обзоры, бюллетени и иные материалы Росгидромета и его организаций; результаты фундаментальных и поисковых исследований, опубликованные в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, доклады международных организаций; Межгосударственный стандарт¹², регламентирующий макроклиматическое районирование земного шара (с точки зрения характеристик температуры и влажности воздуха); нормативные документы, разработанные для различных отраслей экономики, в которых приводятся климатические параметры; паспорта безопасности территории субъекта Российской Федерации и (или) муниципального образования, в том числе климатической безопасности.

Наименование риска должно содержать указание на событие, объект, последствия и причину. Важно отметить обязательное наличие причинно-следственной связи между событием и последствиями. При описании факторов климатического риска предприятия можно воспользоваться одним из методов, а именно: «сверху-вниз» или «снизу-вверх». В первом случае идентификация рисков может производиться исходя из указанных выше источников, включая прогностическую информацию, выпускаемую Гидрометцентром России, или предупреждения МЧС России. Пусть, например, в предстоящем летнем сезоне прогнозируются экстремально высокие температуры воздуха (код классификатора 513), которые могут сказаться на работе оборудования предприятия и спровоцировать риски прерывания технологических операций, направленных на создание добавочной стоимости. В соответствии с номерами кодов, проставленных в фасетах 1—7, классификационным признаком данного риска является

¹² Межгосударственный стандарт «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294852/4294852592.htm> (Дата обращения: 25.08.2022).

код 115-213-300-413-513-610-731. При этом цифры 115 указывают, что в сфере влияния данного риска может оказаться основное оборудование компании, 213 — технологические операции, 413 — взаимоотношения с другими организациями. Код 610 указывает на кратковременный характер данного воздействия, 713 — на уязвимость предприятия к экстремально высокой температуре воздуха. При этом на каждый фасет отводится три позиции, причем в первой из трех указывается номер фасета. Наличие нулевых значений в данном случае в 3-м фасете (код 300) может означать отсутствие рисков, связанных с экстремально высокими температурами воздуха, для реализации проектов компании.

При использовании подхода «снизу-вверх» идентификация риска осуществляется на уровне каждого бизнес-процесса в отдельности, при этом структурное подразделение и ответственные работники, принимающие участие в анализе рисков, назначаются владельцами риска. Во внимание принимаются риски, при реализации которых предприятию может быть нанесен ущерб, превышающий допустимый уровень. Например, при проведении работ на буровых установках могут быть выявлены деградация многолетней мерзлоты и деформация грунта, указывающие на возможное возникновение аварии. При этом подверженной данному воздействию оказывается более половины территории, занимаемой предприятием. Данные обстоятельства, связанные с медленными изменениями климата, могут привести к серьезным для предприятия проблемам: от остановки производства до обрушения зданий и катастроф природной среды. На основании указанных сведений формулируется кодовое наименование риска: 110-210-310-430-522-620-722, в котором цифры 110 указывают на наличие возможной угрозы для материальных активов предприятия, 210 — операционной деятельности, 310 — инвестиционных проектов компании, 430 — состояния природной среды. Риски, связанные с вечной мерзлотой (код 522), носят долговременный характер (код 620) и распространяются на значительную часть территории, занимаемой компанией (код 722). Дополнением к указанному выше коду могут служить даты обнаружения риска, а также подразделение организации, идентифицировавшее риск.

Особого внимания требуют климатические риски перехода к низкоуглеродной экономике. В процессе энергетического перехода предприятия также

могут столкнуться с рисками снижения выручки, прибыли, перебоями в бизнес-процессах и ростом стоимости финансирования в связи с принимаемыми политическими мерами, технологическими изменениями и требованиями со стороны потребителей и инвесторов привести деятельность в соответствие с политикой, направленной на борьбу с изменениями климата. Переходные риски применимы к активам организаций, которые могут понести убытки вследствие отказа финансовых учреждений от кредитования бизнес-моделей, построенных без учета экономики низкоуглеродных выбросов. В кодовом наименовании таких рисков участвуют практически все из выше рассмотренных фасетов.

Предложенный классификатор, не являясь универсальным, может использоваться и как самостоятельная система, и в качестве дополнения к имеющейся на предприятии системе классификации рисков. Выработка унифицированного подхода, позволяющего обеспечить создание единого реестра данных о рисках в цифровом виде, приобретает особое значение в условиях цифровой экономики, развития и распространения автоматизированных систем управления производством.

Заключение

На фоне беспрецедентных темпов глобального потепления и его все возрастающего воздействия на экономику вопросы анализа и классификации климатических рисков в экономической деятельности предприятия приобретают особое значение. На повестке дня создание такой системы классификации рисков, которая позволит не только идентифицировать и агрегировать информацию о климатических рисках, но и обеспечить быстрое оперативное реагирование на имеющиеся опасности.

Одной из наиболее эффективных методологий решения задачи классификации рисков является фасетно-иерархический подход, позволяющий учесть не только многосторонний характер климатического воздействия, но и специфические особенности компании. При построении классификатора, основанного на принципе интегрированного управления рисками, экономическое пространство предприятия структурировано в виде четырех основных подсистем: объектной, процессной, проектной и средовой.

Центральное место в структуре классификатора занимают риски, связанные с изменением климата.

По источникам, факторам или причинам (природе) климатической опасности выделены следующие основные группы рисков: физические риски, обусловленные экстремальными погодными явлениями и медленными климатическими изменениями; риски перехода к «зеленой» низкоуглеродной экономике; риски природного капитала. Атрибутами рисков являются: опасность, связанная с климатом, подверженность и уязвимость к риску.

Предложенный классификатор, с использованием методов «сверху-вниз» или «снизу-вверх», позволяет вести учет климатических рисков в рамках деятельности предприятия, его основных подсистем с использованием соответствующего классификационного кода. К потенциальным основным преимуществам предложенного подхода относятся возможность автоматизации процессов сбора, обработки исходных данных, методов анализа рисков и составления отчетности.

Полученная на основе классификации и оценки рисков информация может способствовать принятию результативных управленческих решений и увеличению стоимости компании.

Литература [References]

1. Hantemirov R.M., Corona C., Guillet S. et al. Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia. *Nat Commun* 13, 4968 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32629-x>
2. Пашковский Д.А., Быков А.А. Методические подходы и особенности построения фасетно-иерархической классификации рисков вертикально интегрированной компании // Газовая промышленность. 2021. № 11 (824). С. 104—117. [Pashkovsky D.A., Bykov A.A. Methodological approaches and specific features of facet-hierarchical risk classification for a vertically integrated company // *GAS Industry of Russia*. 2021;(11(824)):104-117, (In Russ.)]
3. Быков А.А., Порфирьев Б.Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков // Проблемы анализа риска. 2006. Т. 3. № 4. С. 319—337. [Bykov A.A., Porfiriev B.N. Risk analysis, concepts and classification // *Issues of Risk Analysis*. 2006;3(4):319-337, (In Russ.)]
4. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. С. 151. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr> (Дата обращения: 25.08.2022). [Climate Change 2014: Synthesis Report. IPCC, 2014. P. 151. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>, (In Russ.) (Accessed: 25.08.2022)]
5. Рабочая группа по изучению вопросов «зеленого» финансирования «Большой двадцатки». Сводный доклад о «зеленом» финансировании. 2016. С. 35. URL: <http://g20.org/English/Documents/Current/201608> (Дата обращения: 25.08.2022). [G20 Green Finance Study Group. G20 Green Finance Synthesis Report. P. 35. URL: <http://g20.org/English/Documents/Current/201608>, (In Russ.) (Accessed: 25.08.2022)]
6. Быков А.А. О построении системы риск-менеджмента в рамках всего предприятия: уроки и выводы из практики ведущих компаний // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. № 1. С. 4—7. [Bykov A.A. On building a risk management system throughout the enterprise: lessons and conclusions from the practice of leading companies // *Issues of Risk Analysis*. 2012;9(1):4-7, (In Russ.)]
7. Enterprise Risk Management. Applying enterprise risk management to environmental, social and governance-related risks. COSO, 2018. 120 p. URL: <https://www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-ESGERM-Guidance-Full.pdf> (Accessed: 25.08.2022).
8. Клейнер Г.Б. Системный ресурс экономики // Вопросы экономики. 2011. № 1. С. 89—100, <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2011-1-89-100> [Kleiner G. System Resource of Economy // *Voprosy Ekonomiki*. 2011;(1):89-100, (In Russ.), <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2011-1-89-100>]
9. Клейнер Г.Б. Системная экономика как платформа развития современной экономической теории // Вопросы экономики. 2013. № 6. С. 4—28, <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2013-6-4-28> [Kleiner G. System economics as a platform for development of modern economic theory // *Voprosy Ekonomiki*. 2013;(6):4-28, (In Russ.), <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2013-6-4-28>]
10. Концептуальное моделирование процессов управления экономическим риском на основе теории нечеткой логики [Текст]: коллективная монография / Под ред. Р.М. Качалова. М.: ЦЭМИ РАН, 2017. 113 с. [Conceptual Modeling of Risk Management Processes Based on the Fuzzy Logic Theory: Collective monograph / Under ed. R.M. Kachalov. Moscow, CEMI Russian Academy of Sciences, 2017. 113 p. (In Russ.)]
11. Долгая А.А. Классификация бизнес-процессов предприятия // Пищевая промышленность. 2012. № 2. С. 42—44. [Dolgaya A.A. Classification of enterprise business processes // *Food Industry*. 2012;(2):42-44, (In Russ.)]
12. Implementing Integrated Reporting PwC's practical guide for a new business language. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/audit-services/publications/assets/pwc-ir-practical-guide.pdf> (Accessed: 25.08.2022).

13. Клейнер Г.Б., Качалов Р.М., Нагрудная Н.Б. Синтез стратегии кластера на основе системно-интеграционной теории // Наука. Инновации. Образование. 2008. Т. 3. № 4. С. 9—39 [Kleiner G.B., Kachalov R.M., Breast N.B. Synthesis of cluster strategy based on system-integration theory // Science. Innovation. Education. 2008;3(4):9-39, (In Russ.)]
14. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под редакцией д-ра геогр. наук, профессора Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с. [Guide to Specialized Economic Services with Climate Information, Products and Services / Edited by Dr. of geogr. sciences, professor N.V. Kobysheva. St. Petersburg, 2008. 336 p., (In Russ.)]
15. Катцов В.М., Хлебникова Е.И., Школьник И.М., Рудакова Ю.Л. Вероятностное сценарное прогнозирование регионального климата как основа разработки адаптационных программ в экономике Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 46—58. [Kattsov V.M., Khlebnikova E.I., Shkolnik I.M., Rudakova Y.L. Probabilistic regional climate projecting as a basis for the development of adaptation programs for the economy of the Russian Federation // Meteorologiya i Gidrologiya. 2020;(5):46-58, (In Russ.)]
16. Михеев П.Н. Экстремальные метеорологические явления как факторы риска для объектов нефтегазовой отрасли // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18. № 6. С. 24—39, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-6-24-39> [Mikheev P.N. Extreme weather events as risk factors for oil and gas facilities // Issues of Risk Analysis. 2021;18(6):24-39 (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-6-24-39>]
17. Climate Tango: Principles for integrating physical and transition climate-risk assessment with sectoral examples. URL: <https://reliefweb.int/report/world/climate-tango-principles-integrating-physical-and-transition-climate-risk-assessment> (Accessed: 25.08.2022).
18. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования: оценочный отчет / Анисимов О.А., Инстанес А. и др. Greenpeace. Москва: Совет Гринпис. 2010. 43 с. ISBN 978-5-94442-029-9. [The main natural and socio-economic consequences of climate change in the areas of distribution of permafrost species: forecast based on the synthesis of observations and modeling: assessment report / Anisimov O. A., Instance A., et. al. Greenpeace. Moscow: Greenpeace Council. 2010. 43 p. ISBN 978-5-94442-029-9, (In Russ.)]
19. Верещагин В.В., Шемякина Т.Ю. Проблемы интеграции бизнес-процесса управления рисками устойчивости в корпоративное управление компании // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18. № 3. С. 66—76, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-3-66-76> [Vereshchagin V.V., Shemyakina T.Yu. Challenges of integration risk management of sustainability of business processes to corporate governance of the company // Issues of Risk Analysis. 2021;18(3):66-76, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-3-66-76>]
20. Верещагин В.В., Шемякина Т.Ю. Управление рисками в условиях применения технологий информационного моделирования строительных объектов: особенности и возможности // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17. № 3. С. 56—65, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-3-56-65> [Vereshchagin V.V., Shemyakina T.Yu. Risk management in the context of information modeling technologies for construction objects: features and opportunities // Issues of Risk Analysis. 2020;17(3):56-65, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-3-56-65>]

Сведения об авторе

Михеев Петр Николаевич: член Русского общества управления рисками, профессиональный риск-менеджер (Professional Risk Manager, PRM), дипломированный внутренний аудитор (Certified Internal Auditor, CIA)
 Количество публикаций: 12
 Область научных интересов: корпоративное управление, управление рисками и внутренний контроль, устойчивое развитие и вопросы изменения климата
 ResearcherID: AAE-9530-2021
 ORCID: 0000-0002-8640-1950
 Контактная информация:
 Адрес: 119602, г. Москва, Никулинская ул., д. 27/129
pmikheev@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 12.09.2022

Одобрена после рецензирования: 10.10.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 12.09.2022

Approved after reviewing: 10.10.2022

Accepted for publication: 13.10.2022

Date of publication: 29.12.2022

УДК 614.8

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-50-65>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2022

Методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды и населения

**Малышев В. П.*,
Виноградов О. В.,
Родионов И. А.,**

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий), 121352, Россия, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Аннотация

В статье рассмотрены возможности современных технологий улавливания и переработки углекислого газа в целях снижения его влияния на климатические изменения и негативного воздействия на жизнедеятельность людей, находящихся длительное время в местах массового пребывания. На основе анализа социально-экономической значимости, научно-технического уровня разработки технологических процессов и необходимого ресурсного обеспечения технологий улавливания и переработки углекислого газа предложен методический подход к определению перспектив их использования.

Ключевые слова: технология улавливания и переработки углекислого газа; перспектива использования; социально-экономическая значимость; научно-технический уровень; ресурсное обеспечение.

Для цитирования: Малышев В. П., Виноградов О. В., Родионов И. А., Методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды и населения // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 50—65, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-50-65>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Methodological Approach to Determining the Prospects of Using Carbon Dioxide Capture and Processing Technologies to Protect the Environment and Populations

**Vladlen P. Malyshev*,
Oleg V. Vinogradov,
Igor A. Rodionov,**

All-Russian Research Institute
for Civil Defense and Emergency
Situations of EMERCOM of
Russia,
Davydkovskaya str., 7, Moscow,
121352, Russia

Abstract

This article discusses the possibilities of modern technologies for capturing and processing carbon dioxide in order to reduce its impact on climate change and the negative impact on the livelihoods of people who have been in places of mass residence for a long time. Based on the analysis of socio-economic significance, the scientific and technical level of technological process development and the necessary resource support for carbon dioxide capture and processing technologies, a methodological approach to determining the prospects for their use is proposed.

Keywords: carbon dioxide capture and processing technologies; use prospects; socio-economic significance; scientific and technical level; resource provision.

For citation: Malyshev V.P., Vinogradov O.V., Rodionov I.A. Methodological approach to determining the prospects of using carbon dioxide capture and processing technologies to protect the environment and populations // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):50-65, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-50-65>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Обоснование методического подхода к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа
2. Анализ возможностей современных технологий улавливания и переработки углекислого газа
3. Результаты применения методического подхода для оценки перспектив использования технологий и средств улавливания углекислого газа для защиты окружающей среды и населения в местах массового пребывания людей

Заключение

Литература

Введение

Сжигание ископаемого топлива, вырубка лесов, по мнению многих ученых [1—3], приводят к существенному увеличению в атмосфере Земли содержания углекислого газа, который способствует изменению климата. Глобальное изменение климата существенно увеличило риск возникновения крупных лесных и ландшафтных пожаров и катастрофических паводков. В Российской Федерации весьма уязвимыми к изменениям климата являются сельское, лесное и водное хозяйства. Это связано, главным образом, с перераспределением осадков и увеличением числа и интенсивности засух. За последние 20 лет количество лесных пожаров в Российской Федерации увеличилось примерно на 11 тыс., а площадь лесов России сократилась на 9,1%. Особенно увеличилась площадь выжженных лесных участков в арктической зоне Сибири. В настоящее время количество паводкоопасных зон в нашей стране составляет около 9 тыс., их потенциальная площадь составляет около 400 тыс. км², в них проживает примерно 12,5 млн человек. По данным Минприроды России, в следующем десятилетии частота возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера может увеличиться более чем в два раза, а ежегодный экономический ущерб составит от 50 до 60 млрд рублей [2].

Кроме этого, в условиях длительного пребывания в местах массового скопления людей в помещениях (особенно учащих) возникла проблема влияния повышенных концентраций углекислого газа на здоровье человека. В настоящее время эта проблема приобрела мировое значение [4, 5]. По инициативе Европейского респираторного общества в школах Франции, Италии, Дании, Швеции и Норвегии были проведены исследования влияния повышенных концентраций углекислого газа на здоровье учащихся [6]. Они показали, что в учебных заведениях, где концентрация CO₂ в классах превышала 0,1%, подверженность учащихся заболеваниям респираторных органов повысилась в 2—3,5 раза [7].

Таким образом, увеличение выбросов углекислого газа в окружающую природную среду способствует изменению климата, а рост концентраций

углекислого газа в местах массового скопления людей в помещениях оказывает негативное влияние на здоровье человека.

1. Обоснование методического подхода к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа

Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, если в ближайшие годы улавливать углекислый газ начнут повсеместно, это позволит миру сократить не менее 15% всех парниковых выбросов, от которых необходимо избавиться, чтобы сдержать глобальное потепление в пределах 2 °С. Сегодня в мире насчитывается лишь 28 крупных промышленных объектов в 10 странах, где улавливается, захоранивается или перерабатывается (используется) углекислый газ в качестве исходного сырья. Они суммарно утилизируют 40 млн т выбросов углекислого газа в год. Больше половины этого объема (28,5 млн т в год) приходится на предприятия по переработке природного газа. Остальное — на предприятия по производству стройматериалов, удобрений, водорода, синтетического топлива, электроэнергии, биотоплива, а также железа и стали.

Для борьбы с климатическими изменениями многие крупные мировые компании руководствуются концепцией устойчивого развития, включающей три ключевых компонента (ESG-факторы: экономический, экологический и социальный). Это позволяет компаниям на практике определять области воздействия на окружающую среду, общество и экономику, выбирая приоритетные направления для осуществления вклада в благополучие нынешних и будущих поколений. Впервые ESG-принципы сформулировал бывший Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан. Он предложил управленцам крупных мировых компаний включить эти принципы в свои стратегии, в первую очередь для борьбы с изменением климата.

В Российской Федерации в настоящее время используется методология ESG-факторов для изучения проблем, связанных с окружающей средой, включая изменение климата, обществом (социальные факторы) и корпоративным управлением.

В журнале «Газовая промышленность» периодически рассматривается возможность реализации ESG-повестки на российском рынке, исследуется влияние ESG-факторов на экономические аспекты, прогнозируются возможные сценарии (ускорение или замедление) развития ESG-повестки в России и мире [8, 9].

Для решения экологических проблем глобальный потенциал современных технологий улавливания и переработки углекислого газа огромен: по оценкам ООН, он составляет 10—30 млрд т углекислого газа в год к 2050 г. и ограничен лишь отсутствием развитых производственных связей между предприятиями, осуществляющими масштабные выбросы углекислого газа, к предприятиям, способным переработать или захоронить CO₂ [1, 10].

Наряду с созданием рациональных способов снижения выбросов углекислого газа в окружающую среду за счет поглощения и последующей переработки в полезные для экономики продукты возникла проблема разработки технических решений по снижению его негативного воздействия на жизнедеятельность людей, находящихся длительное время в местах массового пребывания. Одновременно для крупных изготовителей аммиака и карбамида приоритетным направлением деятельности является создание технологий и оборудования крупнотоннажного производства углекислого газа. Это вызвано тем, что углекислый газ находит широкое применение не только на предприятиях крупнотоннажной химии, но и в различных отраслях промышленности, в том числе и в нефтехимии. Росту его потребления способствует создание крупных агрегатов с углекислотной конверсией, например, метанольных, в которых углекислый газ используется в качестве одного из компонентов промышленного синтеза. Таким образом, при оценке перспективности использования технологий поглощения и переработки углекислого газа необходимо разработать методический комплексный подход, позволяющий учитывать возможность их применения как для решения задач по защите окружающей среды и населения, так и для повышения эффективности производства.

Для реализации комплексного подхода необходимо оценивать возможность масштабного внедрения современных технологий улавливания и пере-

работки углекислого газа по следующим направлениям:

- социально-экономическая значимость технологии;
- научно-технический уровень основных технологических процессов;
- уровень необходимого ресурсного обеспечения для реализации технологии.

Общий методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа представлен на рис. 1.

2. Анализ возможностей современных технологий улавливания и переработки углекислого газа

Основной вклад в эмиссию углекислого газа вносит сжигание ископаемого топлива, главными потребителями которого являются тепловые электростанции и транспортные средства, оснащенные двигателями внутреннего сгорания. Тепловые электростанции России потребляют в год 12 млн т угля и выбрасывают в окружающую среду до 29 млн т углекислого газа. Улавливание углекислого газа из дымовых выбросов связано с рядом трудностей, так как выбросы представляют сложную многокомпонентную систему, включающую 17% углекислого газа, около 75% азота, 3—5% кислорода и в пределах 1—2% оксидов азота и серы. Оксиды серы и азота реагируют с сорбентами и тем самым снижают их поглотительную способность. Поэтому в таких установках желательно применение предварительной очистки от оксидов серы и азота. Наличие кислорода в дымовом газе приводит к активной коррозии металлов, в частности углеродистой стали. Кислород также увеличивает деградацию сорбента и ухудшает его поглотительную способность. Поэтому для реализации процессов сорбции предпочтительно содержание в дымовых газах не более 1,5—3% кислорода.

Одним из наиболее эффективных и селективных поглотителей углекислого газа из дымовых выбросов является 30% водный раствор моноэтаноламина с ингибиторами, который обеспечивает поглощение до 85—95% углекислого газа и очистку его до 99,95% [13].



Рис. 1. Общий методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа

Figure 1. General methodological approach to determining the prospects for the use of capture and processing technologies

Существенным недостатком моноэтаноламинового способа очистки газовых смесей от углекислого газа является образование значительных количеств смолистых веществ из-за циклизации моноэтаноламина в производные оксазолидона-2 и далее в продукты их превращения. С целью повышения эффективности выделения диоксида углерода из газовых смесей на большинстве предприятий по производству минеральных удобрений проведена замена моноэтаноламина на метилдиэтаноламин (МДЭА). Типичный диапазон производительности абсорберов по извлечению углекислого газа из дымовых газов составляет от 90 до 1000 т/сут. При необходимости мощность установок может быть повышена до 4600 т/сут (например, при переработке дымовых газов, образующихся при сжигании угля) или до 2400 т/сут углекислого газа из дымовых га-

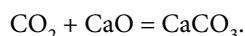
зов, являющихся продуктами сгорания природного газа.

При этом из технологической схемы исключается смолыделитель, сокращаются расходные нормы сырья и энергоносителей на выпуск продукции. В целом стоимость улавливания тонны углекислого газа на теплоэлектростанциях и объектах металлургии уже сегодня составляет порядка 5 тыс. руб., а на объектах нефтегазохимии — до 6 тыс. руб. По прогнозам, за девять лет в связи с развитием технологий эти цены могут снизиться в 1,5 раза.

Однако последующая транспортировка углекислого газа, выделенного из растворителя для переработки в карбамид и другие полезные продукты, потребует значительных затрат (около 60 млн руб. за каждый километр транспортировки нескольких тысяч тонн). Поэтому в настоящее время

на ПАО «Тольяттиазот», имеющем в своем составе 4 агрегата «Кемико» и 3 агрегата типа АМ-76, реализованы технологии, в которых сочетаются процессы улавливания углекислого газа из выбросов производственных газов и его последующая переработка с помощью аммиака для получения карбамида. Большое влияние на производительность агрегатов карбамида оказывают условия подачи углекислого газа [18]. Для производства карбамида могут использовать жидкий углекислый газ, который смешивают с газообразным аммиаком под давлением 15 МПа на агрегат синтеза. Если же аммиак поступает в реактор синтеза в жидком виде, то углекислый газ — в газообразном. На предприятии реализованы две технологии улавливания углекислого газа с помощью этаноламина (АМ-76) и с применением раствора поташа (Кемико). Количество образующегося на предприятии углекислого газа составляет 2400 т/сут, из которых лишь 36% может быть вовлечено в производственный процесс получения карбамида. Однако фактическое использование на сегодняшний день составляет 11%, остальное количество газа выбрасывается в атмосферу.

Для поглощения углекислого газа может быть использована технология кальциевого карбонатного цикла, которая заключается в использовании в качестве хемосорбента оксида кальция, который, взаимодействуя с углекислым газом, образует плохо растворимый в воде карбонат кальция.



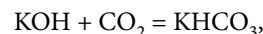
На основе использования этого метода ученые из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA) создали экологичный бетон из углекислого газа, выбрасываемого электростанциями. Новый строительный материал является особо прочным, и для его создания используется технология 3D-печати.

Известковые хемосорбенты, предназначенные для средств защиты органов дыхания человека, известны с 20-х гг. прошлого столетия и практически не претерпели изменений по химическому составу как за рубежом, так и в России. Все марки хемосорбентов (поглотителей) CO_2 имеют примерно одинаковый химический состав и выпускаются в виде гранул, таблеток, полусфер, шариков и т. п. с различным фракционным составом размером от 2

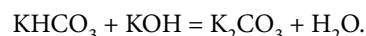
до 12 мм. В России производство химического известкового поглотителя марки ХП-И освоено более полувека назад¹ [10].

Известковые хемосорбенты содержат более 90% гидроксида кальция (без учета воды), 2...4% щелочи калия или натрия, отличаются лишь небольшим разнообразием модифицирующих добавок, направленных, главным образом, на повышение сорбционных и прочностных характеристик. Для всех известных на сегодня марок продуктов сорбционная емкость составляет примерно 80...90 дм³/кг [10], что значительно ниже стехиометрического значения по реакции с гидроксидом калия — 304 дм³/кг [12]. Введение различных химических веществ в состав хемосорбентов не приводило к существенному увеличению сорбционной емкости.

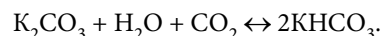
Углекислый газ легко поглощается соединениями щелочных или щелочноземельных металлов [14]. Для этих целей применяется абсорбционный метод поглощения, приведенный на рис. 2. При использовании в качестве поглотителя гидроксида калия реакция может проводиться двумя способами. В первом способе сначала углекислый газ поглощается раствором щелочи до образования бикарбонатной соли по реакции:



а затем бикарбонат калия реагирует со щелочью, образуя карбонат:



Второй способ связан с использованием водного раствора поташа, который используется преимущественно на агрегатах «Кемико». Он описывается следующей реакцией:



При температуре 45—55 °С реакция идет вправо, т. е. наблюдается абсорбция CO_2 ; при температуре 102 °С и выше — влево (десорбция). Это позволяет регенерировать поглотитель.

¹ Пат. 2410138 РФ, МПК А 62 В 19/00. Регенеративный патрон / Н.А. Астахов, В.Н. Усов [и др.]; ОАО «Корпорация «Росхимзащита». 2011.

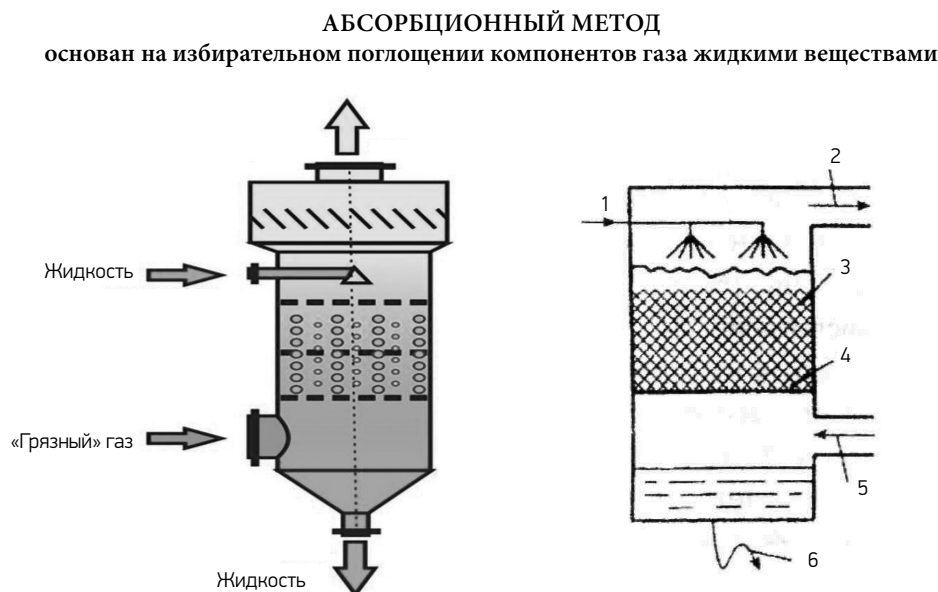
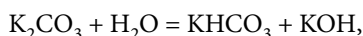


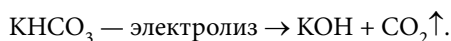
Рис. 2. Метод поглощения углекислого газа щелочными растворами

Figure 2. Method of carbon dioxide absorption by alkaline solutions

Использование в качестве поглотителя гидроксида калия также позволяет регенерировать поглотитель с помощью электролиза. Работа установок электрохимического удаления CO_2 основана на реакциях, которые описаны выше. В водном растворе карбонатные и бикарбонатные соли находятся в динамическом равновесии:



а в условиях электролиза KHCO_3 разлагается с выделением CO_2 , при этом восстанавливается исходная щелочь:



В патенте № 98938 РФ, МПК В 01 D 53/00. «Установка для концентрирования диоксида углерода, извлекаемого из атмосферы (варианты)»² авторы Л. А. Жинжиков, Л. И. Гаврилов и А. А. Кочетков рассмотрели два варианта очистки воздуха от CO_2 на основе гидроксида калия, а затем с помощью электролиза из раствора поглотителя удалили CO_2 , а из избытка воды получили водород и кислород.

По первому варианту (рис. 3а) воздух из атмосферы замкнутого обитаемого объема с помощью воздуходувки 1 продувается через абсорбер 3. Поглощающий CO_2 раствор щелочи с помощью насоса высокого давления 8 и форсунки 2 впрыскивается в поток воздуха. За счет абсорбции CO_2 поглощается щелочью с образованием карбонатных и бикарбонатных солей. Установленный на выходе из абсорбера сепаратор жидкости 4 отделяет полученный раствор солей от воздуха. Очищенный от CO_2 воздух поступает в атмосферу обитаемого объема, а раствор солей с помощью жидкостного насоса 5 прокачивается через электролизер 6, где из раствора солей выделяется CO_2 , а также из воды — водород и кислород. Полученные газы направляются в водородно-кислородный топливный элемент 7, где происходит окисление водорода. Диоксид углерода и пары воды направляются в систему утилизации.

По второму варианту (рис. 3б) воздух из атмосферы замкнутого обитаемого объема с помощью воздуходувки 1 продувается через абсорбер 3, представляющий из себя мембранный диффузионный аппарат, причем воздух продувается с одной стороны мембраны, а поглощающий CO_2 раствор щелочи циркулирует с другой стороны мембраны. За счет диффузии через стенку мембраны CO_2 поглощается

² Пат. 98938 РФ, МПК В 01 D 53/00. Установка для концентрирования диоксида углерода, извлекаемого из атмосферы (варианты) / Л.А. Жинжиков, Л.И. Гаврилов, А.А. Кочетков. 2010.

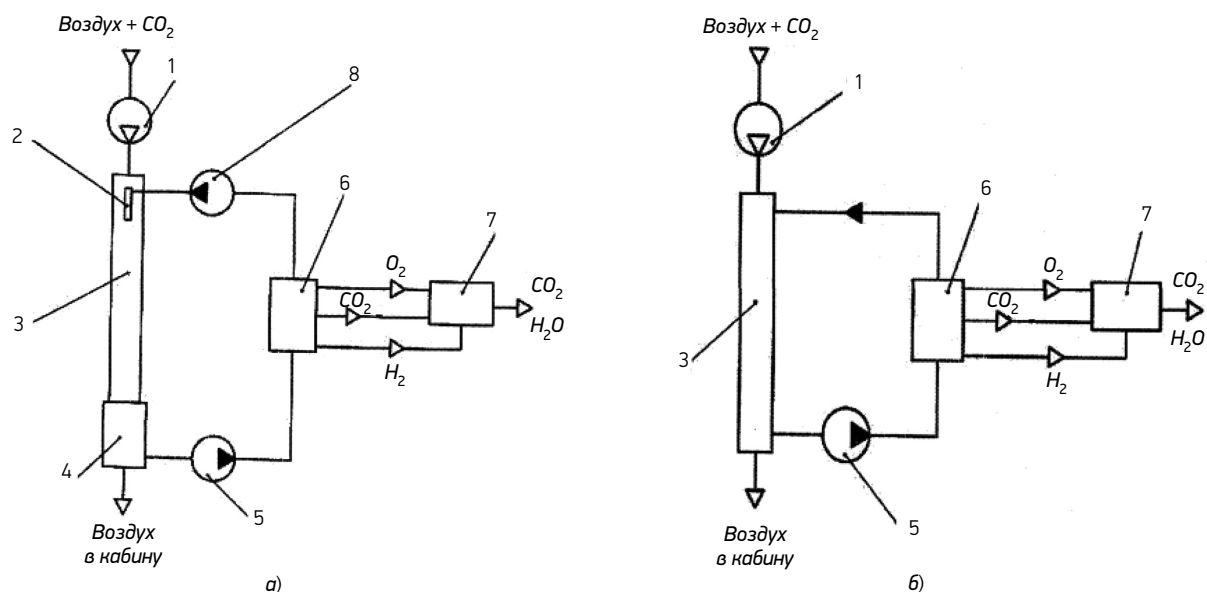


Рис. 3. Два варианта схем очистки воздуха от CO₂ в замкнутом объекте: а — с адсорбцией CO₂ из воздуха; б — с мембранным элементом. 1 — воздуходувка; 2 — форсунка; 3 — абсорбер; 4 — сепаратор жидкости; 5 — жидкостный насос; 6 — электролизер; 7 — топливный элемент; 8 — насос высокого давления

Figure 3. Two variants of air purification schemes from CO₂ in a closed object: a — with adsorption of CO₂ from the air; b — with a membrane element. 1 — blower; 2 — nozzle; 3 — adsorber; 4 — liquid separator; 5 — liquid pump; 6 — electrolyzer; 7 — fuel cell; 8 — high pressure pump

щелочью с образованием карбонатных и бикарбонатных солей. Дальнейшие операции проводят по первому варианту. Топливный элемент в этих двух установках вырабатывает энергию, за счет которой осуществляется работа насосов 5 и/или 8.

Таким образом, сочетая процессы поглощения электролиза можно регенерировать поглотитель и получать углекислый газ и водород, которые могут быть использованы для получения метанола.

Синтез метанола из углекислого газа и водорода является одним из важнейших процессов современной химической промышленности. В литературе описаны различные способы получения этого продукта, включающие реакцию углекислого газа с водородом под давлением 1—15 МПа, температуре 160—300 °С, объемной скорости 7000—25 000 ч⁻¹ в присутствии катализатора, содержащего оксиды меди и цинка, выделение метанола из реакционной смеси и рециркуляцию непрореагировавших в синтезе метанола веществ³. В качестве сырья применя-

ют смесь водорода с оксидом и диоксидом углерода, содержание в смеси углекислого газа варьируется в интервале 3—12 об. %. В реакционном газе, контактирующем с катализатором, объемное отношение водорода к сумме оксидов углерода в 1,3—3,0 раза больше стехиометрического.

Для поглощения углекислого газа может быть использована технология фотосинтеза на основе хлорофилла из различных водорослей, которая позволяет получать крахмал или биологическое топливо. Водная среда планеты содержит значительное количество водорослей, которые вносят существенный вклад по извлечению углекислого газа из атмосферы земного шара. Однако отсутствие знаний о механизме и кинетике фотохимических реакций углекислого газа и различных водорослей и способах получения воспроизводимых результатов при синтезе получаемых продуктов затрудняет промышленную реализацию данных технологий [15].

Еще одна технология дальнейшего использования углекислого газа представляет собой его закачивание в действующие нефтяные месторождения. Эта технология считается одной из самых перспективных, так как закачивание углекислого

³ Пат. 98938 РФ, МПК В 01 D 53/00. Установка для концентрирования диоксида углерода, и извлекаемого из атмосферы (варианты) / Л.А. Жинжиков, Л.И. Гаврилов, А.А. Кочетков. 2010.

газа в действующие нефтяные месторождения снижает вязкость нефти и повышает ее подвижность. В результате приток нефти к скважине увеличивается, что позволяет дополнительно извлечь из пласта до 15% запасов нефти. По оценке аналитиков, отечественная нефтяная индустрия прямо сейчас могла бы с целью повышения нефтеотдачи захоронить 23 млрд т диоксида углерода (столько Россия выбросит за 10 лет).

Такой подход позволяет повысить добычу, причем использование углекислого газа значительно эффективнее традиционного вытеснения нефти водой. Именно с этого началось развитие этой технологии — первые такие проекты появились в 1970-х гг. на нефтяных месторождениях в Техасе (США) [16].

Все крупные нефтяные компании страны — эмитенты большого объема выбросов парниковых газов — осведомлены о возможностях данных технологий. О намерении запустить пилотные проекты по улавливанию, химической нейтрализации, транспортировке и хранению углекислого газа в подземных хранилищах и собственных выработанных месторождениях в феврале 2021 г. заявляла Роснефть. Впрочем, запуск этих инициатив состоится не раньше 2028 г., в основном из-за опасений недостаточной рентабельности данных технологий. Поэтому многие специалисты считают, что без государственной поддержки — прямой (субсидии) или косвенной (льготы и преференции) — не обойтись. Это поможет вывести на рынок пилотные проекты, которые пока не окупаются.

3. Результаты применения методического подхода для оценки перспектив использования технологий и средств улавливания углекислого газа для защиты окружающей среды и населения в местах массового пребывания людей

Для количественной оценки перспективности использования технологий и средств улавливания углекислого газа для защиты окружающей среды и населения использовался метод иерархий [19]. В методе иерархий используется определенный набор количественных показателей для экспертной оценки перспективности реализации тех или иных предложений.

Для оценки перспективности использования технологий улавливания углекислого газа для защиты окружающей среды предлагается использовать следующие показатели:

- социально-экологическая значимость;
- научно-технический уровень;
- экономически приемлемый уровень ресурсного обеспечения.

Весомость каждого показателя предлагается оценивать по трехбалльной системе. Условия оценки показателей по балльной системе приведены в табл. 1.

Анализ возможностей современных технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды свидетельствует о том, что некоторые из них имеют хорошие перспективы использования при условии существенного

Таблица 1. Условия оценки показателей перспективности использования технологий улавливания углекислого газа по балльной системе

Table 1. Conditions for evaluating indicators of prospects for using carbon dioxide capture technologies according to the point system

Показатели перспектив использования технологий	Условия получения высшей оценки 3 балла	Условия получения средней оценки 2 балла	Условия получения низшей оценки 1 балл
Социально-экологическая значимость	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды	Ограниченные возможности использования для защиты окружающей среды	Отсутствуют сведения по перспективам использования для защиты окружающей среды
Научно-технический уровень	Основные технологические процессы реализованы в промышленном масштабе	Основные технологические процессы находятся на стадии реализации	Проводятся исследования возможности использования для улавливания углекислого газа
Экономически приемлемый уровень ресурсного обеспечения	Решены проблемы экономически приемлемых способов транспортировки углекислого газа	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа	Отсутствуют сведения по ресурсному обеспечению

увеличения экономичности способов хранения и последующей транспортировки углекислого газа, которые в настоящее время требуют значительных затрат. Результаты оценки социально-экологической значимости, научно-технического уровня разработки технологических процессов и необходимого ресурсного обеспечения технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды приведены в табл. 2.

Для Российской Федерации наиболее перспективной в настоящее время является технология закачивания углекислого газа в действующие нефтяные месторождения. Для повышения рентабельности современных технологий улавливания и переработки углекислого газа необходимо создание комплексных промышленных объединений, обеспечивающих улавливание, транспортировку, последующую переработку или закачивание углекислого

Таблица 2. Результаты оценки перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа

Table 2. Results of the assessment of the prospects for the use of carbon dioxide capture and processing technologies

Наименование технологий улавливания	Социально-экономическая значимость	Научно-технический уровень	Ресурсное обеспечение	Перспективы использования для защиты окружающей среды
Технологии улавливания на основе этаноламинов	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды, 3 балла	Основные технологические процессы реализованы в промышленном масштабе, 3 балла	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа, 2 балла	Общая оценка 8 баллов. Наиболее перспективен при условии повышения экономичности способов транспортировки
Технологии на основе гидроокиси щелочных металлов	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды, 3 балла	Основные технологические процессы находятся на стадии реализации, 2 балла	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа, 2 балла	Общая оценка 7 баллов. Необходима промышленная реализация технологий и повышение экономичности способов транспортировки
Технологии на основе солей щелочных металлов	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды, 3 балла	Основные технологические процессы находятся на стадии реализации, 2 балла	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа, 2 балла	Общая оценка 7 баллов. Необходима промышленная реализация технологий и повышение экономичности способов транспортировки
Технологии на основе окиси кальция	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды, 3 балла	Основные технологические процессы находятся на стадии реализации, 2 балла	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа, 2 балла	Общая оценка 7 баллов. Необходима промышленная реализация технологий и повышение экономичности способов транспортировки
Технологии на основе водорослей	Весьма перспективен для защиты окружающей среды, 3 балла	Проводятся исследования по возможности использования для улавливания углекислого газа, 1 балл	Отсутствуют сведения по ресурсному обеспечению, 1 балл	Общая оценка 5 баллов. Перспективы могут быть определены при условии разработки воспроизводимой технологии
Технологии на основе закачивания в нефтяные скважины	Широкий спектр использования для защиты окружающей среды, 3 балла	Основные технологические процессы реализованы в промышленном масштабе, 3 балла	Решены проблемы экономически приемлемых способов улавливания углекислого газа, 2 балла	Общая оценка 8 баллов. Наиболее перспективен при условии повышения экономичности способов транспортировки

газа в действующие нефтяные месторождения. Пилотные проекты по формированию таких комплексных промышленных объединений могут быть развернуты в Самарской области и Республике Башкортостан.

В Самарской области расположен один из ведущих производителей аммиака, карбамида, аммиачной селитры корпорация «Тольяттиазот» — крупнейший производитель аммиака. Основные промышленные центры: Самара, Тольятти, Новокуйбышевск, Сызрань. Область является важным нефтедобывающим и нефтеперерабатывающим регионом. Ежегодная добыча нефти составляет около 10 млн т, природного газа — 300 млн м³.

На территории Республики Башкортостан размещено 19 нефтепроводов, 8 продуктопроводов, 11 газопроводов и большое количество технологических трубопроводов, эксплуатируется более 53 тыс. км магистральных и промысловых трубопроводов. По территории Республики Башкортостан перекачивается 35% российской нефти, 31% нефтепродуктов и 20% газа. Основными источниками выбросов углекислого газа в атмосферу являются: Новоуфимский НПЗ, АО «Уфанефтехим», АО «Сода» (г. Стерлитамак), «Салаватнефтеоргсинтез» (г. Салават) и Уфимский НПЗ.

Технологии поглощения и переработки углекислого газа на основе этаноламина имеют неплохие показатели, характеризующие социально-экономическую эффективность и научно-технический уровень основных технологических процессов. Эти технологии обладают широким спектром использования для защиты окружающей среды, так как имеют высокий уровень разработки промышленных технологических процессов и позволяют улавливать до 90% углекислого газа и перерабатывать его в карбамид и другие продукты. Однако транспортировка углекислого газа для переработки в карбамид, другие полезные продукты или для закачивания в нефтяные скважины требует значительных затрат. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является создание такой компрессорно-насосной установки, в которой возможно эффективное сочетание высокоэкономичных процессов получения жидкого углекислого газа и последующей транспортировки для использования в различных

целях. Создание экономичных способов получения жидкого углекислого газа и последующей транспортировки существенно повысит рентабельность большинства технологий улавливания и переработки углекислого газа для решения задач по защите окружающей среды.

Технологии на основе соединений щелочных и щелочноземельных металлов могут быть использованы для улавливания и переработки углекислого газа в целях защиты окружающей среды при условии их реализации в промышленном масштабе аналогично технологиям на основе этаноламина.

Представляет интерес технология поглощения углекислого газа на основе использования реакции фотосинтеза с помощью хлорофилла из различных водорослей. Данная технология может не только уменьшить содержание углекислого газа в атмосфере, но и очистить многие наши водоемы от переизбытка водорослей. Неконтролируемое распространение водорослей ухудшило состояние водной среды в Черном море, на Волге и на Байкале. Для успешного внедрения данной технологии необходимо объединение усилий биологов и химиков-технологов для разработки технологических решений, обеспечивающих надежное поглощение углекислого газа и последующее устойчиво воспроизводимое получение крахмала или биологического топлива.

Наличие особых эксплуатационных требований к средствам поглощения углекислого газа, пригодным для защиты населения в местах массового пребывания людей в ограниченном пространстве, вызывает необходимость изменения подходов к выбору сорбентов и способов поглощения. Для определения перспектив их использования предлагаются следующие показатели перспективности использования способов поглощения углекислого газа для защиты населения в местах массового пребывания людей:

- возможные технические решения реализации способов поглощения, удовлетворяющие эксплуатационным требованиям;
- сорбционные характеристики поглотителей;
- стоимостные показатели сорбентов и оборудования.

Основные эксплуатационные требования, которые необходимо учитывать при выборе технических решений включают:

- поглощение углекислого газа без утраты их сорбционных свойств в диапазоне температур — от +40 до +5 °C;

- возможность непрерывной эксплуатации в течение 6—8 часов;

- производительность — от 20 м³/ч и более;

- срок эксплуатации — не менее 5 лет.

Средство относится к изделиям многократного циклического применения, поэтому желательна регенерация сорбента. Многим из этих требований соответствуют бытовые воздухоувлажнители и воздухоочистители.

Для оценки весомости каждого показателя предлагается использовать трехбалльную систему. Условия оценки показателей средств поглощения углекислого газа для защиты населения в местах массового пребывания людей по балльной системе приведены в табл. 3.

Результаты оценки возможных технических решений для реализации способов поглощения, их эксплуатационные особенности, сорбционные характеристики поглотителей, стоимостные показатели сорбентов и оборудования и рекомендации по применению приведены в табл. 4.

Способы на основе солей щелочных металлов представляют особый интерес, так как используемые поглотители (кальцинированная сода и поташ):

- имеют низкую стоимость, 50 и 60 руб/кг;

- широко распространены и устойчивы при хранении;

- водные растворы в концентрациях от 10 до 20% безопасны в эксплуатации;

- могут быть использованы для разработки средств, обеспечивающих длительное пребывание населения в помещениях инженерной защиты и местах массового пребывания людей.

Созданные на основе данного поглотителя мобильные установки для снижения концентрации углекислого газа в воздухе помещений могут найти применение в укрытиях гражданской обороны, школах, больницах, офисах, станциях метро, спортивных сооружениях и фитнес-залах.

Пакеты пластин бумажно-полимерной основы, инкапсулированные гидроксидами щелочных металлов, могут быть применены в укрытиях гражданской обороны, в которых используется приточная вентиляция или имеются вентиляторы, через

Таблица 3. Условия оценки показателей перспективности использования способов поглощения углекислого газа для защиты населения в местах массового пребывания людей по балльной системе

Table 3. Conditions for assessing indicators of the prospects for using methods of absorbing carbon dioxide to protect the population in places of mass stay of people according to the point system

Показатели перспектив использования способов поглощения	Условия получения высшей оценки 3 балла	Условия получения средней оценки 2 балла	Условия получения низшей оценки 1 балл
Технические решения, удовлетворяющие эксплуатационным требованиям	Способ может быть реализован на основе бытовых воздухоувлажнителей и воздухоочистителей, возможна регенерация сорбента	Способ может быть реализован при подключении к системе вентиляции, возможность регенерации сорбента отсутствует	Отсутствуют сведения по возможности и перспективам использования для защиты населения
Сорбционные характеристики поглотителей	Сорбционная емкость составляет не менее 30—40% от массы поглотителя	Сорбционная емкость составляет не менее 20—25% от массы поглотителя	Сорбционная емкость составляет менее 15% от массы поглотителя
Стоимостные показатели сорбентов и оборудования	Стоимость поглотителя не превышает 200 руб/кг. Стоимость оборудования не превышает 20 тыс. руб.	Стоимость поглотителя не превышает 1000 руб/кг. Стоимость оборудования не превышает 100 тыс. руб.	Стоимость поглотителя превышает 1000 руб/кг. Стоимость оборудования превышает 100 тыс. руб.

Таблица 4. Результаты оценки возможных технических решений для реализации способов поглощения, их эксплуатационные особенности, сорбционные характеристики поглотителей, стоимостные показатели сорбентов и оборудования и рекомендации по применению

Table 4. Results of evaluation of possible technical solutions for implementation of absorption methods, their operational features, sorption characteristics of absorbers, cost indicators of sorbents and equipment, and recommendations for use

Наименование средств и способов поглощения	Возможные технические решения для реализации способов поглощения, их эксплуатационные особенности	Сорбционные характеристики поглотителей	Стоимостные показатели сорбентов и оборудования	Рекомендации по применению
Способы поглощения растворами соды или поташа	Могут быть реализованы на базе воздухоувлажнителя и воздухоочистителя типа Primera HUP-S3050-UVHFA. Сорбент регенерируют путем кипячения, 3 балла	Сорбционная емкость составляет порядка 30—40% от массы поглотителя, 3 балла	Стоимость соды и поташа составляет 50 и 60 руб/кг. Стоимость оборудования составит 10—20 тыс. руб., 3 балла	Общая оценка 9 баллов. Могут быть использованы для разработки средств поглощения углекислого газа в местах массового пребывания людей
Пакет пластин бумажно-полимерной основы, инкапсулированных гидроксидами щелочных металлов	Могут быть подключены в систему скруббера или к вентилятору, который подает приточный воздух, используется для разовой эксплуатации, 2 балла	Сорбционная емкость составляет порядка 35—45% от массы поглотителя, 3 балла	Стоимость гидроксидов натрия и калия составляет 150 и 200 руб/кг. Стоимость оборудования составит 20 тыс. руб., 3 балла	Общая оценка 8 баллов. Могут найти применение в укрытиях гражданской обороны
Регенеративный патрон РП-100 на основе известкового поглотителя ХП-И	Регенеративный патрон РП-100 предназначен для убежищ вместимостью до 300 человек, однако используется для разовой эксплуатации, 2 балла	Сорбционная емкость составляет порядка 20—25% от массы поглотителя, 2 балла	Стоимость известкового поглотителя марки ХП-И составляет 480 руб/кг. Стоимость РП — 1000 тыс. руб., 2 балла	Общая оценка 6 баллов. Используется в убежищах ГО с III режимом вентиляции
Регенерируемый абсорбер на основе активированного угля, пропитанного раствором диэтаноламина	Абсорбер может регенерировать сорбент и обладает дополнительными функциями, улучшающими качество воздуха, 3 балла	Сорбционная емкость составляет порядка 50—60% от массы поглотителя, 3 балла	Стоимость диэтаноламина составляет 500 руб/кг. Стоимость абсорбера превышает 100 тыс. руб., 1 балл	Общая оценка 7 баллов. Может быть использован в помещениях органов управления ГО

которые подается воздух. Данные пластины могут быть использованы для разовой эксплуатации.

В настоящее время для целей защиты населения в основном используются известковые поглотители марки ХП-И на основе гидроксида кальция в виде зерен диаметром от 5,50 до 6,50 мм в различных регенеративных патронах. Для всех известных на сегодня марок известковых поглотителей сорбционная емкость составляет примерно 20—25%

от массы поглотителя, что значительно ниже показателей сорбции поглотителей на основе соединений калия и натрия. Эти патроны предназначены для убежищ гражданской обороны с III режимом вентиляции и вместимостью до 300 человек. Эти средства, как и пакеты пластин, могут использоваться для разовой эксплуатации.

Предлагаемый сотрудниками Троицкого института инновационных и термоядерных исследований

[20] регенерируемый абсорбер на основе активированного угля, пропитанного раствором диэтаноламина, может регенерировать сорбент и обладает дополнительными функциями, улучшающими качество воздуха. Для регенерации диэтаноламина предлагается прокачивать через него горячий воздух, содержащий значительное количество кислорода (до 22%). Однако, как показывает опыт реализации данной технологии в производстве, кислород окисляет диэтаноламин и тем самым снижает возможность регенерации сорбента. Поэтому в технологических процессах для обеспечения эффективности регенерации диэтаноламина снижают содержание кислорода в газовой смеси до 3%. Учитывая относительно высокую стоимость абсорбера и его возможности по улучшению качества воздуха, данный образец можно использовать в помещениях органов управления ГО.

Заключение

Представленный в статье методический подход, основанный на оценке социально-экономической значимости, научно-технического уровня и ресурсного обеспечения, позволил определить перспективы использования современных технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды и защиты населения.

Совершенствование технологий улавливания и переработки углекислого газа является одним из приоритетных направлений деятельности в рамках борьбы с парниковыми газами, которая, помимо влияния на климат, может принести определенную пользу для экономики страны, так как продукты переработки углекислого газа смогут найти широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях экономики.

Важнейшую роль в определении дальнейших перспектив развития технологий улавливания и переработки углекислого газа в России будут играть факторы успешного преодоления тотальной экономической войны со стороны США и Евросоюза. В связи с этим преимущественное внедрение должны получить те технологические решения (проекты), которые используют отечественные разработки и собственное либо поставляемое из дружественных стран производственное оборудование.

Литература [References]

1. Зимов С. Дремлющая угроза, о плейстоценовых парках и вечной мерзлоте / Российская газета №245(8596), 2021 [Zimov S. Dormant threat, about Pleistocene parks and non-permafrost / Rossiyskaya Gazeta No. 245 (8596), 2021, (In Russ.)]
2. Стратегический глобальный прогноз 2030. Расширенный вариант / Под ред. акад. А. А. Дынкина. ИМЭМО РАН. М.: Магистр, 2011. 480 с. [Strategic Global Forecast 2030. Expanded version / Ed. Academician A. A. Dynkin. IMEMO RAN. M.: Master, 2011. 480 p., (In Russ.)]
3. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / Под ред. А. Ю. Иванова, Н. Д. Дурманова (рук-ли авт. кол.). М. П. Орлов, К. В. Пиксендеев, Ю. Е. Ровнов и др. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 120 с. [The battle for climate: carbon agriculture as the headquarters of Russia: an expert report / Edited by A. Yu. Ivanov, N. D. Durmanov (heads of the team of authors.); M. P. Orlov, K. V. Pixendeev, Yu. E. Rovnov et al. Nats. un-t "Higher School of Economics". M.: Ed. House of the Higher School of Economics, 2021. 120 p., (In Russ.)]
4. Быховская М. С., Гинзбург С. Л., Хализова О. Д. Методы определения вредных веществ в воздухе. М. ЭНАС, 2003. 98 с. [Bykhovskaya M. S., Ginzburg S. L., Khalizova O. D. Methods for determining harmful substances in the air. M. ENAS, 2003, 98 p., (In Russ.)]
5. Гурина И. В. Безопасный уровень углекислого газа требует ревизии // Экологический Вестник России. 2008. № 10. С. 14—22. [Gurina I. V. Safe level of carbon dioxide requires revision // Ecological Bulletin of Russia. 2008;(10):14-22, (In Russ.)]
6. Школьный экологический мониторинг: Учеб. пособие для учителей и учащихся / Под ред. Т. Я. Ашихминой. М.: Агар: Рандеву-АМ. 2000. 385 с. [School environmental monitoring: Educational manual for teachers and students / Ed. T. Ya. Ashikhmina. M.: Agar: Rendezvous-AM. 2000. 385 p., (In Russ.)]
7. Беловешкин А. Углекислый газ в помещении. URL: <http://www.beloveshkin.com/2015/04/uglekislyj-gaz-v-pomeshhenii.html> (Дата обращения: 20.01.2020). [Beloveshkin A. Indoor carbon dioxide. URL: <http://www.beloveshkin.com/2015/04/uglekislyj-gaz-v-pomeshhenii.html> (Accessed: 20.01.2020)].

8. Пашковский Д.А., Быков А.А., Кондратьев-Фирсов В.М. Некоторые вопросы повышения эффективности управления рисками устойчивого развития в вертикально интегрированных холдингах // Газовая промышленность. 2022. № 6(834). С. 96—105. [Pashkovsky D.A., Bykov A.A., Kondratiev-Firsov V.M. Some questions on improving the effectiveness of sustainability risk management in vertically integrated companies // GAS Industry of Russia. 2022;(6(834)):96-105, (In Russ.)]
9. Пашковский Д.А., Быков А.А., Кондратьев-Фирсов В.М. О современной ситуации в управлении климатическими и ESG-рисками // Газовая промышленность. 2022. № 8(836). С. 88—94 [Pashkovsky D.A., Bykov A.A., Kondratiev-Firsov V.M. On the current situation with climatic and EGS risk management // GAS Industry of Russia. 2022;(8(836)):88-94, (In Russ.)]
10. Федоров Б.Г. Российский углеродный баланс. М.: Научный консультант. 2017. 82 с. [Fyodorov B.G. Russian carbon balance. M.: Scientific consultant. 2017. 82 p., (In Russ.)]
11. Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В., Дворецкий С.И. и др. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратное оформление. М.: Машиностроение-1. 2007. 156 с. [Gladyshev N.F., Gladysheva T.V., Dvoretzky S.I., et al. Next generation regenerative products: technology and hardware design. M.: Mechanical Engineering-1. 2007. 156 p., (In Russ.)]
12. Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В. и др. Кинетика хемосорбции диоксида углерода и выделения кислорода в статических условиях нанокристаллическим KO_2 , осажденным на стекловолоконной матрице // Журнал прикладной химии. 2015. Т. 88. № 6. С. 919—923. [Gladysheva T.V., Gladyshev N.F., et al. Kinetics of carbon dioxide chemisorption and oxygen release under static conditions by nanocrystalline KO_2 deposited on a fiberglass matrix // Zhurnal Prikladnoi Khimii. 2015;88(6):919-923, (In Russ.)]
13. Известковые поглотители нового поколения: монография / Н.Ф. Гладышев [и др.]. Москва: Спектр, 2012. 135 с. [Calcareous absorbers of a new generation: monograph / N.F. Gladyshev [et al.]. Moscow: Spectrum, 2012. 135 p., (In Russ.)]
14. Афанасьев С.В., Сергеев С.П., Волков В.А. Современные направления производства и переработки диоксида углерода // Химическая техника. 2016. № 11. С. 30—33. [Afanasyev S.V., Sergeev S.P., Volkov V.A. Modern directions of carbon dioxide production and processing // Chemical engineering. 2016;(11):30-33, (In Russ.)]
15. Вольнов И.И. Перекисные соединения щелочных металлов. М.: Наука, 1980. 160 с. [Volnov I.I. Peroxide compounds of alkali metals. M.: Science, 1980. 160 p., (In Russ.)]
16. Environmental and value creation. CO_2 for EOR on the Norwegian Shelf — A case Study. Bellona report, 2015.
17. Марков С.А. Использование водорослей для получения биотоплива и удаления углекислого газа из атмосферы // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 2(70). С. 83—90. [Markov S.A. Potential of using microalgae for biofuel production and CO_2 removal from atmosphere // International Journal of Hydrogen Energy; Solar Energy. 2009;(2(70)):83-90, (In Russ.)]
18. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Новые технологии извлечения CO_2 из дымовых газов тепловых станций // Технические газы. 2011. № 2. С.32—42. [Lavrenchenko G.K., Kopytin A.V. New technologies of extraction CO_2 from smoke gases of thermoelectric power stations // Technical gases. 2011;(2):32-42, (In Russ.)]
19. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузюмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. М.: Сов. Радио. 1975. 400 с. [Chuev Yu.V., Mikhailov Yu.B., Kuzomin V.I. Forecasting of quantitative characteristics of processes. M.: Sov. Radio. 1975. 400 p., (In Russ.)]
20. Миров В.В., Миронов А.В. Иванов Д.А. Регенерируемый абсорбер углекислого газа, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ». Росатом. 2020. [Mirov V.V., Mironov A.V., Ivanov D.A. Regenerated carbon dioxide absorber, JSC “SSC RF TRINITY”. Rosatom. 2020, (In Russ.)]

Сведения об авторах

Малышев Владлен Платонович: доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: более 316

Область научных интересов: проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Vlad1936.malyshov@yandex.ru

Виноградов Олег Владимирович: старший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: более 40

Область научных интересов: проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях

SPIN-код: 3056-0611

AuthorID: 1038780

Контактная информация

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

v1970ov@mail.ru

Родионов Игорь Александрович: доцент, научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: 3

Область научных интересов: проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях

SPIN-код: 3506-4636

AuthorID: 1130203

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Goha-5@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 28.08.2022

Одобрена после рецензирования: 30.09.2022

Принята к публикации: 21.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 28.08.2022

Approved after reviewing: 30.09.2022

Accepted for publication: 21.10.2022

Date of publication: 29.12.2022

УДК 332.143

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-66-75>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2022

Интегральная оценка и прогнозирование экономической безопасности регионов (на примере Приволжского федерального округа)¹

Каранина Е.В.*,
Жигарев А.С.,
Смирнов Ф.Е.,

Вятский государственный
университет,
610000, Россия, Приволжский
федеральный округ,
Кировская область, г. Киров,
ул. Московская, д. 36

Аннотация

Диагностика и прогнозирование экономической безопасности играют особую роль на макро- и мезоуровне экономики. Основной задачей каждого региона является обеспечение оптимального состояния экономической безопасности, для этого необходимо точно спрогнозировать угрозы, проанализировать риски в разрезе сфер экономики и дать соответствующие оценки показателям. В исследовании применен способ оценки экономической безопасности регионального уровня с помощью интегральной оценки, для этого последовательно были проведены следующие процедуры: поиск статистических данных, формирование весовых коэффициентов с помощью экспертных оценок, определение структуры модели и нахождение интегрального индикатора в разрезе проекций и регионов — реальная экономика, финансовая сфера, социальная сфера, оценка общего интегрального индикатора экономической безопасности регионов Приволжского федерального округа.

Ключевые слова: экономическая безопасность; пороговые значения; статистика, индикатор; экспертные оценки; интегральный индекс; динамика интегрального индекса; оценка уровня безопасности экономики; прогнозные значения.

Благодарности: авторы выражают благодарность Фонду грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации.

Для цитирования: Каранина Е.В., Жигарев А.С., Смирнов Ф.Е. Интегральная оценка и прогнозирование экономической безопасности регионов (на примере Приволжского федерального округа) // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 66—75, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-66-75>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

¹ Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (НШ-5187.2022.2) для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации в рамках темы исследования «Развитие и обоснование концепции комплексной модели диагностики устойчивости к рискам и угрозам безопасности региональных экосистем и технологии ее применения на основе цифрового двойника».

Integral Assessment and Forecasting of Economic Regional Security (on the Example of the Volga Federal District)²

Elena V. Karanina*,
Andrey S. Zhigarev,
Fyodor E. Smirnov,
Vyatka State University,
Moscow str., 36, Kirov,
Volga Federal District,
Kirov Region, 610000, Russia

Abstract

Diagnostics and forecasting of economic security plays a special role at the macro- and meso-levels of the economy. The main task of each region is to ensure the optimal state of economic security, for this it is necessary to predict threats accurately, analyze risks in the context of economic sectors and give appropriate estimates of indicators. The study applied a method for assessing the economic security of the regional level using an integral assessment, for this the following procedures were sequentially carried out: the search for statistical data, the formation of weight coefficients using expert assessments, determining the structure of the model and finding an integral indicator in the context of projections and regions: real economy, financial sphere, social sphere, assessment of the general integral indicator of economic security of the regions of the Volga Federal District.

Keywords: economic security; threshold values; statistics; indicator; expert assessments; integral index; dynamics of the integral index; assessment of the level of economic security; forecast values.

Acknowledgments: the authors express gratitude to the Fund of Grants of the President of the Russian Federation for state support of leading scientific schools of the Russian Federation.

For citation: Karanina E.V., Zhigarev A.S., Smirnov F.E. Integral assessment and forecasting of economic regional security (on the example of the Volga Federal District) // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):66-75, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-66-75>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Методология исследования

2. Результаты исследования

Заключение

Литература

² The article was prepared with the support of a grant from the President of the Russian Federation NSh-5187.2022.2 for state support of leading scientific schools of the Russian Federation within the framework of the topic of the study "Development and justification of the concept, a comprehensive model of the resolution diagnosis of risks and threats to the security of regional ecosystems and its application technology based on a digital double".

Введение

На национальном уровне в Российской Федерации ключевые категории экономической безопасности впервые были определены в 1996 г. Указом Президента, которым утверждена стратегия экономической безопасности РФ и включенные в нее основные положения о необходимости отслеживания динамики состояния всех экономических уязвимостей страны и выявления угроз безопасности, связанных с ними. В данном указе целью экономической безопасности становится «обеспечение такого развития экономики, при котором создались бы приемлемые условия для жизни и развития личности, социально-экономической и военно-политической стабильности общества и сохранения целостности государства, успешного противостояния влиянию внутренних и внешних угроз», в этом же акте прописывается необходимость выработки системы показателей и сопутствующей системы анализа для выявления угроз безопасности экономики государства. После вступления постановления в силу наибольший успех приобрела система, разработанная С.Ю. Глазьевым и В.К. Сенчаговым, включающая 25 показателей по 3 сферам (социальная, финансовая и макроэкономическая), принятая Советом безопасности РФ в том же году для мониторинга экономической безопасности [14, 17].

Основными объектами экономической безопасности являются: личность, общество (в целом, а также в лице местного самоуправления), государство (в целом, а также в лице трех ветвей власти) [18].

Субъектами экономической безопасности являются: государство в лице уполномоченных государственных институтов, органы регионального управления, органы местного самоуправления, иные общественные организации и отдельные граждане [7].

Существует необходимость в постоянном анализе экономической безопасности. В связи с этим принята концепция мониторинга экономической безопасности на национальном и региональном уровнях, предполагающего постоянный сбор информации, анализ динамики показателей, прогнозирование на дальнейшие периоды, выделение дальнейших угроз и методы борьбы с ними. Также в процесс мониторинга входят постановка задач, поиск и первичная обработка данных, преобразование исходных данных в индикаторы, функциональное преобразование и наглядность результатов.

Нынешняя Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденная 13.05.2017, предполагает большой спектр задач, необходимых для формирования безопасности экономики, таких как:

- 1) развитие системы государственного управления, прогнозирования и стратегического планирования в сфере экономики;
- 2) обеспечение устойчивого роста реального сектора экономики;
- 3) создание экономических условий для разработки и внедрения современных технологий, стимулирования инновационного развития, а также совершенствование нормативно-правовой базы в этой сфере;
- 4) устойчивое развитие национальной финансовой системы;
- 5) сбалансированное пространственное и региональное развитие Российской Федерации, укрепление единства ее экономического пространства;
- 6) повышение эффективности внешнеэкономического сотрудничества и реализация конкурентных преимуществ экспортно ориентированных секторов экономики;
- 7) обеспечение безопасности экономической деятельности;
- 8) развитие человеческого потенциала [16].

Следовательно, обеспечение столь значительного объема задач требует анализа большего количества показателей, чем предполагалось предыдущей Стратегией.

Стратегия предполагает мониторинг 40 показателей, оказывающих влияние на состояние экономической безопасности РФ. На данный момент официально не принята методика для расчета индикаторов экономической безопасности ввиду разделения реализации Стратегии на несколько этапов.

Национальный уровень экономики является отправной точкой для мониторинга экономики регионов России. Он должен быть обеспечен поддержкой не только на федеральном, но и на региональном уровне. Такая система будет способствовать развитию национальных институтов и мер реагирования на внешние и внутренние угрозы для обеспечения соответствующего уровня экономической безопасности территорий.

1. Методология исследования

В современных условиях мониторинг экономической безопасности регионов является актуальной темой для обсуждения на высшем уровне, так как анализ ситуации в целом часто не полностью отражает реальное положение дел [10]. К тому же в условиях необходимости выстраивания системы мер реагирования на постоянно возникающие шоковые факторы в экономике необходимо постоянно оценивать экономическую ситуацию на уровне регионов, осуществлять диагностику безопасности и способности к восстановлению.

При выполнении исследования авторы столкнулись с проблемой поиска статистических данных. Сложность сбора данных по статистическим изданиям заключается в том, что они не всегда включают в себя весь объем однотипных данных для каждого издания, зачастую информацию приходится вычлнять из различных статистических баз данных. Также возникла трудность выбора объективного расчета пороговых значений. В текущих реалиях практически не существует конкретно обозначенных норм и правил формирования пороговых значений для наиболее точной оценки показателей, а государственная стратегия не предполагает их наличие на данный момент ввиду отсутствия методологии для осуществления расчетов, что создает необходимость в разработке своего метода для данной модели [9].

Методология расчета строилась в 6 этапов:

1. Сбор и структурирование статистических данных по субъектам Приволжского федерального округа, состоящих из динамики за обозреваемый период по 9 показателям для каждого субъекта.

Для сбора информации авторы пользовались популярными статистическими изданиями, например, «Россия в цифрах», «Российский статистический ежегодник», «Регионы России», «Социально-экономические показатели» [3].

2. Масштабирование показателей и формирование индикаторов оценки уровня безопасности в разрезе каждой отдельной сферы на основе:

- нормировки путем соотношения факторных значений с пороговыми:

для соотношения «не менее порогового значения»

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i}{a_i}, \quad (1)$$

для соотношения «не более порогового значения»

$$\tilde{x}_i = \frac{a_i}{x_i}, \quad (2)$$

где a_i — пороговое значение показателя x_i ; $\tilde{x}_i$ — нормированный показатель; i принимает значения от 1 до m ; m — количество показателей [15];

- присвоения веса уже нормированным показателям

$$\tilde{x}_i \cdot w, \quad (3)$$

где $\tilde{x}_i$ — нормированный показатель; w — вес в группах [11];

- свода нормированных взвешенных показателей в оценочный индикатор соответствующей сферы.

3. Сбор экспертных оценок и формирование на их основе весовых коэффициентов по каждой сфере (табл. 1).

Таблица 1. Экспертные оценки и формирование весовых коэффициентов

Table 1. Expert assessments and weighting

Экономический показатель	Эксперты										R_i	S_i	w_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Реальная экономика	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	28	64	0,61
Социальная сфера	1	3	2	2	3	1	2	1	1	2	18	4	0,03
Финансовая сфера	2	1	1	1	1	1	1	3	2	1	14	36	0,34
Сумма											60	104	1
R											20		

где R_i — сумма экспертных оценок по сфере; S_i — квадрат из разницы суммы R_i по сфере и R средней; w_i — весовые коэффициенты.

К основным достоинствам данного метода можно отнести следующие:

- опыт и интуиция экспертов помогают экспертам дать правильную оценку экономическим показателям;
- возможность получения объективной оценки, когда отсутствуют статистические данные;
- быстрота получения результатов [2, 5].

4. Формирование интегрального показателя экономической безопасности посредством свода взвешенных оценочных индикаторов по сферам:

$$Y_k = \sum_{j=1}^m w_j \tilde{X}_{kj}, \quad (4)$$

где $\tilde{X}_{kj}$ — нормированные экономические показатели, w_j — весовые коэффициенты [13].

5. Прогнозирование интегрального индикатора по ПФО на предстоящие 3 года как в целом по экономической безопасности, так и в разрезе трех сфер, на основе прогнозно-статистических методов [6].

6. Свод интегральных индикаторов с прогнозными значениями по всем субъектам в общий, формирующий экономическую безопасность ПФО:

$$z = \sum_{j=1}^k v_j y_j, \quad (5)$$

где v_j — весовые коэффициенты по группам [1].

По итогу всех расчетов, представленных в модели, был получен интегральный индикатор эконо-

мической безопасности по Приволжскому федеральному округу за каждый год, что позволило дать качественный анализ его динамики как по всему округу, так и в разрезе субъектов.

Определена четырехуровневая классификация показателя экономической безопасности: критический, низкий, средний и высокий. Так как индикатор может принять значения выше 1, то этот уровень оценивается как высокий, далее с шагом 0,2 различаем умеренный, низкий и критический. По итогу имеем несколько значений показателей, определяющих уровень безопасности:

- > 1 — высокий;
- 1—0,8 — средний;
- 0,79—0,6 — низкий;
- < 0,6 — критический [4, 7].

2. Результаты исследования

Одной из основных задач построения текущей модели было выявление динамики развития экономической безопасности как на уровне Приволжского федерального округа, так и по субъектам в его составе (рис. 1).

На рис. 1 показана динамика развития экономической безопасности по каждому субъекту в составе ПФО. Годы по каждому субъекту располагаются в хронологической последовательности. Благодаря

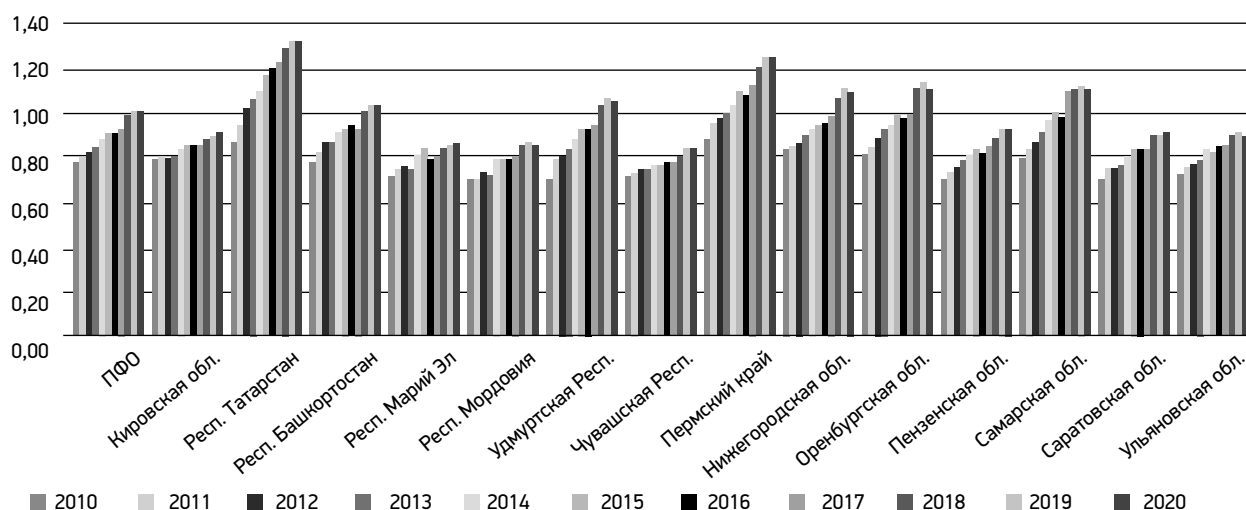


Рис 1. Динамика интегрального индекса экономической безопасности

Figure 1. Dynamics of the integrated economic security index

выстроенной гистограмме можно видеть, как за 10 лет менялся уровень экономической безопасности, также есть возможность сравнить его между субъектами и определить общую тенденцию изменения экономической безопасности округа. По данным графика наибольший рост обеспеченности безопасности экономики наблюдается у Республики Татарстан, она же к концу обозреваемого периода имеет самый высокий показатель.

По рис. 2 можно наблюдать ожидаемый уровень экономической безопасности и его динамику по

субъектам ПФО на 3 года после рассматриваемого периода.

В табл. 2 представлен общий итог проведенной работы, уровни безопасности экономики распределены по вышеуказанной классификации и помечены цветами в соответствии с рис. 3. Таблица дает возможность непосредственно проанализировать полученный результат, а также применить другие средства экономико-математического моделирования для получения каких-либо более конкретных результатов. По таблице видно, что наибольшее попа-

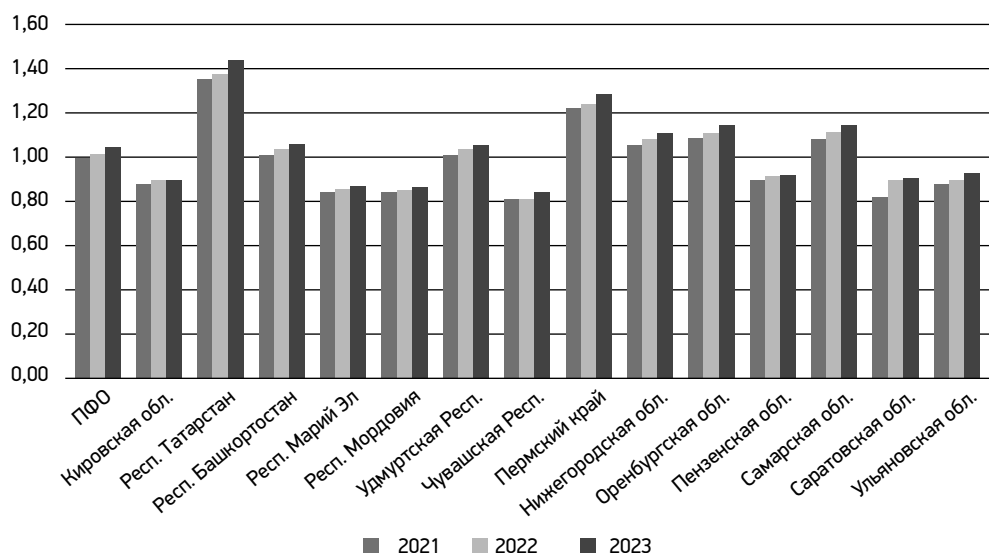


Рис. 2. Прогноз интегрального индекса экономической безопасности

Figure 2. Integrated economic security index forecast

Таблица 2. Сводная таблица оценки уровня безопасности экономики в разрезе регионов ПФО

Table 2. Summary table of economic security assessment by Volga Federal District Region

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ПФО	0,76	0,79	0,82	0,84	0,88	0,91	0,90	0,92	0,98	1,01	1,01	1,03	1,05	1,08
Кировская обл.	0,79	0,80	0,78	0,79	0,82	0,84	0,84	0,85	0,87	0,89	0,91	0,91	0,92	0,94
Республика Татарстан	0,86	0,94	1,01	1,05	1,09	1,16	1,20	1,22	1,28	1,32	1,32	1,40	1,44	1,49
Республика Башкортостан	0,77	0,81	0,86	0,86	0,90	0,93	0,93	0,92	0,99	1,02	1,03	1,05	1,08	1,10
Республика Марий Эл	0,71	0,71	0,73	0,74	0,80	0,84	0,78	0,79	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90	0,91
Республика Мордовия	0,68	0,69	0,72	0,73	0,79	0,78	0,80	0,80	0,84	0,86	0,85	0,87	0,89	0,90
Удмуртская Республика	0,74	0,78	0,79	0,83	0,87	0,92	0,92	0,92	1,02	1,06	1,04	1,06	1,09	1,11

Окончание таблицы 2

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Чувашская Республика	0,71	0,72	0,74	0,73	0,75	0,75	0,76	0,76	0,81	0,83	0,83	0,85	0,86	0,87
Пермский край	0,89	0,95	0,96	0,99	1,03	1,08	1,08	1,12	1,21	1,25	1,24	1,27	1,31	1,34
Нижегородская обл.	0,83	0,84	0,86	0,89	0,92	0,94	0,95	0,98	1,05	1,10	1,09	1,10	1,13	1,16
Оренбургская обл.	0,80	0,84	0,88	0,92	0,95	0,98	0,97	0,98	1,10	1,13	1,11	1,14	1,17	1,20
Пензенская обл.	0,70	0,72	0,75	0,77	0,81	0,84	0,81	0,83	0,88	0,91	0,91	0,93	0,95	0,97
Самарская обл.	0,78	0,82	0,86	0,91	0,97	1,00	0,97	0,99	1,08	1,11	1,10	1,14	1,17	1,20
Саратовская обл.	0,69	0,74	0,75	0,77	0,80	0,83	0,83	0,82	0,88	0,90	0,90	0,92	0,93	0,95
Ульяновская обл.	0,72	0,74	0,75	0,77	0,79	0,83	0,82	0,83	0,88	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96

Низкий уровень — < 0,8	Умеренный уровень — 0,8 < n < 1	Высокий уровень — > 1

Рис. 3. Зоны риска [12]

Figure 3. Risk zones

дание в зону высокой экономической безопасности приходится на республику Татарстан, в то же время Чувашская Республика большую часть рассматриваемого периода находится в зоне низкого уровня.

Также модель позволяет проанализировать полученный результат более детально. На рис. 4 представлены результаты диагностики уровня экономической безопасности за 2020 г. в разрезе каждого субъекта ПФО на составляющие его сферы. По рисунку видно, что Республика Татарстан имеет высокий уровень экономической безопасности в первую очередь за счет наиболее развитой по округу финансовой

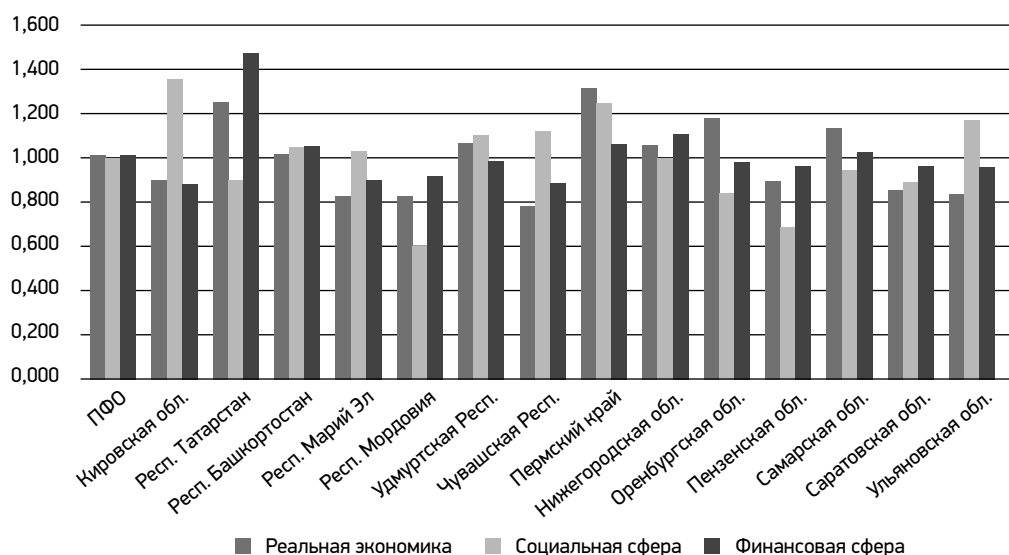


Рис. 4. Результаты диагностики уровня безопасности по сферам (2020 г.)

Figure 4. Field safety diagnostics (2020)

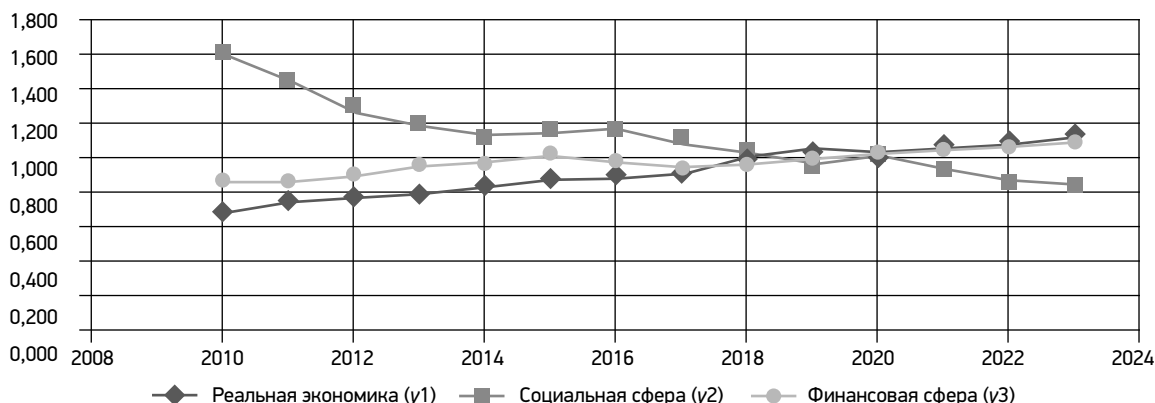


Рис. 5. Динамика уровня безопасности анализируемых сфер по ПФО в целом с учетом прогноза

Figure 5. Changes in the safety level of the analyzed areas for the Volga Federal District as a whole, taking into account the forecast

сферы, а также достаточно высокого уровня безопасности реальной экономики. Чувашская Республика же при достаточно высоком уровне развития социальной сферы имеет самые низкие по округу уровни развития реальной экономики и финансовой сферы.

По рис. 5 видно, что в общей картине по ПФО за рассматриваемый период наибольшее снижение уровня безопасности наблюдается в социальной сфере, в то время как уровень финансовой сферы и реальной экономики планомерно растут.

Заключение

В итоге можно определить преимущества модели, заключающиеся в гибкости и адаптивности под любые показатели, возможности проследить динамику индикатора экономической безопасности по каждому субъекту. Также наиболее важная характеристика модели заключается в способности качественно проанализировать состояние и динамику экономической безопасности как в целом по округу, так и в разрезе сфер и субъектов. При наличии объемных исходных данных по округу для более качественного анализа, в том числе на управленческом уровне, в модель можно включить большее количество показателей и сфер.

Методика ориентирована на разработку инструментов мониторинга безопасности регионов как на основе универсальных методик, так и с учетом дополнительных (возможных) эффектов воздействия на экономическую безопасность и социально-экономическое развитие регионов России.

Литература [References]

1. Архипов А. Экономическая безопасность: оценки, проблемы, способы обеспечения // Вопросы экономики. 1994. № 12. С. 36—44. [Arkhipov A. Economic security: assessments, problems, ways to ensure // Voprosy Ekonomiki. 1994;(12): 36-44, (In Russ.)]
2. Жандаров А.М., Петров А.А. Экономическая безопасность России: определения, гипотеза, расчеты // Безопасность. 2019. № 3. [Zhandarov A.M., Petrov A.A. Economic Security of Russia: definitions, hypothesis, calculations // Security. 2019;(3), (In Russ.)]
3. Агапова Т.Н., Вахрушева Л.В. Мониторинговые исследования в анализе экономической безопасности региона // Экономический анализ: теория и практика. 2003. № 1(4). С. 17—20. [Agapova T.N., Vakhrusheva L.V. Monitoring studies in the analysis of economic security of the region // Economic analysis: theory and practice. 2003;(1(4)):17-20, (In Russ.)]
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. М.: Финансы и статистика. 2004. 424 с. [Andreychikov A.V. Andreychikova O.N. Intelligent information systems. M.: Finance and Statistics. 2004. 424 p., (In Russ.)]
5. Барабин В.В. Экономическая безопасность государства. М.: ЭКОПРЕСС. 2001. 311 с. [Barabin V.V. Economic security of the state. M.: ECOPRESS. 2001. 311 p., (In Russ.)]
6. Возжеников А.В., Прохожев А.А. Государственное управление и национальная безопасность России. М.: Изд. РАГС. 1999. 132 с. [Vozhenikov A.V., Prokhozhev A.A. State management and national security of

- Russia. M.: Publishing House of the Russian Academy of Sciences. 1999. 132 p., (In Russ.)]
7. Сафина Д.М. Управление ключевыми показателями эффективности: Учеб. пособ. Казань: Казан. ун-т. 2018. 123 с. [Safina D.M. Management of key performance indicators: Educational method. Kazan: Kazan. un-t. 2018. 123 p., (In Russ.)]
 8. Цветков В.А., Степнов И.М., Ковальчук Ю.А., Зойдов К.Х. Динамика развития экономических систем: Монография / Под ред. чл.-кор. РАН В.А. Цветкова. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблемы рынка Российской академии наук (ИПР РАН). Москва: ЦЭМИ ИПР, 2016. 380 с. [Tsvetkov V.A., Stepnov I.M., Kovalchuk Yu.A., Zoidov K.Kh. Dynamics of the development of economic systems: Monograph / Under ed. of corr. memb. of RAS V.A. Tsvetkov. Federal State Budgetary Institution of Science Institute for Market Problems of the Russian Academy of Sciences (IPR RAS). Moscow: CEMI IPR, 2016. 380 p., (In Russ.)]
 9. Митяков Е.С. Классификация математической модели устойчивого развития и экономической безопасности // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2012. № 1. С. 128—131. [Mityakov E.S. Classification of mathematical models of sustainable development and economic security // Economics, statistics and computer science. Bulletin of UMO. 2012;(1):128-131, (In Russ.)]
 10. Казанцев С.В. Защищенность экономики регионов России. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН/ 2014. 180 с. [Kazantsev S.V. Protection of Economy of Russia's Regions. IEIE SB RAS. 2014. 180 p., (In Russ.)]
 11. Криворотов В.В., Калина А.В., Эриашвили Н.Д. Экономическая безопасность государства и регионов: Учеб. пособ. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2012. 351 с. [Krivorotov V.V., Kalina A.V., Eriashvili N.D. Economic security of the state and regions: studies. Manual. M.: UNITY-DANA, 2012. 351 p., (In Russ.)]
 12. Митяков Е.С. Модель региональной системы экономической безопасности // Экономика и предпринимательство. 2017. № 12-1(89). С. 356—360. [Mityakov E.S. The model of regional system of economic security // Economics and entrepreneurship. 2017;(12-1(89)):356-360, (In Russ.)]
 13. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 60 с. [Bobylev S.N. Indicators of sustainable development: regional dimension. Regional Environmental Policy Manual. M.: Acropolis, TsEPR, 2007. 60 p., (In Russ.)]
 14. Сенчагов В.К., Иванов Е.А. Структура механизма своевременного мониторинга экономической безопасности России. М.: Институт экономики РАН. 2015. 46 с. [Senchagov V.K., Ivanov E.A. Structure of the mechanism of timely monitoring of economic security of Russia. M.: Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. 2015. 46 p., (In Russ.)]
 15. Тернавщенко К.О., Малошенко Н.Л., Ильина Т.В., Погребная Н.В. Формирование параметрических оценок экономической безопасности на мезоуровне // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123(09). С. 1—14. DOI: 10.21515/1990-4665-123-109 [Ternavshchenko K.O., Malashenko N.L., Ilyina T.V., Pogrebnaya N.V. Formation of parametric estimation of economic security at the meso-level // Scientific Journal of KubGAU. 2016;(123 (09)):1-14, (In Russ.), DOI: 10.21515/1990-4665-123-109]
 16. Указ Президента РФ от 29.04.1996 № 608 «О государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации (Основных положениях)». [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92725/19f4597b29d81985eafb08451bb118e69610b9c/ (Дата обращения: 20.10.2022). [Decree of the President of the Russian Federation of 29.04.1996 No. 608 “On the state strategy of economic security of the Russian Federation (Basic provisions)”. [Electronic resource] // ConsultantPlus: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92725/19f4597b29d81985eafb08451bb118e69610b9c/ (Accessed: 20.10.2022)]
 17. Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/ (Дата обращения: 18.10.2022). [Decree of the President of the Russian Federation dated 12/31/2015 No. 683 “On the National Security Strategy of the Russian Federation”. [Electronic resource] // ConsultantPlus: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/ (Accessed: 18.10.2022)]
 18. Сенчагов В.К., Митяков С.Н., Митяков Е.С., Романова Н.А. Экономическая безопасность регионов России: Монография. Нижний Новгород: Растр-НН. 2012. 254 с. [Senchagov V.K., Mityakov S.N., Mityakov E.S., Romanova N.A. Economic security of the regions of Russia: Monograph. Nizhny Novgorod: Rastr-NN. 2012. 254p., (In Russ.)]

Сведения об авторах

Каранина Елена Валерьевна: доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой финансов и экономической безопасности, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Количество публикаций: более 300, в т. ч. более 50 монографий и учебных изданий

Область научных интересов: управление рисками, экономическая безопасность, финансовая безопасность, региональная экономика, резилиенс-диагностика рисков и угроз, финансовая грамотность

ResearcherID: L-1395-2016

Scopus Author ID: 57192661919

ORCID: 0000-0002-5439-5912

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

karanina@vyatsu.ru

Жигарев Андрей Сергеевич: студент кафедры финансов и экономической безопасности, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Область научных интересов: обеспечение экономической безопасности регионов, оценка рисков и угроз экономической безопасности

ORCID: 0000-0002-3669-8637

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

andrey_zhigarev144811@mail.ru

Смирнов Федор Евгеньевич: студент кафедры финансов и экономической безопасности, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Область научных интересов: обеспечение экономической безопасности регионов, оценка рисков и угроз экономической безопасности

ORCID: 0000-0002-8037-4525

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

big.maffin228@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 14.11.2022

Одобрена после рецензирования: 28.11.2022

Принята к публикации: 01.12.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 14.11.2022

Approved after reviewing: 28.11.2022

Accepted for publication: 01.12.2022

Date of publication: 29.12.2022

УДК 338.2

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-76-85>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2022

Социально-экономические риски и угрозы в системе экономической безопасности региона¹

Рязанова О.А.*,**Тимин А.Н.,**

Вятский государственный
университет,
610000, Россия, г. Киров,
ул. Московская, д. 36

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы социально-экономических рисков и их определения через критерии экономической безопасности региона. Выделены критерии оценки социальной безопасности региона, разработана и обоснована методика обработки первичных данных и их перевода в балльную оценку.

Целью данной статьи является проведение обзора и оценки ключевых социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона на примере Кировской области.

Задачами работы являются проведение обзора основных социально-экономических рисков и угроз Кировской области, исследование методологических аспектов оценки социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона, анализ и оценка социально-экономических индикаторов в системе экономической безопасности Кировской области.

Основой разработанной системы является использование данных статистики и группировка показателей на основании причинно-следственных связей между показателями. По итогам исследования проведен анализ экономической безопасности Кировской области по социальным группам факторов на основании представленных критериев.

Ключевые слова: экономическая безопасность; риски регионального развития; показатели социально-экономической безопасности региона; система индикаторов социальной безопасности региона.

Для цитирования: Рязанова О.А., Тимин А.Н. Социально-экономические риски и угрозы в системе экономической безопасности региона // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 76–85, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-76-85>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

¹ Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации НШ-5187.2022.2 для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации в рамках темы исследования «Разработка и обоснование концепции, комплексной модели резилиенс-диагностики рисков и угроз безопасности региональных экосистем и технологии ее применения на основе цифрового двойника».

Socio-Economic Risks and Threats in the Economic Security System of the Region²

Olesya A. Ryazanova*,
Alexandr N. Timin,
Vyatka State University,
Moscow str., 36, Kirov, 610000,
Russia

Abstract

The article deals with the issues of socio-economic risks and their definition through the criteria of economic security of the region. The criteria for assessing the social security of the region are highlighted; the methodology for processing primary data and their translation into a point assessment is developed and justified.

The purpose of this article is to review and assess socio-economic risks and threats in the economic security system of the region on the example of the Kirov region.

The objectives of the work are to review the main socio-economic risks and threats of the Kirov region, to study the methodological aspects of assessing socio-economic risks and threats in the economic security system of the region, to analyze and evaluate socio-economic indicators in the economic security system of the Kirov region.

The basis of the developed system is the use of statistical data and grouping of indicators based on causal relationships between indicators. Based on the results of the study, an analysis of the economic security of the Kirov region by social groups of factors based on the presented criteria was carried out.

Keywords: economic security; risks of regional development; indicators of socio-economic security of the region; the system of indicators of social security of the region.

For citation: Ryazanova O.A., Timin A.N. Socio-economic risks and threats in the economic security system of the region // *Issues of Risk Analysis*. 2022;19(6):76-85, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-76-85>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Обзор основных социально-экономических рисков и угроз Кировской области

2. Методологические аспекты оценки социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона

3. Анализ и оценка социально-экономических индикаторов в системе экономической безопасности Кировской области

Заключение

Литература

² The article was prepared with the support of the grant of the President of the Russian Federation НШ-5187.2022.2 for state support of the leading scientific schools of the Russian Federation as part of the research topic "Development and justification of the concept, the complex model of resilience diagnostics of risks and threats to the security of regional ecosystems and the technology of its application on the basis of the digital twin".

Введение

В настоящее время вопрос оценки эффективности управления регионом с точки зрения социально-экономических рисков и угроз является весьма актуальным. По данному вопросу имеется значительное количество исследований. Определение перечня критериев и показателей оценки эффективности регионального управления с точки зрения экономической безопасности является важной задачей в современных условиях.

Безопасность представляет собой состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от угроз внутреннего и внешнего характера.

В то же время сама по себе безопасность (социальная, экономическая или военная) не является самоцелью. Безопасность — это одно из условий, обеспечивающих выполнение целей, стоящих перед обществом и государством.

Целью данной статьи является проведение обзора и оценки ключевых социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона на примере Кировской области.

Задачи исследования включают проведение обзора основных социально-экономических рисков и угроз Кировской области, исследование методологических аспектов оценки социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона, анализ и оценку социально-экономических индикаторов в системе экономической безопасности Кировской области.

Для осуществления анализа предлагается использовать показатели и индикаторы, формируемые на основе данных, имеющихся в системе ЭМИСС, а также на сайте Росстата, по РФ в целом и по субъектам Федерации.

1. Обзор основных социально-экономических рисков и угроз Кировской области

Кировская область — это развивающаяся территория с глубокими историческими традициями. Среднегодовая численность населения Кировской области в 2021 г. составляла 1242,5 тыс. человек [7], из которых 78,42% — жители городов и поселков городского типа, 21,58% — жители сельской местности. Плотность населения — 10,6 человека на кв. километр.

По данным Кировстата, численность населения, которое занято в экономике рассматриваемой области, в 2021 г. составила 599,8 тыс. человек, что на 17,2% ниже, чем 10 лет назад, и на 20,9% ниже по сравнению с 2008 г. При этом наибольшая доля занятого населения приходится на традиционные для исследуемого региона сферы: обрабатывающие производства (20,3%), торговля (16,8%), сельское и лесное хозяйство (9,1%), образование (9,0%).

В регионе существует большое число нерешенных проблем, причинами которых является ряд сдерживающих факторов социально-экономического развития. Они представлены на рис. 1.



Рис. 1. Сдерживающие факторы социально-экономического развития Кировской области [1]

Figure 1. Restraining factors of socio-economic development of the Kirov region

Нельзя не отметить и тот факт, что снижение численности населения на территории Кировской области происходит из-за нескольких причин [1]:

- 1) высокий уровень смертности;
- 2) миграционная убыль населения (преимущественно лиц в молодом и трудоспособном возрасте).

Перечисленные выше проблемы представляют собой ключевые угрозы для социально-экономического развития Кировской области.

Оценивая социально-демографический и трудовой потенциал Кировской области, стоит отметить ряд угроз, сильных и слабых сторон, которые мы можем представить в виде внешних и внутренних факторов рисков для социально-экономического развития региона (табл. 1).

Руководство региона осознает существующие проблемы и ставит перед собой ряд приоритетных направлений [1]:

- «Развитие и укрепление человеческого потенциала, улучшение среды проживания, создание возможностей личностного развития и реализации»;
- «Развитие экономического потенциала»;
- «Формирование эффективной системы управления».

На наш взгляд, помимо вышеуказанных приоритетных направлений стоит грамотно и рационально реализовать работу по управлению рисками региона, что требует взвешенного подхода к определению ключевых индикаторов рисков и установлению пороговых значений для проведения мониторинга и контроля на регулярной основе.

В следующих частях нашей статьи предложим ряд показателей для анализа и оценки социально-экономических индикаторов в системе экономической безопасности Кировской области.

2. Методологические аспекты оценки социально-экономических рисков и угроз в системе экономической безопасности региона

Угрозами социальной безопасности можно считать факторы или возможные события, препятствующие достижению целей общественного развития. При этом любые экономические цели должны быть увязаны с социальными. Цель функционирования любой экономики — удовлетворение жизненных потребностей людей на приемлемом уровне, а также обеспечение возможностей для развития человека.

Таблица 1. Внешние и внутренние факторы рисков и угроз социально-экономического развития Кировской области

Table 1. External and internal factors of risks and threats to the socio-economic development of the Kirov region

Группа факторов	Факторы
Внутренние	1. Невысокий уровень рождаемости и демографическое старение населения, отрицательный баланс прироста населения 2. Высокий уровень миграции населения как на территории Кировской области, так и за ее пределы 3. Малое количество рабочих мест в сельской местности (территориальная диспропорция спроса и предложения на рынке труда) и, как следствие, отток населения из Кировской области 4. Недостаточное количество высококвалифицированных и узкопрофильных специалистов для различных сфер жизнедеятельности 5. Несоответствие между предложением рынка профессионального образования и спросом рынка труда 6. Отсутствие диверсификации и достаточного количества рабочих мест для выпускников профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования в соответствии с получаемой профессией 7. Недостаточно высокий уровень качества медицинского обслуживания 8. Неудовлетворительное состояние инженерной, социальной и транспортной инфраструктуры на сельских территориях, где устойчиво функционируют работодатели (товаропроизводители)
Внешние	1. Диспропорция в уровне жизни между субъектами Российской Федерации 2. Высокая конкуренция за кадровый потенциал и человеческие ресурсы 3. Отток квалифицированных кадров в другие субъекты Российской Федерации

Источник: Распоряжение Правительства Кировской области от 28.04.2021 № 76 «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кировской области на период до 2035 года».

Если данное условие соблюдается, то экономическую деятельность общества и государства можно считать эффективной.

Таким образом, социальной, или, точнее, социально-экономической безопасностью необходимо считать такое состояние общества, при котором устранены или максимально ослаблены угрозы ухудшения уровня и качества жизни каждого отдельного человека, а также общества в целом. Кроме того, высокий уровень социальной безопасности подразумевает широкие возможности для развития человека, которое происходит как самостоятельно, так и в рамках существующих социальных институтов.

Представленные выше критерии являются качественными, а значит, сложноизмеримыми. Кроме того, приемлемый уровень расходов и потребления граждан в каждой конкретной ситуации также будет различаться.

Следовательно, представленное определение нуждается в понятных измеримых показателях. На основе показателей определяются индикаторы, которые должны показывать общее состояние социально-экономической безопасности территории либо страны.

В статьях О.А. Рязановой, А.Н. Тимина, А.В. Котанджян представлена система показателей для оценки социальной безопасности региона, которая включает несколько блоков для анализа [2—5].

Данная система оценки представлена на рис. 2.

Следует отметить, что показатели должны быть основаны на общедоступных данных. Данные долж-

ны отражать ход социальных процессов в регионе. При этом показатели должны быть простыми, легко поддающимися интерпретации. В рамках анализа могут быть использованы показатели, формируемые на основе данных, имеющихся в системе ЭМИСС, а также данных, представленных на сайте Росстата, по РФ в целом и по субъектам Федерации.

Также необходимо уточнить, что перечень критериев социально-экономической безопасности, а также их рекомендуемые значения могут со временем меняться.

Далее раскроем методику расчета индикаторов социально-экономической безопасности региона. Начальные величины частных индикаторов определяются как значения показателей, представленных в открытых источниках либо непосредственно вычисляемых на их основе.

Для сопоставления частных индикаторов между собой осуществляется их перевод в балльную шкалу безопасности, принимающую значения от 1 и до 100 баллов. 100 баллов означает полное обеспечение экономической безопасности, 1 балл — низкий уровень экономической безопасности, высокий риск неустойчивого функционирования экономики региона по измеряемому индикатору.

Индикаторы подпроекции рассчитываются как среднее арифметическое балльных оценок частных индикаторов, находящихся под подпроекциями иерархии индикаторов. Аналогичным образом, балльные значения индикаторов-проекций вычисляются как среднее арифметическое значе-

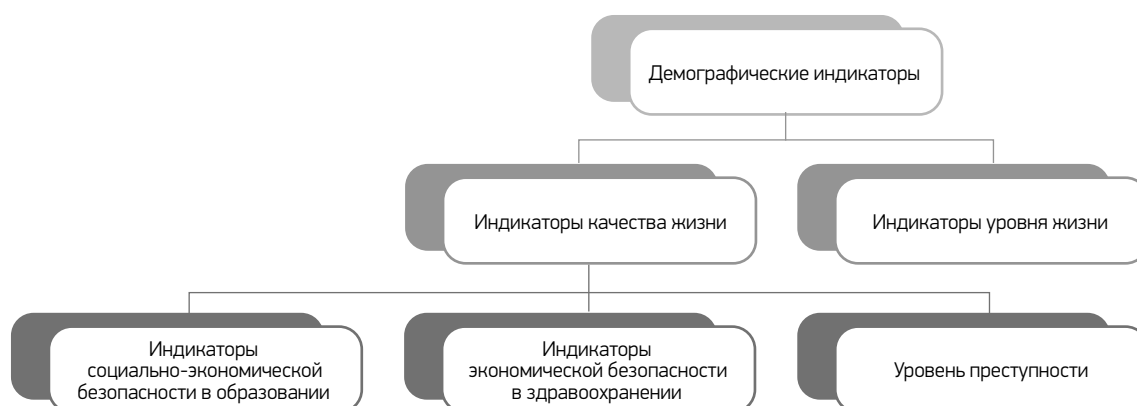


Рис. 2. Система индикаторов оценки социально-экономической безопасности региона

Figure 2. System of indicators of assessment of socio-economic security of the region

ние индикаторов-подпроекций, находящихся под индикатором-проекцией иерархии индикаторов (альтернативно может быть вычислено как среднее арифметическое частных индикаторов, находящихся под индикатором-проекцией).

Для перевода значений индикаторов в балльную шкалу используется метод кусочно-линейной аппроксимации (масштабирования). В целом предполагается, что при изменении значений индикатора от минимально возможных до максимально возможных влияние оцениваемого фактора на уровень экономической безопасности можно представить графически в форме S-образной кривой. В частности, при достаточно малых значениях фактора (индикатора) экономическая безопасность фактически не обеспечивается, а при достаточно больших значениях фактора экономическая безопасность будет обеспечиваться в необходимом объеме.

При определении пороговых уровней был учтен психологический эффект выделения «круглых» значений. Например, для показателей динамики нижний порог соответствует индексу 100 (в процентах), а верхний порог — 106, ниже 102 динамика считается низкой, от 102 до 104 — средней и выше 104 — высокой.

С помощью пороговых уровней производится перевод значений индикаторов в балльную шкалу. Предположим, что верхнему пороговому уровню соответствует более высокий показатель уровня безопасности. Тогда этому пороговому уровню и более высоким показателям присваивается 100 баллов. Нижнему пороговому уровню и более низким показателям индикатора присваивается 1 балл. Промежуточным величинам индикатора присваивается от 1 и до 100 баллов пропорционально величине отклонения от нижнего порогового уровня. В частности,

если начальное значение индикатора составляет x , и у него установлены пороговые уровни a и b , то балльное значение индикатора вычисляется следующим образом (при условии, что большие значения характеризуют более высокий уровень безопасности):

если $x < a$, то $y = 1$ (балл);

если $x > b$, то $y = 100$ (баллов);

иначе $y = (x - a) / (b - a) \cdot 99 + 1$ (баллов).

В случае когда большее значение означает меньший уровень экономической безопасности, расчет несколько меняется:

если $x < a$, то $y = 100$ (баллов);

если $x > b$, то $y = 1$ (балл);

иначе $y = (1 - (x - a) / (b - a)) \cdot 99 + 1$ (баллов).

Данные оценки можно использовать для качественной характеристики различных аспектов безопасности. Для этого предлагается балльную шкалу разделить на три уровня безопасности с помощью двух пороговых уровней: 34 балла и 67 баллов:

34 и менее баллов — опасное состояние, высокий риск нарушения устойчивости развития, низкий уровень экономической безопасности;

67 баллов и более — безопасное состояние, высокий уровень экономической безопасности, низкий риск нарушения устойчивости развития и снижения экономической безопасности;

от 34 до 67 баллов — промежуточное (неопределенное) состояние безопасности: возможны незначительные риски снижения уровня экономической безопасности.

Сигнальные обозначения по индикаторам отражим в табл. 2.

В следующей части нашего исследования раскроем основные показатели значений индикаторов на примере Кировской области в динамике 2010—2020 гг.

Таблица 2. Сигнальные обозначения индикаторов

Table 2. Signalling designations of indicators

Индикаторы и их пороговые значения, для которых большее значение характеризует более ВЫСОКИЙ уровень экономической безопасности
Индикаторы и их пороговые значения, для которых большее значение характеризует более НИЗКИЙ уровень экономической безопасности
ВЫСОКИЙ уровень экономической безопасности — более 67 баллов
УМЕРЕННЫЙ или СРЕДНИЙ уровень экономической безопасности — от 34 до 67 баллов
НИЗКИЙ уровень экономической безопасности — менее 34 баллов

Источник: составлено авторами.

3. Анализ и оценка социально-экономических индикаторов в системе экономической безопасности Кировской области

Рассмотрим ряд индикаторов социальной безопасности Кировской области (табл. 3).

Согласно данным, представленным в табл. 3, можно сделать выводы о том, что на протяжении 11-летнего периода происходит снижение реальных располагаемых доходов населения. В 2010, 2012, 2014, 2020 гг. наблюдается восстановительный рост, в остальные периоды происходит снижение дохо-

дов, о чем свидетельствуют баллы соответствующего индикатора. Также данные по сигнальной схеме говорят о высоких рисках социальной безопасности.

Общая величина и динамика большинства показателей говорят о стабильно низком уровне доходов населения Кировской области и, как результат, низком уровне социально-экономической безопасности. Соотношение среднедушевых доходов и прожиточного минимума в течение отчетного периода ухудшается. Следовательно, ухудшаются условия для обеспечения социальной безопасности в регионе с точки зрения всего населения, включая нетрудоспособное.

Таблица 3. Индикаторы социальной безопасности (по уровню жизни населения Кировской области)

Table 3. Indicators of social security (by the standard of living of the population of the Kirov region)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Индикаторы	43	40	45	40	45	39	35	36	34	36	38
Безопасность населения по уровню доходов	27	16	31	19	30	14	15	15	15	18	21
Изменение реальных располагаемых доходов населения, %	100	1	82	1	77	1	1	1	1	16	1
Соотношение доходов 10% наиболее и 10% наименее обеспеченного населения (коэффициент фондов), раз	14	19	1	18	14	36	37	42	46	46	54
Доля расходов на продукты питания в структуре потребительских расходов, %	46	52	55	48	51	36	44	42	44	47	50
Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, значение показателя за год, %	17	1	52	19	39	1	1	1	1	7	21
Соотношение среднемесячной номинальной начисленной заработной платы работников организаций и величины прожиточного минимума в регионе, раз	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Соотношение среднедушевых денежных доходов и величины прожиточного минимума в регионе, раз	46	57	72	52	58	33	31	27	26	29	27
Соотношение среднего размера назначенных пенсий и величины прожиточного минимума для пенсионеров в регионе, раз	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Соотношение среднемесячной начисленной заработной платы в регионе и средней величины среднемесячной начисленной заработной платы по 21 региону России с наибольшей величиной заработной платы, %	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Соотношение среднемесячной начисленной заработной платы и величины прожиточного минимума по рассматриваемому региону к соотношению среднемесячной начисленной заработной платы и величины прожиточного минимума по 21 региону с лучшим значением по России, раз	13	10	14	27	28	12	17	16	19	18	30

Источник: составлено авторами.

Также стоит отметить и весьма низкий уровень заработной платы относительно других регионов, что является причиной увеличения трудовой миграции и потери трудового потенциала и подтверждает риски и угрозы, о которых мы писали в первой части нашего исследования. Таким образом, на основании анализа индикаторов уровня жизни мы видим снижение уровня социальной безопасности Кировской области, большая часть показателей находится в красной зоне, уровень рисков высокий.

В целом за исследуемый период улучшается только соотношение заработной платы и прожиточного минимума, а также соотношение величины начисленных пенсий и прожиточного минимума пенсионеров. Прочие показатели или ухудшаются, или стабильны. При этом значения основных показателей существенно хуже, чем в регионах России с наибольшей величиной доходов. Причинами такого положения являются общая экономическая ситуация в стране, а также отсутствие в области существенных источников экономического роста.

Далее проведем анализ индикаторов социальной безопасности по демографическим показателям, отразив полученный результат в табл. 4.

На протяжении 11-летнего периода наблюдается стабильное снижение среднегодовой численности экономически активного населения. В течение анализируемого периода снижается рождаемость и наблюдается значительная убыль населения, в первую очередь экономически активного.

Подобное сокращение численности экономически активного населения происходит на фоне снижения коэффициента рождаемости (с 2018 г. индикатор вообще принимает значение 1) и высокого коэффициента смертности (на протяжении всего периода наблюдения 1).

В данном случае проявляется общегосударственная тенденция, возникшая в середине 2010-х гг. и связанная с рестрикционной экономической политикой, проводимой Банком России и финансово-экономическим блоком Правительства. Данная политика привела к ограничению экономического роста пределами статистической погрешности и снижению уровня жизни населения.

Также в течение 2010—2020 гг. в Кировской области возрастает величина демографической нагрузки за счет увеличения численности несовершеннолетних и лиц пенсионного возраста. Увеличение

Таблица 4. Индикаторы социальной безопасности (по демографическим показателям Кировской области)

Table 4. Indicators of social security (according to demographic indicators of the Kirov region)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Индикаторы	40	38	38	36	31	29	28	20	18	18	23
Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 человек населения)	43	48	70	75	70	68	65	18	1	1	1
Общий коэффициент смертности (число умерших на 1000 человек населения)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Коэффициент естественного прироста населения на 1000 человек населения	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Коэффициент демографической нагрузки по лицам младше трудоспособного возраста (на 1000 человек трудоспособного возраста приходится лиц младше трудоспособного возраста)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Коэффициент демографической нагрузки по лицам старше трудоспособного возраста (на 1000 человек трудоспособного возраста приходится лиц старше трудоспособного возраста)	94	76	56	36	12	1	1	1	1	1	1
Коэффициент миграционного прироста населения на 10 000 человек населения	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36

Источник: составлено авторами.

численности и доли несовершеннолетних вызвано относительно благоприятным демографическим периодом в начале 2010-х гг. Данная тенденция является положительной. В то же время демографическая нагрузка, обеспечиваемая гражданами пенсионного возраста, увеличивается более существенно. В настоящее время на 100 человек трудоспособного возраста в Кировской области приходится 347 несовершеннолетних и 559 пенсионеров. Как результат, по данным индикаторам зафиксирован низкий уровень риска и, соответственно, высокий уровень безопасности.

Миграционный отток из области в течение исследуемого периода значительно сократился (более чем в 4 раза). По итогу 2020 г. он вышел из зоны высокого риска в зону умеренного риска. Данная тенденция является положительной.

По итогам анализа демографических показателей Кировской области можно сделать вывод о низком уровне социально-экономической безопасности.

Заключение

Основными выводами проведенного исследования являются следующие.

1. В Кировской области существует большое число нерешенных проблем, причинами которых является ряд сдерживающих факторов социально-экономического развития.

2. Снижение численности населения на территории Кировской области происходит преимущественно из-за высокого уровня смертности и миграционной убыли населения (в основном лиц молодого и трудоспособного возраста).

3. Большая часть критериев социально-экономической безопасности являются качественными, а значит, сложноизмеримыми. Следовательно, представленное определение нуждается в понятных измеримых показателях. На основе показателей определяются индикаторы, которые должны показывать общее состояние социально-экономической безопасности территории либо страны.

4. Рассмотренные группы социально-экономических индикаторов на примере Кировской области подтвердили высокий уровень рисков по большому числу критериев и, как результат, низкий уровень социально-экономической безопасности региона.

Литература [References]

1. Распоряжение Правительства Кировской области от 28.04.2021 № 76 «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кировской области на период до 2035 года» [Order of the Government of the Kirov Region dated 28.04.2021 No. 76 «On Approval of the Strategy for Socio-Economic Development of the Kirov Region for the Period until 2035», (In Russ.)]
2. Рязанова О.А., Тимин А.Н., Котанджян А.В. Оценка социальной безопасности Кировской области // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 2. С. 18—29, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-2-18-29> [Ryazanova O.A., Timin A.N., Kotandzhyan A.V. Assessment of social security of the Kirov region // Issues of Risk Analysis. 2022;19(2):18-29, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-2-18-29>]
3. Рязанова О.А., Тимин А.Н., Котанджян А.В. Взаимосвязь кадровой и социальной безопасности региона на примере Кировской области // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 3. С. 10—21, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-3-10-21> [Ryazanova O.A., Timin A.N., Kotandzhyan A.V. Interrelation of personnel and social security of the region on the example of the Kirov region // Issues of Risk Analysis. 2022;19(3):10-21, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-3-10-21>]
4. Рязанова О.А., Тимин А.Н. Оценка эффективности регионального управления в контексте социальной безопасности региона // Друкеровский вестник. 2022. № 1 (45). С. 243—257, <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2022-1-243-257> [Ryazanova O.A., Timin A.N. Assessment of the effectiveness of regional governance in the context of social security of the region // Drukerovskij Vestnik. 2022;(1(45)):243-257, (In Russ.), <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2022-1-243-257>]
5. Рязанова О.А. Оценка угроз в социальной сфере Кировской области // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 10. № 1. С. 3—11. [Ryazanova O.A. Assessment of threats in the social sphere of the Kirov region // Economics and management: problems, solutions. 2019;10(1):3-11, (In Russ.)]
6. Данные за 2010—2020 годы: Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели». URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652>. (Дата обращения: 12.09.2022) [Data for 2010—2020: Appendix to the collection “Regions of Russia. Socio-economic indicators”]

URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652>, (In Russ.) (Accessed: 12.09.2022)]

7. Предварительные данные за 2021 год: Информация Кировского территориального органа Федеральной службы государственной статистики.

URL: <https://kirovstat.gks.ru/folder/24297>. (Дата обращения: 12.09.2022) [Preliminary data for 2021: Information of the Kirov territorial body of the Federal State Statistics Service. URL: <https://kirovstat.gks.ru/folder/24297>, (In Russ.), (Accessed: 12.09.2022)]

Сведения об авторах

Рязанова Олеся Александровна: кандидат экономических наук, доцент кафедры Финансов и экономической безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Вятский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВятГУ»)

Количество публикаций: 107, в т.ч. 2 монографии и 12 учебных изданий

Область научных интересов: экономическая безопасность, региональная экономика, социальная безопасность, малый бизнес, финансы

ORCID: 0000-0003-4500-4585

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

olesya_pihota@mail.ru

Тимин Александр Николаевич: кандидат экономических наук, доцент кафедры Финансов и экономической безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Вятский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВятГУ»)

Количество публикаций: 60, в т.ч. 5 учебных изданий

Область научных интересов: экономическая безопасность, региональная экономика, социальная безопасность, кадровая безопасность, финансы, банковское дело

ORCID: 0000-0002-8255-5215

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

usr10104@vyatsu.ru

Статья поступила в редакцию: 19.09.2022

Одобрена после рецензирования: 13.10.2022

Принята к публикации: 21.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 19.09.2022

Approved after reviewing: 13.10.2022

Accepted for publication: 21.10.2022

Date of publication: 29.12.2022

УДК 004.413.4, 006.015.7, 556.048
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-86-98>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2022

Анализ рисков управления водохозяйственными системами в Российской Федерации¹

Болгов М. В.,

Институт водных проблем
РАН,
119333, Россия, г. Москва,
ул. Губкина, д. 3

Аннотация

Управление водохозяйственным комплексом основывается на анализе большого числа процессов, развивающихся в системах, носящих техно-природный характер, с одной стороны, и в сложных социально-экономических системах, затрагивающих все общество в целом, с другой.

Методы управления, реализуемые на практике сегодня, основаны преимущественно на анализе функционирования отдельных частей (отдельных процессов) системы, представления о рассматриваемых процессах часто не согласуются, особенно если речь идет о технических и социальных системах.

Отдельно рассматриваются нормативно-правовые методы управления, включая техническое регулирование. Исследуются и прогнозируются самостоятельно социально-экономические процессы на разных уровнях временной и пространственной организации. При этом, конечно, учитываются нормативно-правовые знания, но могут выпадать или игнорироваться ресурсные ограничения, проявляется невосприимчивость социума к спускаемым «сверху» указаниям и рекомендациям, имеет место правовой нигилизм, возникает проблема квалификации лиц, принимающих решения, и т. д.

Определенные возможности анализа подобных ситуаций дают методы теории риска. Целью исследования является анализ рисков, возникающих на различных этапах обоснования водохозяйственных мероприятий, начиная с проектирования и заканчивая стратегиями развития отрасли в целом. В частности, рассматриваются традиционные методы инженерных расчетов, обеспечивающие заданный уровень надежности проектируемых объектов водохозяйственного строительства по отношению к опасным воздействиям (нагрузкам), которые основаны на концепции расчетных вероятностей.

Такой подход обеспечивает нормативный уровень надежности, но не гарантирует экономической оптимальности принимаемых решений, недостаточен для реализации социальных функций мероприятий и сооружений, сложен при анализе экологических проблем. Получение количественных оценок параметров сооружений и мероприятий, осуществляемое на основе вероятностных подходов, должно опираться как минимум на учет возможных последствий принимаемых решений, а также на оценки ущербов, выражаемые в виде соответствующих рисков.

Ключевые слова: гидрологические риски; нормы проектирования; катастрофические события; аварии; надежность; ущерб.

Благодарности: автор выражает признательность за полезные дискуссии по теме статьи зав. отделом РосНИИВХ д.г.н. С. Д. Беляеву, директору филиала РосНИИВХ к.г.н. А. В. Шаликовскому и заместителю начальника инспекции аудита водного, лесного хозяйства и технологической безопасности Департамента природопользования и АПК Счетной палаты Российской Федерации С. Н. Варламову.

Для цитирования: Болгов М. В. Анализ рисков управления водохозяйственными системами в Российской Федерации // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 86—98, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-86-98>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

¹ Статья подготовлена на основе рекомендаций, полученных в ходе выполнения экспертно-аналитического мероприятия «Оценка достижения целей, задач и показателей, предусмотренных документами стратегического планирования, а также оценка результатов принятых мер по ликвидации дефицита водных ресурсов, обеспечению защищенности от негативного воздействия вод», организованного Счетной палатой РФ, а также в рамках Государственного задания ИВП РАН. Шифр темы: FMWZ-2022-0003; № государственной регистрации: 122041100259-3.

Risk Analysis of Management of Water Systems in the Russian Federation²

Mikhail V. Bolgov,

Water Problems Institute
Russian Academy of Sciences,
Gubkina str., 3, Moscow,
119333, Russia

Abstract

The management of the water management complex is based on the analysis of a large number of processes developing in systems that are techno-natural in nature, on the one hand, and in complex socio-economic systems affecting the whole society as a whole, on the other. The management methods implemented in practice today are based mainly on the analysis of the functioning of individual parts (individual processes) of the system, ideas about the processes under consideration are often not consistent, especially when it comes to technical and social systems. Regulatory management methods, including technical regulation, are considered separately. Socio-economic processes at different levels of temporal and spatial organization are investigated and predicted independently. At the same time, of course, regulatory legal knowledge is taken into account, but resource restrictions may fall out or be ignored, society is immune to instructions and recommendations lowered from above, legal nihilism takes place, the problem of qualification of decision-makers arises, etc.

Certain possibilities for analyzing such situations are provided by risk theory methods. The purpose of the article is to analyze the risks arising at various stages of justifying water management measures, from design to strategies for the development of the industry as a whole. In particular, traditional methods of engineering calculations are considered, which ensure a given level of reliability of the designed water construction facilities in relation to hazardous impacts (loads), which are based on the concept of design probabilities. This approach provides a normative level of reliability, but does not guarantee the economic optimality of decisions made, is insufficient to implement the social functions of measures and structures, and is difficult to analyze environmental problems. Obtaining quantitative estimates of the parameters of structures and measures, carried out on the basis of probabilistic approaches, should be based at least on taking into account the possible consequences of decisions taken, as well as on damage assessments expressed in the form of relevant risks.

Keywords: hydrological risks; design standards; catastrophic events; accidents; reliability; damages.

Acknowledgments: the author is grateful for the useful discussions on the topic of the article by the Head of the Department of RosNII VH Doctor of Geographical Sciences S.D. Belyaev, Director of the Branch of RosNII VH Candidate of Geographical Sciences A. V. Shalikovsky and Deputy Head of the Inspection of Water, Forestry and Technological Safety of the Department of Nature Management and Agro-Industrial Complex of the Accounts Chamber of the Russian Federation S. N. Varlamov.

For citation: Bolgov M.V. Risk analysis of management of water systems in the Russian Federation // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):86-98, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-86-98>

The author declare no conflict of interest.

² The article was prepared on the basis of recommendations received during the implementation of the Expert and Analytical Event "Assessment of the Achievement of Goals, Objectives and Indicators Provided for by Strategic Planning Documents, as well as an assessment of the results of the measures taken to eliminate water resource shortages, ensure protection from the negative impact of waters", organized by the Accounts Chamber of the Russian Federation, as well as within the framework of the State Assignment of the IVP RAS. Topic code: FMWZ-2022-0003; state registration number: 122041100259-3.

Содержание

Введение

1. Вероятностная парадигма оценки рисков в водохозяйственном комплексе
 2. О распределениях вероятностей характеристик максимального стока
 3. Климатические изменения и новые риски водохозяйственной деятельности
 4. Нормативно-правовое и методическое обеспечение управления рисками в результате негативного воздействия вод
 5. Риски стратегических управленческих решений в водной отрасли
- Заключение
Литература

Введение

Проблема повышения научно-технического уровня обоснования мероприятий в водохозяйственной отрасли РФ является актуальной задачей и рассматривается с разных точек зрения и на основе различных подходов. Одним из перспективных является подход, основанный на анализе рисков. Теория риска в настоящее время развита для многих технических задач, требующих учета различных по степени неопределенности факторов. Однако в большинстве случаев речь идет о показателях, связанных с надежностью проектируемых и эксплуатируемых сооружений и технологий, поддающихся моделированию. В задачах, связанных с анализом катастрофических событий, событий, требующих масштабных превентивных мероприятий, анализа многофакторных процессов, каковыми являются процессы стратегического управления, велика роль большой неопределенности прогнозов долгосрочного развития как по причине сложности исследуемых систем, включая саму систему государственного управления, так и ввиду больших случайных ошибок оценивания природных и антропогенных факторов.

Целью статьи является анализ нормативно-методических документов в области оценки рисков и ущербов, а также рекомендаций по снижению рисков недостижения целей планирования и управления в водной отрасли.

1. Вероятностная парадигма оценки рисков в водохозяйственном комплексе

Возникновение рисков вследствие проявления опасных гидрометеорологических процессов на объектах имущественного комплекса Российской Федерации связано как со случайной природой этих процессов, определяющей большую изменчивость характеристик воздействия на сооружения в период эксплуатации, так и с большими ошибками (неопределенностями) прогнозов, используемых в задачах оперативного управления.

Проблема случайности при оценке риска возникает в связи с тем, что вероятностные модели, используемые для описания нагрузок и воздействий при обосновании защитных мероприятий, характеризуются распределениями, которые не имеют верхнего предела (не ограничены сверху), и поэтому всегда возможно ожидать наступления большого, но редкого события, имеющего малую вероятность, меньшую, чем проектное нормативное значение, но, тем не менее, случающегося в природе.

В теории строительного проектирования для назначения размеров или характеристик сооружений используется так называемый полувероятностный подход [1, 2]. В соответствии с этим подходом проектируемое сооружение может перейти в предельное состояние (первое или второе, в зависимости от ремонтпригодности и степени сохранения своих функциональных свойств) при нагрузке заданной вероятности (расчетной обеспеченности). В качестве расчетных обеспеченностей принимается широкий диапазон значений, нормируемых в зависимости от класса ответственности сооружения. В инженерной гидрологии рассматриваются значения гидрологических характеристик с обеспеченностью от 0,01% с гарантированной поправкой, используемые для поверочных случаев особо ответственных сооружений, и до 99,9%, что применяется, например, при расчетах водоснабжения ответственных потребителей [3].

В любом случае эта обеспеченность не равна нулю (или единице), и теоретически всегда остается некоторая, достаточно малая вероятность, при которой может происходить т. н. запроектный случай

или авария, сопровождающаяся разрушением сооружения или потерей его функциональных свойств. Или, в других терминах, возникает риск, понимаемый в этом случае как вероятность нарушения нормальных условий работы объекта проектирования.

Все расчетные характеристики, определяемые на основе вероятностных моделей, характеризуются доверительным интервалом, поскольку и объем, и качество данных, используемых при их определении, всегда ограничены, а применяемые вероятностные модели (функции распределения) не полностью адекватны исследуемому процессу [4]. Располагая расчетными обеспеченностями и сведениями о выборочных погрешностях характеристик, используемых при проектировании сооружений, можно дать оценку вероятности развития катастрофического события. В данном контексте под риском и понимается такая вероятность. В качестве примера можно привести нормативный документ организации НП «ИНВЭЛ» [5] или упомянутый выше свод правил СП 58.13330.2012. Рассмотрим таблицу из этого документа с соответствующими вероятностями возникновения аварий для одного из типов гидротехнических сооружений.

Таблица. Допускаемые значения вероятностей возникновения аварий на напорных гидротехнических сооружениях [3]

Table. Allowable values of probability of occurrence of accidents at pressure hydraulic structures [3]

Класс сооружения	Уровень риска аварии, 1/год
I	5×10^{-5}
II	5×10^{-4}
III	$2,5 \times 10^{-3}$
IV	5×10^{-3}

Из данной таблицы следует вывод о том, что оцениваемые из теоретических предположений риски характеризуются соответствующими вероятностями аварий, которые примерно на порядок ниже (меньше) соответствующих данному классу расчетных обеспеченностей.

Основная сложность исследования вопросов надежности сооружений связана с отсутствием

в открытом доступе полноценной статистики катастрофических событий. Данные, приведенные в таблице, получены исходя из предположений о вероятностях возможного превышения проектных значений в ходе эксплуатации сооружения. Работ, обобщающих статистику катастроф с детальным анализом причин разрушения сооружений, очень мало. Одной из важных публикаций в этой области является монография Л. Г. Бегама и В. Ш. Цыпина [6]. Авторы этой монографии обобщили большое количество данных о разрушениях мостовых переходов и представили результаты в виде статистики значений $z = Q_{\text{набл.}} / Q_{\text{расч.}}$, где $Q_{\text{набл.}}$ — наблюдаемый расход, вызвавший аварию на сооружении (мостовом переходе), а $Q_{\text{расч.}}$ — расчетный максимальный расход воды, принятый в проекте. Распределение z в виде графика ранжированной последовательности z по числу исследованных случаев (аналог кривой обеспеченности) позволило выделить три диапазона: $z < 1,5$; $z = 1,5 - 2,5$; $z > 2,5$. Сопоставление значений z с тяжестью последствий позволило авторам сделать вывод, что при коэффициенте z до 1,5 практически сохраняются условия нормальной работы сооружений. При z от 1,5 до 2,5 около 60% случаев характеризуются эксплуатацией с затруднениями, а в 40% случаев сооружения разрушаются. При превышении наблюдаемого расхода над расчетным в 2,5 раза разрушаются практически все сооружения. Там же [6] сделана попытка дать гидролого-географическую интерпретацию значениям z — увязать их с коэффициентами вариации максимального стока, которые поддаются районированию. Результаты Бегама и Цыпина иллюстрируют тот факт, что прямой расчет надежности сооружений при работе в реальных условиях представляет собой очень сложную задачу. В процессе изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений, испытывающих опасные воздействия от водной среды, и осуществляемом в соответствии с нормативными требованиями, в итоговые параметры сооружений (проектные решения) вносятся существенные и разнообразные запасы, суммарный эффект которых оценить на стадии проектирования, даже при использовании полного вероятностного метода, очень сложно.

2. О распределениях вероятностей характеристик максимального стока

Рассмотренные примеры показывают, что весьма актуальной является задача построения адекватной стохастической модели опасного природного процесса (или создаваемой им нагрузки). Необходимо отметить, что при обосновании стохастической модели опасного процесса в инженерной гидрологии специалисты придерживаются консервативных позиций, что заключается в сохранении, при переработке нормативных документов, в основном ранее принятых подходов и в осторожном отношении к новым моделям. Данные мониторинга (существующие временные ряды наблюдений) экстремальных событий ограничены по времени, как правило, несколькими десятками событий (лет), что и обуславливает консервативность, в хорошем смысле этого термина, вероятностных решений.

Начиная с 50-х гг. прошлого века для выполнения основных видов инженерно-гидрологических расчетов в РФ рекомендуется т. н. трехпараметрическое гамма-распределение, предложенное С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем. В течение последующих десятилетий это распределение исследовалось на предмет выборочных свойств параметров и развития методов их определения, обеспечивающих допустимую погрешность. В настоящее время, по прошествии более чем семидесяти лет, модель Крицкого — Менкеля является основной в инженерной гидрологии, что отражено в нормативном документе, регламентирующем технологии вычисления расчетных гидрологических характеристик [4].

Попытки усовершенствовать эту вероятностную модель или предложить новое распределение вероятностей в отечественной гидрологии особых успехов не имели, что связано, как уже отмечалось, в основном с ограниченностью данных наблюдений. Но, тем не менее, в связи с проявлением катастрофических событий в последние десятилетия, такие попытки осуществляются, а также исследовалась возможность использования в РФ вероятностных моделей, применяемых в зарубежной практике. В целом в литературе делается вывод, что применяемые для описания опасных явлений и в отечественной, и в зарубежной практике трехпараметрические распределения вероятностей весьма близки по сво-

им свойствам. Например, в инженерной практике США используются модификации распределения Пирсона, что при определении расчетных значений дает результаты, весьма близкие к трехпараметрическому гамма-распределению Крицкого — Менкеля. Надо сказать, что и расчетные обеспеченности, применяемые в практике инженерных расчетов США, близки к российским нормам, хотя можно отметить, что для особо ответственных сооружений за рубежом применяются другие подходы, использующие предельно возможные значения гидрометеорологических параметров. В российской гидротехнической практике методы, основанные на предельных значениях стока, большого распространения не получили [7, 8].

Тем не менее в инженерной гидрологии, в том числе и в связи с необходимостью оценки рисков, появляются новые задачи, требующие развития стохастических моделей. Наличие в рядах наблюдений катастрофических событий, или, как их называют в гидрологии, «отскакивающих» точек, позволило некоторым авторам рекомендовать распределение вероятностей с т. н. тяжелым хвостом [9, 10]. В этой модели вероятность появления редких и сильных событий заметно больше, чем при использовании трехпараметрического распределения Крицкого — Менкеля, и ее использование ведет к увеличению расчетных характеристик наводнений. Принятые в этой работе решения, достаточно осторожные, показали, что для некоторых регионов РФ, там, где случаются сильные наводнения, такая «тяжелохвостовая» модель может быть применена с некоторыми оговорками, но при этом возникают и дополнительные проблемы с оценкой параметров.

3. Климатические изменения и новые риски водохозяйственной деятельности

Необходимость разработки в инженерной гидрологии и в строительном проектировании новых вероятностных подходов и моделей вызвана также и происходящими климатическими изменениями, в результате которых существенно меняется характер колебаний экстремальных гидрологических характеристик, режим стока становится нестационарным. Это уже новая задача для инженерной гидрологии, которая ранее ни в одном из действовавших

и действующих на сегодняшний день нормативных документов в области инженерной гидрологии не рассматривалась.

Правительство РФ обращает внимание соответствующих органов исполнительной власти на необходимость разработки адаптационных мероприятий для снижения (смягчения) последствий для экономики страны [11]. Основная, сложно решаемая инженерная задача (и соответствующая проблема) в этом случае связана с необходимостью учитывать в строительном проектировании возможные (прогнозируемые) изменения климата и их последствия. Климатология и гидрология не обладают сегодня методами надежного прогнозирования водного режима по причине большой погрешности результатов моделирования глобальных систем, неприемлемой в инженерных расчетах, поэтому на практике применяются стохастические модели, учитывающие только те изменения, которые уже произошли и зафиксированы на наблюдательной сети. Основная задача при этом — как пролонгировать на будущее выявленные сегодня изменения. Для учета происходящих изменений при обосновании проектных решений применяется несколько вероятностных подходов, среди которых наиболее общим является байесовский, позволяющий учитывать возможные источники неопределенностей оценивания параметров и прогнозирования [12, 13].

Механизм воздействия климатических изменений на расчетные гидрологические характеристики связан с нарушениями режима сезонных колебаний стока рек в результате потепления климата. С одной стороны, изменения сезонных колебаний могут способствовать облегчению решения водохозяйственных задач, так как обеспечивают естественное выравнивание хода стока: уменьшается сток весеннего половодья и увеличивается сток зимней и летней межени. При регулировании стока за счет таких изменений возникает некоторый дополнительный резерв. Но при этом усложняется задача прогнозирования стока (притока к водохранилищам), поскольку возникает новый гидрологический режим, для которого еще не разработаны методики оперативного прогноза.

Новые методы прогнозирования речного стока в связи с изменениями климата сегодня не разрабатываются, а старые в новых природно-климати-

ческих условиях работают плохо. Это становится одной из основных проблем оперативной гидрологии — создание методов нового поколения, учитывающих произошедшие изменения условий формирования стока рек. Особого прогресса в этой области научных исследований пока не отмечено.

Из актуальных проблем последних десятилетий, связанных с опасным воздействием вод и значительными рисками, надо отметить плохо предсказуемые колебания уровней озер и внутренних морей, к числу которых относятся Каспийское море, озера Ханка, Чаны, Торейские озера, озеро Байкал и ряд других. Опасными являются как резкие повышения уровня воды, приводящие к разрушениям объектов береговой инфраструктуры, жилищно-коммунального хозяйства, транспортной сети, сельскохозяйственных угодий, так и резкое снижение, затрудняющее судоходство, естественное воспроизводство водных биоресурсов, функционирование водозаборов и пр.

Вероятностное прогнозирование уровней внутренних водоемов (озер и морей) сегодня в РФ не регламентировано ни в одном нормативном документе в области инженерной гидрологии, несмотря на то, что подъем уровня Каспийского моря, наблюдавшийся в 90-е годы, привел к огромному материальному ущербу. Для решения задачи вероятностного прогнозирования уровня внутренних водоемов необходимы более сложные вероятностные модели, использующие методы из теории случайных процессов. Такие модели различного уровня сложности развивались в последние десятилетия с переменным успехом, но по той же причине ограниченности данных наблюдений в инженерной и водохозяйственной практике использовались простейшие схемы, а именно применялись варианты схемы цепей Маркова. Простейшие — не означает простые, потребовалось развитие класса марковских моделей, учитывающих специфические функции распределения, применяемые в гидрологии. Тем не менее, в связи с происходящими климатическими изменениями возможностей этих моделей становится недостаточно, и они должны быть усложнены.

Изучение статистики стихийных бедствий на всем Земном шаре указывает на сложный характер изменения этого показателя во времени

[14]. Действительно, и в мире, и на территории РФ в частности, отмечается снижение стихийных бедствий в последнее десятилетие (2010—2019 гг.), но это происходит на фоне существенно большего числа катастроф по сравнению, например, с концом прошлого века. При этом за последние 30 лет отмечается существенное снижение числа погибших, но продолжает увеличиваться общий ущерб по всем видам бедствий, который за анализируемый период составил 3,6 трлн долл. США. Оценка общего числа чрезвычайных происшествий на территории Российской Федерации указывает на небольшой рост числа чрезвычайных ситуаций, фиксируемых за последние 10 лет. По крайней мере, из анализа имеющихся материалов можно сделать вывод, что их число не снижается.

Еще более сложная проблема — анализ ущерба, возникающего при ЧС, связанных с негативным воздействием вод. Наибольший ущерб возникает в периоды прохождения катастрофических гидрометеорологических событий. Причем эти выдающиеся события, не фиксировавшиеся ранее в период инструментальных наблюдений, имеют очень малую вероятность и поэтому весьма опасны: население и органы управления не готовы к такому развитию экстремального явления, не воспринимают риски такого рода угроз. К числу таких событий можно отнести выдающееся наводнение на р. Амур в 2013 г. и дождевой паводок на р. Ия в 2019 г., приведший к затоплению значительной части г. Тулуна.

Подводя итог проблемам вероятностного (стохастического) моделирования гидрологических процессов при решении задач оценки рисков, возникающих при опасных гидрометеорологических явлениях, необходимо в первую очередь отметить недостатки существующей нормативно-правовой базы. В последние десятилетия практически прекратились территориальные обобщения данных мониторинговых наблюдений, в результате чего на практике используются устаревшие методы и параметры расчетных схем, что неприемлемо. Надежность ответственных сооружений требует развития и адаптации к условиям РФ новых методов гидрологического расчета, в частности, использование оценок предельных значений стока, позволяющих снизить риски возникновения катастрофических

ситуаций, по крайней мере для особо ответственных сооружений, разрушение которых чревато огромным ущербом.

Возникающие новые проблемы, как, например, учет климатических изменений при определении расчетных характеристик, требуют развития и новых методов, и новых редакций нормативных документов, актуализирующих существующие подходы и заполняющих существующие пробелы в техническом регулировании исследуемой отрасли знаний.

4. Нормативно-правовое и методическое обеспечение управления рисками в результате негативного воздействия вод

Распространенное толкование понятия риска связано с оценкой вероятного ущерба при развитии опасных и катастрофических природных явлений. В предыдущих разделах обсуждались вероятности образования «запроектных» событий исходя из существующих стохастических представлений о гидрологических явлениях. Эти вероятности лежат в основе «надежностных» расчетов и в целом могут быть положены в основу расчетов величин ущерба, а точнее, их математического ожидания. Для расчетов подобного рода необходима методика, которая позволит вычислить математическое ожидание ущерба, приписывая рассчитываемым величинам ущерба вероятности, соответствующие уровням затопления. Получаемое математическое ожидание ущерба трактуется далее при таком подходе как риск.

Необходимо иметь в виду, что катастрофическое развитие ситуации возможно и не только в результате возникновения «запроектной» ситуации по причине экстремального характера природного явления. В процессе проектирования, строительства и эксплуатации сооружений возможны многочисленные ошибки и отклонения от проектных решений, от нормативных значений, возможны строительный брак и усиление действия факторов, не учитываемых по ряду причин в обычных условиях.

Исходя из практического опыта проектирования и эксплуатации сооружений, а также анализа существующей научно-методической базы, можно сформулировать основные причины возникнове-

ния значительных негативных последствий при наводнениях:

1. При прогнозировании чрезвычайных ситуаций, возникающих вследствие наводнений, недостаточно учитывается аномальный характер выдающихся гидрометеорологических явлений, в том числе и по причине антропогенных воздействий на водосбор и русло реки, а также климатических изменений. В долгосрочной и среднесрочной перспективе сохраняется неопределенность прогноза климатических изменений и их последствий для элементов гидрологического цикла, включая экстремальные характеристики.

2. Ошибки инженерно-гидрологических изысканий, инженерных расчетов и проектирования, возникающие по причине недостаточности средств, ограниченности данных гидрологического и метеорологического мониторинга, отсутствия требуемой квалификации специалистов для профессиональной интерпретации результатов мониторинга и выполнения вероятностных расчетов.

3. Плохое качество строительных работ и в ряде случаев непредсказуемое негативное влияние временных конструкций при возведении основных инженерных сооружений (напорного фронта), а также при создании вспомогательных структур (систем инженерной защиты и т. п.).

4. Несанкционированные (или нерегламентированные) режимы оперативного управления при эксплуатации гидротехнических сооружений, в том числе и по причине нарушения условий землепользования в нижних бьефах, таких как несанкционированная застройка затопляемых территорий. Отсутствие (недостаточность) необходимых ремонтных работ на объектах.

5. Недостаточная информированность населения о возможных последствиях опасного воздействия вод в целом и при прохождении конкретного опасного паводка в частности.

6. Недостаточность в ряде случаев сил и средств системы ГО и ЧС при экстремальных паводках для организации своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации, вызванные гидрологическими опасными процессами.

Рассмотренный перечень факторов и причин ущерба при наводнениях показывает, что в практику управления системами предупреждения чрезвычайных ситуаций необходимо внедрять риск-ориентированный подход.

Для решения этой задачи следует развивать научную и нормативно-правовую базу риск-ориентированного подхода (законодательное закрепление допустимого риска) в системе управления рисками чрезвычайных ситуаций с учетом комплексного решения вопросов мониторинга, прогнозирования и предупреждения ЧС, своевременного выявления угроз и реагирования на опасности. Рассмотрим основные проблемы в этой области.

Важнейшим моментом управления рисками является определение допустимых рисков. В Российской Федерации, как и в ряде других стран [15, 16], показателем защиты населения от опасностей являются величины индивидуального и социального риска. Численные значения индивидуального риска для субъектов РФ определяются отношением числа погибших при реализации опасностей к численности населения субъектов. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2016 г. № 274 утвержден и введен в действие Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.10.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайной ситуации» [15]. Данным стандартом определен для РФ допустимый риск ЧС природного, техногенного и биолого-социального характера.

Оценки допустимого индивидуального риска имеют в целом характер дилеммы «стоимость — выгода». Однако при нормировании на национальном уровне исходят из достаточно волюнтаристских соображений о том, какой риск приемлем в обществе. Так, если статистика говорит, что на территории государства вероятность погибнуть в экстремальной ситуации составляет для индивида 10^{-4} в год, то приемлемый уровень будет составлять примерно 1% от данного числа. Таким образом, индивидуальный риск для события оценивается как [16]

$$P_{fi} P_{difi} < 10^{-6}, \quad (1)$$

где P_{fi} — вероятность наступления катастрофического события с точки зрения индивида, P_{difi} — вероятность для индивидуума погибнуть при наступлении этого события.

Оценка социального риска исходит из задаваемой функции распределения F_N числа погибших от данного вида катастрофы i для заданной социальной группы j :

$$1 - F_{N_{dij}}(x) < \frac{10^{-2}}{x^2} \text{ для } x \geq 10 \text{ смертей.} \quad (2)$$

Если допустимое число смертей равно 10, то приемлемый социальный риск равен 10^{-5} . Эта же цифра фигурирует и в российских нормативных документах [17].

Для оценки вероятности катастрофического события с точки зрения персонального приемлемого риска используется обобщенная формула (1)

$$P_{fi} = \frac{\beta_i 10^{-4}}{P_{difi}}, \quad (3)$$

где β изменяется от 10 до 0,01 в зависимости от степени волюнтаризма и выгоды в оценке допустимого риска.

Задача оценки и управления социальными рисками состоит в рекомендациях относительно параметра β для различных типов ситуаций. Существующие оценки и предположения (формулы (1–3)) получены исходя из имеющейся статистики ущерба в западных странах и должны быть обобщены и скорректированы на российские условия с учетом актуализированных сведений об ущербе (потерях) в современных социально-экономических условиях.

В задаче управления такого рода рисками (катастрофического характера) основная роль принадлежит МЧС России, являющемуся федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим деятельность в области снижения риска ЧС, в т. ч. негативного воздействия вод. Эта деятельность МЧС реализуется в виде законодательных актов, нормативных документов и рекомендаций [17, 18]. При этом основной методологической проблемой является типизация (или классификация) причин и сценариев, связанных с опасными и катастрофическими гидрологическими явлениями. Задача прогноза и оценки риска ЧС (прогноз источника ЧС и прогноз последствий ЧС) в результате прохождения паводков может включать оценку негативного воздействия вод при реализации сценариев трех типов [19]:

1) сценарий катастрофического события или неуправляемого риска;

2) наиболее вероятный сценарий, т. е. событие приемлемого риска;

3) оптимальный сценарий, сопровождаемый реализацией необходимых превентивных мер и оперативных действий.

В качестве сценария катастрофического события принимается экстремальное, весьма редкое гидрологическое событие малой вероятности, например, исторический экстремум максимального расхода воды. В некоторых случаях в практике проектирования гидротехнических сооружений говорят о «запроектном» режиме функционирования технической системы (застроенной территории и пр.), что также можно отнести к ситуациям со слабо предсказуемыми последствиями.

В качестве события вероятного сценария (или события приемлемого риска) рассматривается ситуация, соответствующая нормативному уровню безопасности, т. е. сценарий возникновения наводнения 1% обеспеченности, на который проектируется генеральный план города (наводнение, вероятность возникновения которого рассматривается 1 раз в 100 лет). Для гидротехнических систем — это надежность строительных конструкций или технологических процессов, которая задается строительными нормами для каждого класса гидротехнических объектов. Диапазон уровней безопасности весьма широк и изменяется от 1 события в 10 000 лет до 1 раза в 10–20 лет [20, 21].

Оптимальный сценарий рассматривается при принятии дополнительных мер инженерной защиты, проведения превентивных мероприятий, связанных с отселением населения из зон, подверженных наводнениям, основанных на результатах прогнозирования или анализа развития опасной ситуации, борьбы с заторами, прочисткой и расширением русел рек и т. д. Оптимальный сценарий вырабатывается на основе принятия рациональных мер, когда известны оценки предотвращенного ущерба и оценки затраченных средств на организацию противопаводковых мероприятий, организационно-технических работ и т. д. Экономическая эффективность мероприятий является одним из основных критериев при выработке мер, формирующих оптимальный сценарий.

Перечисленные факторы имеют непосредственное отношение к функционированию водохозяйст-

венного комплекса, но в сфере нормативно-правового регулирования надо отметить две задачи, относящиеся к проблеме государственного управления рисками:

а) территориальное планирование, градостроительное зонирование, ведение природного и технического надзора, развитие системы технического регулирования (системы нормативных документов) и прочие работы кадастрового характера, предусмотренные Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360 [22];

б) усиление контроля за недопущением строительства в зонах, подверженных паводкам, затоплениям, внедрение программ обязательного страхования жизни и имущества населения, проживающего в зонах, подверженных угрозе наводнений, с учетом результатов оценки риска негативных последствий.

В завершение раздела в качестве нерешенной проблемы надо отметить отсутствие надежных оценок ущерба в результате негативного воздействия вод. Без таких оценок невозможно получать оценки рисков и формулировать рекомендации по их смягчению.

5. Риски стратегических управленческих решений в водной отрасли

Риски стратегического управления возникают по причине возможной реализации комплекса неопределенностей во всех сферах деятельности, затрагиваемых при реализации управленческих решений. Речь идет о рисках, возникающих по причине возможного, но непредсказуемого на момент принятия решения изменения государственной политики в рассматриваемой области, выражающегося, например, в принятии законодательных актов и правительственных решений, существенно изменяющих нормативно-правовое поле, резких и слабо предсказуемых изменений природной среды, связанных с глобальными климатическими изменениями, изменений на финансовых рынках, выражающихся в сокращении бюджетных поступлений, и, соответственно, приводящих к ограничениям финансирования государственных программ, военных конфликтов и геополитических событий, влияющих на развитие экономики, а также крупных стихийных бедствий, отвлекающих значительные финан-

совые и материальные ресурсы на восстановление экономики.

Требования по оценке рисков сформулированы в Законе о стратегическом планировании в РФ от 2014 г. [23]. Вслед за основной процедурой стратегического планирования — формированием целей стратегического развития — в законе сформулирована задача оценки рисков достижения этих целей, прогноза различных вариантов развития.

Исходя из рассмотренных причин и последствий, принимаемых на разных уровнях государственного управления решений, управление рисками можно определить как систему мероприятий, направленных на анализ событий непредсказуемого характера, но предварительный вывод может быть таким: сформулировать риски, возникающие при стратегическом планировании на значительный отрезок времени, на основе количественных вероятностных оценок сегодня не представляется возможным.

Выше было отмечено, что особый практический интерес представляет приемлемый риск, относительно которого можно предположить, что «...для достижения выбранной стратегической цели всегда можно найти решение, обеспечивающее некоторый компромиссный уровень риска..., который соответствует определенному балансу между ожидаемой выгодой и угрозой потерь» [24]. Однако случаи получения оценки такого рода рисков крайне редки даже в конкретных проектах предотвращения негативного воздействия вод, а в задаче стратегического планирования можно говорить только о самых общих гипотезах и предположениях. В силу слабой предсказуемости развития анализируемых процессов важным этапом разработки стратегии должны быть сценарии вероятного отклонения ситуации от планируемого уровня.

Продолжая тему стратегических рисков в водной отрасли, обратимся к такому документу управления водохозяйственным комплексом, как Водная стратегия РФ до 2020 г. [25]. Реализация Водной стратегии позволила снизить антропогенное воздействие на водные объекты, повысить защиту от негативного воздействия вод, улучшить организационное и нормативно-правовое обеспечение деятельности по управлению водными ресурсами и водопользованию.

Надо отметить, что не все целевые показатели Водной стратегии были достигнуты. Недостижение целевых показателей, которые однозначно связаны с конечными результатами водохозяйственной деятельности на этапе реализации Водной стратегии, произошло по причине отсутствия финансовых ресурсов в необходимых объемах. Эти проблемы послужили поводом к изменению целевых показателей, в то время как задача переноса сроков реализации мероприятий не ставилась. На этапе разработки планов реализации Водной стратегии подобного рода риски не были предусмотрены, что позволило Счетной палате РФ сделать вывод о недостаточной проработке вопросов, связанных с рисками достижения стратегических целей [26].

Заключение

Анализ рисков водохозяйственной деятельности в целом и рисков недостижения целей стратегического управления в отрасли выявил наличие методологических проблем в этой области.

Существенным элементом задачи оценки эффективности осуществления водохозяйственных мероприятий является разработка рекомендаций по анализу соответствующих рисков на основе современных представлений в области стохастического моделирования гидрометеорологических процессов и явлений (экстремальные события, сезонные и многолетние колебания), вероятностных методов смежных научных отраслей и в целом подходов к управлению на основе знаний о возможных рисках.

В работе рассмотрены возможные риски, начиная с рисков экстремальных гидрометеорологических событий и связанных с ними катастрофических сценариев, и риски недостижения целей в процессе реализации Водной стратегии и других документов государственного управления в водной отрасли.

Важный вывод исследования заключается в необходимости дальнейшего развития методической базы планирования и управления водохозяйственной отрасли на основе анализа риска, что в свою очередь требует совершенствования методической базы расчетов ущерба от негативного воздействия вод.

Литература [References]

1. ГОСТ Р 54257-2010 Российской Федерации «Надежность строительных конструкций и оснований». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 1059-ст 4 (в настоящее время отменен). [GOST R 54257-2010 of the Russian Federation “Reliability of Building Structures and Foundations”. Approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 23, 2010 No. 1059-st 4 (currently canceled), (In Russ.)]
2. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Принят Государственной Думой 23 декабря 2009 г., одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 г. [Federal Law “Technical Regulations on Safety of Buildings and Structures”. Adopted by the State Duma on December 23, 2009, approved by the Federation Council on December 25, 2009, (In Russ.)]
3. СП 58.13330.2012 Свод правил «Гидротехнические сооружения. Основные положения» Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. Дата введения 2013-01-01. [SP 58.13330.2012 Code of Practice «Hydraulic Structures. Main provisions of». Updated edition of SNiP 33-01-2003. Date of introduction 2013-01-01, (In Russ.)]
4. СП 33-101-2003 Определение основных гидрологических характеристик (взамен СНиП 2.01.14-83), Москва, Госстрой РФ. 2004. [SP 33-101-2003 Determination of basic hydrological characteristics (instead of SNiP 2.01.14-83), Moscow. Gosstroy of the Russian Federation. 2004, (In Russ.)]
5. СТО 70238424.27.140.026-2009. Гидроэлектростанции. Оценка и прогнозирование рисков возникновения аварий гидротехнических сооружений. Нормы и требования. Стандарт организации «ИНВЭЛ». Москва, 2009. 50 с. [STO 70238424.27.140.026-2009. Hydroelectric power plants. Assessment and forecasting of risks of accidents of hydraulic structures. Regulations and requirements. INVEL organization standard. Moscow, 2009. 50 p., (In Russ.)]
6. Бегам Л.Г., Цыпин В.Ш. Надежность мостовых переходов через водотоки. М., Транспорт. 1984. 254 с. [Begam L.G., Tsypin V.S. Reliability of bridge crossings. M., ed. Transport. 1984. 254 p., (In Russ.)]
7. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Филиппова И.А., Осипова Н.В. Об учете оценок предельных значений стока при построении функции распределения максималь-

- ных расходов воды // Гидротехническое строительство. 2019. № 1. С. 23—28. [Bolgov M. V., Korobkina E. A., Filippova I. A., Osipova N. V. Distribution function of maximum discharge: accounting for probable maximum flood // *Gidrotehnicheskoe Stroitel'stvo*. 2019;(1):23-28, (In Russ.)]
8. Асарин А. Е., Жиркевич А. Н. О необходимости разработки методики расчета вероятного максимального паводка (pmf) для инженерно-гидрологических расчетов в России // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2012. № 4. С. 53—63. [Asarin A. Y., Zhirkevich A. N. On the necessity of development of the probable maximal flood (pmf) computation method for engineering/hydrological calculations in Russian // *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2012;(4):53-63, (In Russ.)]
 9. Болгов М. В., Писаренко В. Ф. О распределении максимальных расходов воды рек Приморья // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 6. С. 710—721. [Bolgov M. V., Pisarenko V. F. The distribution of peak runoff values in maritime territory rivers // *Vodnye Resursy*. 1999;26(6):710-721, (In Russ.)]
 10. Болгов М. В., Сарманов И. О. Усеченное трехпараметрическое гамма-распределение С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля и некоторые его приложения к гидрологическим расчетам // Водные ресурсы. 1988. Т. 15. № 2. С. 24—29. [Bolgov M. V., Sarmanov I. O. Truncated three-parameter gamma distribution of S. N. Kritsky and M. F. Menkel and some of its applications to hydrological calculation // *Vodnye Resursy*. 1988;15(2):24-29, (In Russ.)]
 11. Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года. Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р. [National Action Plan for the first stage of adaptation to climate change for the period up to 2022. Approved by order of the Government of the Russian Federation of December 25, 2019 No. 3183-p, (In Russ.)]
 12. Болгов М. В., Коробкина Е. А., Филиппова И. А. Байесовский прогноз минимального стока в нестационарных условиях с учетом возможных изменений климата // Метеорология и гидрология. 2016. № 7. С. 72—81. [Bolgov M. V., Korobkina E. A., Filippova I. A. Bayesian prediction of minimum river runoff under non-stationary conditions of future climate change // *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2016;(7):72-81, (In Russ.)]
 13. Болгов М. В. Байесовская оценка точки изменения в последовательностях коррелированных случайных величин гидрометеорологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2021. № 10. С. 27—35, <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2021-10-27-35> [Bolgov M. V. Bayesian evaluation of the change point in the sequences of correlated random variables of hydrometeorological characteristics // *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2021;(10):27-35, (In Russ.), <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2021-10-27-35>]
 14. Доклад ВМО «Атлас смертности и экономических потерь в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений (1970–2019)». ВМО № 1267. Всемирная метеорологическая организация. 2021. [WMO report “Atlas of Mortality and Economic Losses from Extreme Meteorological, Climatic and Hydrological Events (1970—2019)”. WMO No. 1267. World Meteorological Organization. 2021, (In Russ.)]
 15. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.10.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайной ситуации». Утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2016 г. № 274. [National Standard of the Russian Federation GOST R 22.10.02-2016 “Safety in emergencies. Emergency risk management. Acceptable risk of an emergency situations”. Approved by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated June 29, 2016 No. 274, (In Russ.)]
 16. Vrijling J. K., van Hengel W., Houben R. J. A framework for risk evaluation // *Journal of Hazardous Materials*. 43(1995):245-261, [https://doi.org/10.1016/0304-3894\(95\)91197-V](https://doi.org/10.1016/0304-3894(95)91197-V)
 17. ГОСТ Р 22.1.02-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения». [GOST R 22.1.02-95 “Safety in emergencies. Monitoring and forecasting. Terms and definitions”, (In Russ.)]
 18. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (для руководителей организаций). Под общей редакцией Фалеева М. И. / РНОАР. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2016. 286 с. [Management of risks of man-made disasters and natural disasters (for heads of organizations). Under the general editorship of M. I. Faleev / RNAAR. M.: FSBI VNII GOCHS (FC). 2016. 286 p., (In Russ.)]

19. Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 4. С. 6—19. [Faleev M.I., Oltyan I.Yu., Arefieva E.V., Bolgov M.V. A methodology and technology for risk assessment based on open data // Issues of Risk Analysis. 2018;15(4):6-19, (In Russ.)]
20. Свод правил СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. № 964/пр. [Code of Rules SP 104.13330.2016 “Engineering Protection of the Territory from Flooding and Flooding”. Updated version of SNiP 2.06.15-85. Approved by order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 16, 2016 N 964/pr, (In Russ.)]
21. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Принят Государственной Думой 11 ноября 1994 г. [Federal Law of December 21, 1994 No. 68-FZ “On the Protection of the Population and Territories from Natural and Man-Made Emergencies”. Adopted by the State Duma on November 11, 1994, (In Russ.)]
22. Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360 [Decree of the Government of the Russian Federation of April 18, 2014 No. 360, (In Russ.)]
23. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (с изменениями на 31 июля 2020 г.) [Federal Law “On Strategic Planning in the Russian Federation” (as amended on July 31, 2020), (In Russ.)]
24. Стратегический менеджмент / Под редакцией Петрова А. Н. СПб.: Питер. 2005. 496 с. [Strategic Management / Edited by A.N. Petrov. St. Petersburg: Peter. 2005. 496 p., (In Russ.)]
25. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р (ред. от 17.04.2012) «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года». [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1235-r of 27.08.2009 (ed. 17.04.2012) “On the Approval of the Water Strategy of the Russian Federation for the Period until 2020”, (In Russ.)]
26. Бюллетень Счетной палаты Российской Федерации. 2022. № 5. Водные ресурсы. 125 с. [Bulletin of the Accounts Chamber of the Russian Federation. 2022. No. 5. Water resources. 125 p., (In Russ.)]

Сведения об авторе

Болгов Михаил Васильевич: доктор технических наук, главный научный сотрудник Института водных проблем РАН (ИВП РАН)

Количество публикаций: 250, в т.ч. 5 монографий

Область научных интересов: инженерная гидрология, стохастическое моделирование, вероятностные методы, катастрофические события, водохозяйственные системы

ResearcherID: P-2963-2014

Scopus Author ID: 55949923400

ORCID: 0000-0003-3193-6488

Контактная информация

Адрес: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3

bolgovmv@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 24.08.2022

Одобрена после рецензирования: 18.10.2022

Принята к публикации: 21.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 24.08.2022

Approved after reviewing: 18.10.2022

Accepted for publication: 21.10.2022

Date of publication: 29.12.2022



Российское
научное общество
анализа риска

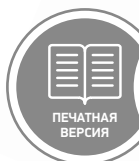


Финансовый
издательский дом
«Деловой экспресс»



ФГБУ ВНИИ ГОЧС
МЧС России

Журнал
выпускается
1 раз в 2 месяца
в двух форматах



ПЕЧАТНАЯ
ВЕРСИЯ



ЭЛЕКТРОННАЯ
ВЕРСИЯ



Подписаться на журнал

Концепция научного журнала основывается на представлении всего спектра исследований риска

На страницах журнала публикуются статьи фундаментального и прикладного характера, как правило, междисциплинарные и многоплановые, посвященные проблемам анализа и управления рисками различного происхождения и характера

Стать автором журнала

Прием статей,
оформленных
в соответствии
с инструкцией
для авторов

Все статьи
проходят
рецензирование
у одного или двух
экспертов

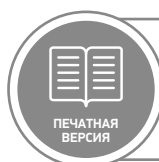
Проверка
присланных
материалов
на плагиат

Возможна доработка
или переработка
статьи
по результатам
рецензирования

Решение
о публикации
статьи

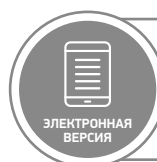
Срок рассмотрения статьи на предмет публикации в журнале

45 дней



ПЕЧАТНАЯ
ВЕРСИЯ

6 МЕСЯЦЕВ
4890 ₽
12 МЕСЯЦЕВ
8880 ₽



ЭЛЕКТРОННАЯ
ВЕРСИЯ

6 МЕСЯЦЕВ
3990 ₽
12 МЕСЯЦЕВ
7200 ₽

УДК 614.833.4

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-100-107>

Оценка потенциального риска при истечении газа на надземных участках газопровода с учетом аномальных метеоусловий Севера

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2022

Захарова М.И.,

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН — структурное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», 677000, Россия, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1

Аннотация

В статье представлена модель оценки потенциального риска утечки газа из надземных участков газопровода при низких температурах.

Обосновано влияние аномальных метеоусловий на величину избыточного давления ударной волны. Оценены безопасные расстояния при взрыве облака газозооушной смеси метана в условиях температурной инверсии. На основе полученных данных разработана модель оценки потенциального риска.

Ключевые слова: температурная инверсия; рассеивание, частота отказов; ударные волны; потенциальный риск; безопасные расстояния.

Для цитирования: Захарова М.И. Оценка потенциального риска при истечении газа на надземных участках газопровода с учетом аномальных метеоусловий Севера // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 6. С. 100—107, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-100-107>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Assessment of Potential Risk During Gas Outflow at Above-Ground Sections of the Gas Pipeline Taking Into Account Abnormal Weather Conditions of the North

Marina I. Zakharova,

V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS,
Oktyabrskaya str., 1, Yakutsk, 677000, Russia

Abstract

The article presents a model for assessing the potential risk of gas leakage from aboveground sections of the gas pipeline at low temperatures.

The influence of abnormal weather conditions on the magnitude of the excess pressure of the shock wave is substantiated. The safe distances during the explosion of a methane gas-air mixture cloud under conditions of temperature inversion are estimated. Based on the data obtained, a model for assessing potential risk has been developed.

Keywords: temperature inversion; dispersion; failure rate; shock waves; potential risk; safe distances.

For citation: Zakharova M.I. Assessment of potential risk during gas outflow at above-ground sections of the gas pipeline taking into account abnormal weather conditions of the North // Issues of Risk Analysis. 2022;19(6):100-107, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-6-100-107>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Дерево отказов утечки газа на надземных участках газопроводов
2. Понятие температурной инверсии и ее влияние на образование облака ГВС метана
3. Модель оценки потенциального риска
4. Оценка безопасных расстояний

Заключение

Литература

Введение

Повышение безопасности населения и территорий от аварийных воздействий техногенного характера является важнейшей задачей во всем мире. Объекты нефтегазовой отрасли, в частности газопроводы, относятся к опасным объектам техносферы, требующим пристального внимания к проблемам надежности и безопасности.

Основным инструментом регулирования уровня опасности является анализ риска, включающий всестороннюю оценку возможных источников опасностей, при реализации которых возможны значительные негативные последствия для человека и окружающей среды.

Специфические условия Севера оказывают определенное влияние на параметры риска, в связи с этим важными становятся исследования в этой области.

Сочетание аномальных условий с застоем воздуха способствует образованию взрывоопасных концентраций газа, а также температурная инверсия влияет на распространение ударных волн, повышая величину избыточного давления за счет фокусировки.

1. Дерево отказов утечки газа на надземных участках газопроводов

Важным параметром при оценке риска является частота возникновения инициирующего события, в данном случае это частота истечения газа из газопровода.

На рис.1 представлено дерево отказов, ведущих к утечке газа, дополненное частотами реализации

отказов, полученных на основе анализа аварий газопроводов.

Из рис. 1 видно, что основными причинами возникновения утечек газа являются неисправности во фланцевых соединениях и механические воздействия третьих лиц.

Частота истечения газа при отказе газопровода составляет $1,13 \cdot 10^{-5}$ 1/(км·год).

При разгерметизации или порыве газопровода возможен выброс значительного количества опасных веществ.

2. Понятие температурной инверсии и ее влияние на образование облака ГВС метана

Температурная инверсия характеризуется повышением температуры с высотой, т.е. положительным температурным градиентом.

В работе [1] проведено исследование влияния температурной инверсии и штиля на концентрацию примесей в воздухе. В результате выявлено, что совместное действие штиля и температурной инверсии является наиболее опасным.

Следовательно, при отсутствии в начальный момент времени источника зажигания будет формироваться газовоздушное облако, которое не рассеивается из-за отсутствия ветра и вертикального турбулентного перемешивания в атмосфере в условиях приземной инверсии.

Частота образования облака ГВС метана λ_{ct} зависит как от частоты истечения газа из газопровода

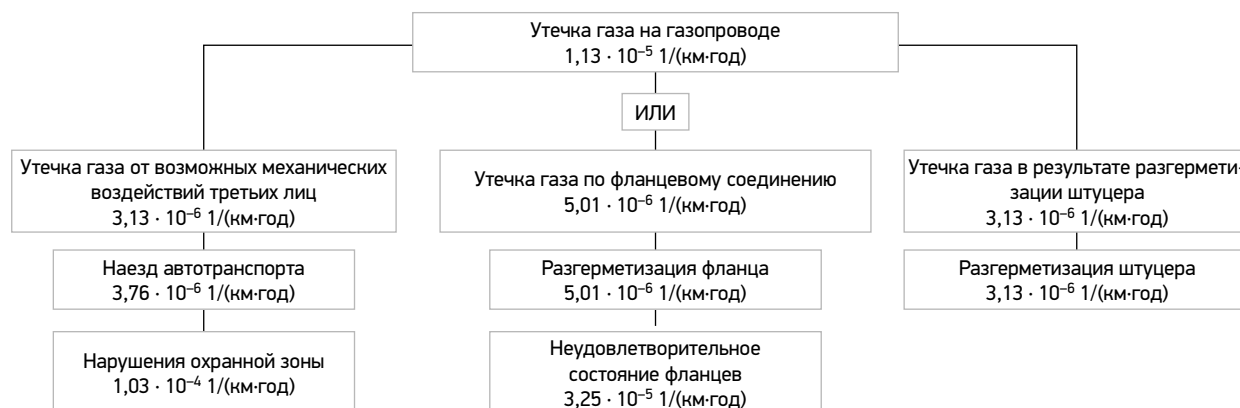


Рис. 1. Дерево отказов утечки газа на надземных участках газопроводов

Figure 1. Gas leak failure tree on above ground sections of gas pipelines

λ_{leak} , так и от вероятности появления опасных метеорологических условий P_{dmc} :

$$\lambda_{cm} = \lambda_{leak} \cdot P_{dmc} \quad (1)$$

На рис. 2 представлены вероятности появления опасных метеорологических условий при низких температурах.

Из рис. 2 видно, что декабрь, январь, февраль являются наиболее опасными, вероятность появления опасных метеорологических условий в среднем составляет 0,87—0,91.

Частота образования облака газозвушной смеси (ГВС) метана представлена в табл. 1.

3. Модель оценки потенциального риска

Рассмотрим понятие потенциального риска. Согласно РБ¹, потенциальный риск — это частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории.

Сценарий аварии при истечении газа из надземного участка газопровода опишем следующим образом: разгерметизация трубопровода с истечением газа → образование облака ГВС метана → взрыв при наличии источника зажигания → поражение рецепиентов.

Таким образом, оценку потенциального риска можем определить по следующей формуле:

$$R_{pot} = \lambda_{leak} \cdot P_{dmc} \cdot P_f \quad (2)$$

где λ_{leak} — частота истечения газа из надземного участка газопровода, 1/(км · год);

P_{dmc} — вероятность появления опасных метеорологических условий в условиях Севера;

P_f — вероятность появления источника зажигания.

Наиболее вероятными причинами появления источника зажигания являются:

- электрическая искра при коротком замыкании;
- искры при огневых работах;
- несоблюдение режима курения.

¹ Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.06.2016.

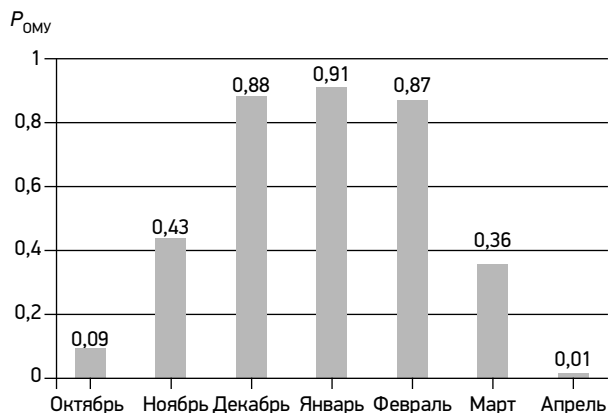


Рис. 2. Вероятности появления опасных метеорологических условий при низких температурах

Figure 2. Probability of occurrence of hazardous meteorological conditions at low temperatures

Таблица 1. Частота образования облака ГВС метана

Table 1. Cloud formation frequencies of explosive gas-air mixture of methane

Месяц	Частота образования облака ГВС метана, 1/(км·год)
Октябрь	$1,02 \cdot 10^{-6}$
Ноябрь	$4,86 \cdot 10^{-6}$
Декабрь	$9,94 \cdot 10^{-6}$
Январь	$1,03 \cdot 10^{-5}$
Февраль	$9,83 \cdot 10^{-6}$
Март	$4,07 \cdot 10^{-6}$
Апрель	$1,13 \cdot 10^{-7}$

На появление источника зажигания существенное влияние оказывают нарушения охранной зоны, а также нормативных расстояний до газопровода.

Таким образом, модель оценки потенциального риска примет следующий вид:

$$R_{pot} = \lambda_{leak} \cdot P_f \cdot \begin{cases} P_{dmc} = 0,87 \dots 0,91 \text{ (декабрь, январь, февраль)} \\ P_{dmc} = 0,36 \dots 0,43 \text{ (ноябрь, март)} \\ P_{dmc} = 0,01 \dots 0,09 \text{ (апрель, октябрь)} \\ P_{dmc} = 0 \text{ (май — сентябрь)} \end{cases} \quad (3)$$

где λ_{leak} — частота истечения газа на надземном участке газопровода;

P_f — вероятность появления источника зажигания;

P_{dmc} — вероятность появления опасных метеорологических условий в условиях Севера.

Результаты оценки потенциального риска при вероятности появления источника зажигания равной 1 представлены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка потенциального риска с учетом аномальных условий Севера

Table 2. Assessment of potential risk taking into account abnormal conditions of the North

Месяц	Потенциальный риск, 1/(км·год)
Октябрь	$1,02 \cdot 10^{-6}$
Ноябрь	$4,86 \cdot 10^{-6}$
Декабрь	$9,94 \cdot 10^{-6}$
Январь	$1,03 \cdot 10^{-5}$
Февраль	$9,83 \cdot 10^{-6}$
Март	$4,07 \cdot 10^{-6}$
Апрель	$1,13 \cdot 10^{-7}$

4. Оценка безопасных расстояний

Наиболее опасными поражающими факторами при взрыве облака метана являются воздушные ударные волны, которые распространяются на значительные расстояния и могут привести к катастрофическим последствиям.

На рис. 3 представлено изменение избыточного давления воздушной ударной волны при удалении от центра взрыва газовой смеси массой газа 10 т, оцененное по методике².

При отдалении от центра избыточное давление воздушной ударной волны постепенно уменьшается.

Однако в условиях Севера, начиная с определенных расстояний, возрастает влияние погодных условий на интенсивность воздушных ударных волн.

Слабыми воздушными ударными волнами считаем волны с избыточным давлением до 10 кПа [2].

Взрыв облака газовой смеси метана является дефлаграционным. При дефлаграционных взрывах скорость дефлаграции не превышает 150 м/с, а избыточное давление воздушной ударной волны не более 30 кПа [3].

Рассмотрим два случая распространения воздушных ударных волн в зависимости от изменения температуры с высотой.

В первом случае температура понижается с увеличением высоты. Этот случай изменения

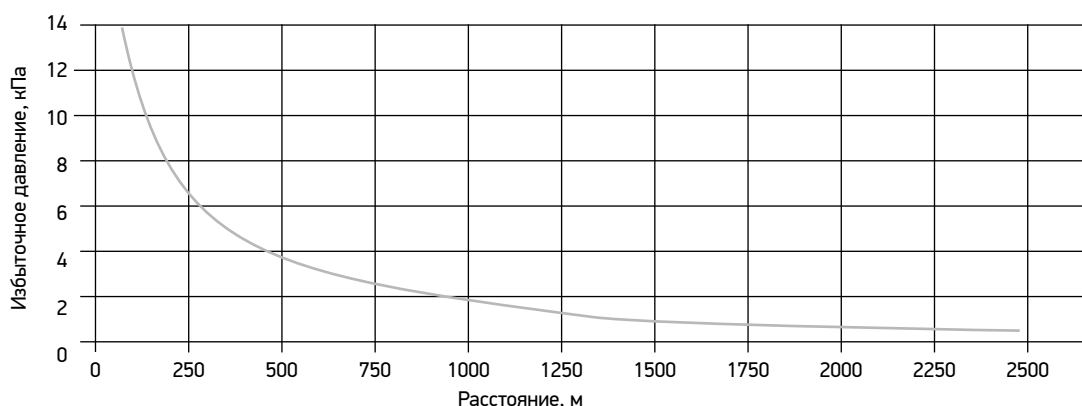


Рис. 3. Изменение избыточного давления воздушной ударной волны при удалении от центра взрыва газовой смеси, оцененное по методике²

Figure 3. Change of overpressure at the shock wave when moving away from the center of the explosion of the gas — air mixture estimated by the method²

² Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.03.2016.

температуры по высоте является нормальным, и распространение воздушной ударной волны происходит вверх, лучи не преломляются к земле и не отражаются от нее (рис. 4).

Во втором случае, аномальном, температура воздуха повышается с высотой, т.е. имеет место случай положительного температурного градиента или температурной инверсии. Увеличение температуры в инверсионном слое может колебаться от десятых долей градуса до 20 °С и более. При положительном температурном градиенте происходит отклонение воздушных ударных волн обратно к земле и фокусировка взрывных волн.

Схематично это показано на рис. 5.

Сложение волн в точке прихода ведет к увеличению давления в фазе сжатия.

Эффект фокусировки происходит на некотором расстоянии от источника взрыва; повреждения, как правило, не наблюдаются на расстоянии меньше 1000 м [2].

В качестве примера рассмотрим рис. 3, где на расстоянии 1000 м величина избыточного давления достигает значения 2 кПа.

В связи с этим для оценки увеличения избыточного давления примем значение воздушной ударной волны равное 2 кПа (безопасное для человека).

Результаты оценки избыточного давления в зависимости от характера инверсии представлены в табл. 3.

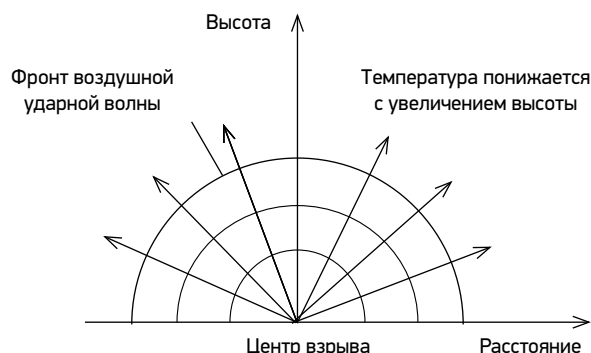


Рис. 4. Распространение воздушной ударной волны при отрицательном градиенте температур

Figure 4. Shock wave propagation at negative temperature gradient

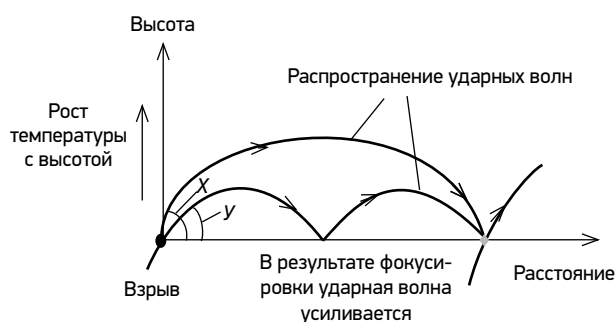


Рис. 5. Эффект фокусировки воздушных ударных волн при температурной инверсии

Figure 5. Effect of focusing shock waves at temperature inversion

Таблица 3. Результаты оценки избыточного давления в зависимости от характера инверсии

Table 3. The results of the excess pressure assessment depending on the nature of the inversion

Характер инверсии	Характер изменения скорости распространения ударной волны	K_m [2]	Δp , кПа	Степень поражения	
				С [3]	П [3]
Положительный градиент около земли и отрицательный на высоте		5	10	Полное разрушение застекления	Безопасно для человека
Нулевой градиент около земли и положительный на высоте		10	20	Разрушение наименее прочных конструкций	Легкое поражение
Слабый положительный градиент около поверхности с сильно положительным градиентом вверх		25	50	Средние повреждения	Среднее поражение

где K_m — коэффициент возможного увеличения избыточного давления Δp ударной волны; С — повреждение сооружений; П — поражение человека.

Таким образом, для оценки избыточного давления можем смоделировать следующее.

На расстояниях до 1000 м избыточное давление Δp рассчитывается по методике³:

$$\Delta p = \begin{cases} p_a \cdot \left(\frac{V_{\Gamma}^2}{\omega_0^2} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_H - 1}{\sigma_H} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{\Gamma_{кр}} - \frac{0,14}{\Gamma_{кр}^2} \right) & \text{if } \Gamma_x(\Gamma) < \Gamma_{кр} \\ p_a \cdot p_{x1}(\Gamma) \cdot p_0 & \text{if } \Gamma_x(\Gamma) \geq \Gamma_{кр} \end{cases} \quad (4)$$

$$\Gamma_{кр} = 0,34$$

$$p_{x1}(\Gamma) = \left(\frac{V_{\Gamma}^2}{\omega_0^2} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_H - 1}{\sigma_H} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{\Gamma_x(\Gamma)} - \frac{0,14}{\Gamma_x(\Gamma)^2} \right)$$

$$\Gamma_x(\Gamma) = \frac{\Gamma}{\left(10 \cdot \frac{E}{p_0} \right)^{\frac{1}{3}}}, \quad (5)$$

$$E = 2 \cdot M_{\Gamma} \cdot q \cdot \frac{C_{ст}}{C_{\Gamma}}$$

где Δp — избыточное давление ударной волны, кПа; C_{Γ} — концентрация газа в смеси, % об; $C_{ст}$ — стехиометрическая концентрация, % об; M_{Γ} — масса газа, кг; V_{Γ} — скорость фронта пламени, м/с; ω_0 — скорость звука в воздухе, м/с; Γ — расстояние от центра облака, м; q — теплота сгорания, МДж/кг; σ_H — степень расширения продуктов сгорания; E — эффективный энергозапас горючей смеси, МДж; $\Gamma_x(\Gamma)$ — безразмерный радиус; p_0 — атмосферное давление, атм; p_a — атмосферное давление, кПа.

На расстояниях свыше 1000 м избыточное давление Δp_{inv} рассчитываем как:

$$\Delta p_{inv} = K_M \cdot \Delta p, \quad (6)$$

где K_M — коэффициент возможного увеличения избыточного давления при наличии температурной инверсии.

³ Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.03.2016.

Далее, подставляя в формулу (6) формулу (4), получим:

$$\Delta p_{inv} = K_M \cdot p_a \cdot p_0 \cdot \left(\frac{V_{\Gamma}^2}{\omega_0^2} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_H - 1}{\sigma_H} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{\Gamma_x(\Gamma)} - \frac{0,14}{\Gamma_x(\Gamma)^2} \right). \quad (7)$$

Из формулы (7) можем определить безопасные расстояния в зависимости от массы газа и характера инверсии.

$$\begin{cases} \Gamma = \frac{K_M \cdot (0,83 + \sqrt{D})}{2 \cdot \Delta p_{inv} \cdot C} \cdot \left(10 \cdot \frac{E}{p_0} \right)^{\frac{1}{3}} \\ C = \frac{\omega_0^2 \cdot \sigma_H}{p_a \cdot p_0 \cdot (v_{\Gamma}^2) \cdot (\sigma_H - 1)} \\ D = 0,83^2 - 0,56 \cdot \frac{\Delta p_{inv} \cdot C}{K_M} \\ E = 2 \cdot M_{\Gamma} \cdot q \cdot \frac{C_{ст}}{C_{\Gamma}} \\ \Delta p_{inv} = K_M \cdot \Delta p \end{cases}. \quad (8)$$

Значение избыточного давления менее 10 кПа является относительно безопасным для человека [3]. Таким образом, оценим расстояния, при которых значение избыточного давления уменьшается до 10 кПа.

Результаты оценки безопасных расстояний в зависимости от характера инверсии и массы газа в открытой местности приведены в табл. 4.

Заключение

На основе полученных данных разработана модель оценки потенциального риска и его зоны действия при взрыве ГВС метана в открытом незагроможденном пространстве при истечении газа на надземных участках газопровода с учетом аномальных метеорологических условий Севера.

$$R_{pot} = \lambda_{leak} \cdot P_f \cdot \begin{cases} P_{dmc} = 0,87 \dots 0,91 \text{ (декабрь, январь, февраль)} \\ P_{dmc} = 0,36 \dots 0,43 \text{ (ноябрь, март)} \\ P_{dmc} = 0,01 \dots 0,09 \text{ (апрель, октябрь)} \\ P_{dmc} = 0 \text{ (май — сентябрь)} \end{cases}.$$

Таблица 4. Безопасные расстояния в зависимости от массы газа и характера инверсии на открытой незагроможденной местности

Table 4. Safe distances depending on gas weight and inversion nature in open, uncluttered terrain

Масса газа, кг	Безопасные расстояния, м							
	10 000	8000	6000	4000	2000	1000	800	600
$K_M = 1$	150	140	127	111	88	70	65	59
$K_M = 5$	150	140	127	111	88	70	65	59
$K_M = 10$	1952	1812	1646	1438	1141	70	65	59
$K_M = 25$	4939	4585	4166	3639	2888	2292	2128	1934

где K_M — коэффициент возможного увеличения избыточного давления Δp ударной волны.1. При $\Gamma < 1000$ м Δp рассчитываем по методике².2. При $\Gamma \geq 1000$ м $\Delta p = \Delta p_{inv}$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma = \frac{K_M (0,83 + \sqrt{D})}{2 \cdot \Delta p_{inv} \cdot C} \cdot \left(10 \cdot \frac{E}{p_0} \right)^{\frac{1}{3}} \\ C = \frac{w_0^2 \cdot \sigma_H}{p_a \cdot p_0 \cdot (v_r^2) \cdot (\sigma_H - 1)} \\ D = 0,83^2 - 0,56 \cdot \frac{\Delta p_{inv} \cdot C}{K_M} \\ E = 2 \cdot M_\Gamma \cdot q \cdot \frac{C_{cr}}{C_r} \\ \Delta p_{inv} = K_M \cdot \Delta p \end{array} \right.$$

3. Козлитин А.М. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов, П.А. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2002. 180 с. [Kozlitin A.M. Theoretical basis and practice of technogenic risk analysis. Probabilistic methods for quantitative assessment of technosphere hazards / A.M. Kozlitin, A.I. Popov, P.A. Kozlitin. Saratov: SGTU, 2002. 180 p., (In Russ.)]

Сведения об авторе

Захарова Марина Ивановна: кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН — структурное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»

Количество публикаций: 46

Область научных интересов: анализ риска

ResearcherID: K-3079-2018

Scopus Author ID: 56388537300

ORCID: 0000-0002-6568-3696

Контактная информация:

Адрес: 677000, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1,
marine3@yandex.ru

Литература [References]

1. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Труды ГГО. 1971. № 254. С. 121—131. [Son'kin L.R. Some possibilities for predicting the content of impurities in urban air // Trudy GGO. 1971;(254):121—131, (In Russ.)]
2. Цейтлин Я.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов / Я.И. Цейтлин, Н.И. Смолий. М.: Недра, 1981. 192 с. [Cejtlin Ya.I. Seismic and shock air waves of industrial explosions / Ya.I. Cejtlin, N.I. Smolij. M.: Nedra, 1981. 192 p., (In Russ.)]

Статья поступила в редакцию: 21.06.2022

После доработки: 19.09.2022

Одобрена после рецензирования: 18.10.2022

Принята к публикации: 21.10.2022

Дата публикации: 29.12.2022

The article was submitted: 21.06.2022

Received after reworking: 19.09.2022

Approved after reviewing: 18.10.2022

Accepted for publication: 21.10.2022

Date of publication: 29.12.2022

Инструкция для авторов

I. Рекомендации автору до подачи статьи

Представление статьи в журнал «Проблемы анализа риска» подразумевает, что:

- статья не была опубликована ранее в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- статья не содержит данных, не подлежащих открытой публикации;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение убедитесь, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и таблицах, все цитаты оформлены корректно.

На титульном листе статьи размещаются (на русском и английском языках):

1. УДК статьи.
2. Имя автора (авторов).
3. Информация об авторе (авторах).

В этом разделе перечисляются:

- фамилия, имя и отчество (полностью);
- степень, звание и занимаемая должность, полное и краткое наименование организации;
- число публикаций, в том числе монографий, учебных изданий;
- область научных интересов;
- контактная информация: почтовый адрес (рабочий), телефон, e-mail, моб. телефон ответственного автора для связи с редакцией.

4. Аффiliation автора (авторов).

Аффiliation включает в себя следующие данные: полное официальное название организации, полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну). Авторам необходимо указывать все места работы, имеющие отношение к проведению исследования.

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

Необходимо официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

5. Название статьи.

Название статьи на русском языке должно соответствовать содержанию статьи.

Англоязычное название должно быть грамотно с точки зрения английского языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию.

6. Аннотация.

Рекомендуемый объем структурированной аннотации: 200—250 слов. Аннотация содержит следующие разделы: Цель, Методы, Результаты, Заключение.

7. Ключевые слова

5—7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

8. Конфликт интересов.

Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи.

Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

9. Текст статьи.

В журнале принят формат IMRAD (Introduction, Methods, Results, Discussion — Введение, Методы, Результаты, Обсуждение).

Основной текст статьи должен содержать:

- введение;
- структурированные, пронумерованные разделы статьи;
- заключение;
- литературу.

10. Рисунки.

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати.

Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи.

Подрисуночная подпись должна быть переведена на английский язык.

Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется.

Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

11. Таблицы.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков.

Все таблицы должны иметь заголовки.

Название таблицы должно быть переведено на английский язык.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется.

Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название.

Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

12. Скриншоты и фотографии.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx — в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

13. Сноски.

Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично. В сносках могут быть размещены: ссылки на анонимные источники в сети Интернет, ссылки на учебники, учебные пособия, ГОСТы, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, авторефераты, диссертации (если нет возможности процитировать статьи, опубликованные по результатам диссертационного исследования), комментарии автора.

14. Список литературы.

В журнале используется Ванкуверский формат цитирования, который подразумевает отсылку на источник в квадратных скобках и последующее упоминание источников в списке литературы в порядке упоминания. Страница указывается внутри скобок, через запятую и пробел после номера источника: [6, с. 8]

В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), упоминающиеся в тексте статьи. Нежелательно включать в список литературы авторефераты, диссертации, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах, на сайтах и в блогах. Если необходимо сослаться на такую информацию, следует поместить информацию об источнике в сноску.

При описании источника следует указывать его DOI, если удастся его найти (для зарубежных источников удается это сделать в 95% случаев).

Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они приняты к печати. Информация из неопубликованных источников должна быть отмечена словами «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение на использование таких материалов.

В ссылках на статьи из журналов должны быть обязательно указаны год выхода публикации, том и номер журнала, номера страниц.

В описании каждого источника должны быть представлены все авторы.

Ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов и/или издательств.

Необходим перевод списка литературы на английский язык. После описания русскоязычного источника в конце ссылки ставится указание на язык работы: (In Russ.).

Для транслитерации имен и фамилий авторов, названий журналов следует использовать стандарт BSI.

II. Как подать статью на рассмотрение

Рукопись статьи направляется в редакцию через online форму или в электронном виде на e-mail journal@dex.ru. Загружаемый в систему направляемый на электронную почту файл со статьей должен быть представлен в формате Microsoft Word (иметь расширение *.doc, *.docx, *.rtf).

III. Взаимодействие между журналом и автором

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Проблемы анализа риска» статьи проходят предварительную проверку ответственным секретарем журнала на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

После предварительной проверки ответственный редактор передает статью рецензенту с указанием сроков рецензирования. Автору отправляется соответствующее уведомление.

При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранение замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить. Ответ ожидается от авторов в течение 2 суток. При отсутствии реакции со стороны автора верстка статьи считается утвержденной.

IV. Порядок пересмотра решений редактора/рецензента

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

V. Действия редакции в случае обнаружения плагиата, фабрикация или фальсификации данных

В случае обнаружения недобросовестного поведения со стороны автора, обнаружения плагиата, фабрикация или фальсификация данных редакция руководствуется правилами COPE.

К «недобросовестному поведению» журнал «Проблемы анализа риска» не относит честные ошибки или честные расхождения в плане, проведении, интерпретации или оценке исследовательских методов или результатов, или недобросовестное поведение, не связанное с научным процессом.

VI. Исправление ошибок и отзыв статьи

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи и указанием на ошибку в самом файле статьи и на странице статьи на сайте журнала.

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикации данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи могут быть редакция, автор, организация, частное лицо.

Отозванная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

Подробная инструкция на сайте <https://www.risk-journal.com>

Instructions for Authors

I. Recommendations to the author before submission of article

Submission of article in the «Issues of Risk Analysis» magazine means that: article was not published in other magazine earlier; article is not under consideration in other magazine; article does not contain the data which are not subject to the open publication; all coauthors agree with the publication of the current version of article.

Before sending article for consideration be convinced that the file (files) contains all necessary information in the Russian and English languages, sources of information placed in drawings and tables are specified, all quotes are issued correctly.

On the title page of article take place (in the Russian and English languages):

1. Article UDC.
2. Name of the author (authors).
3. Information on the author (authors).

Are listed in this section: surname, name and middle name (completely), degree, rank and post, full and short name of the organization, number of publications, including monographs, educational editions, area of scientific interests, contact information: the postal address (working), phone, e-mail, mob. phone of the responsible author for connection with edition.

4. Affiliation of the author (authors).

The affiliation includes the following data: the full official name of the organization, the full postal address (including the index, the city and the country). Authors need to specify all places of work concerning carrying out a research. If authors from different institutions took part in preparation of article, it is necessary to specify belonging of each author to concrete establishment by means of the nadstrochny index. The official English-language name of establishment is necessary for information block in English.

5. Name of article.

The name of article in Russian has to correspond to contents of article. The English-language name has to be competent in terms of English, at the same time on sense completely correspond to the Russian-language name.

6. Summary.

The recommended volume of the structured summary: 200—250 words. The summary contains the following sections: Purpose, Methods, Results, Conclusion.

7. Keywords.

5—7 words on article subject. It is desirable that keywords supplemented the summary and the name of article.

8. Conflict of interest.

The author is obliged to notify the editor on the real or potential conflict of interests, having included information on the conflict of interests in appropriate section of article. If there is no conflict of interests, the author has to report about it also. Example of a formulation: "The author declares no conflict of interests".

9. Text of article.

In the magazine the IMRAD format is accepted (Introduction, Methods, Results, Discussion).

The main text of article has to contain:

- introduction;
- the structured, numbered sections of article;
- conclusion;
- literature.

10. Drawings.

Drawings have to be high quality, suitable for the press. All drawings have to have caption signatures. The caption signature has to be translated into English. Drawings are numbered by the Arab figures on a sequence in the text. If the drawing in the text one, then it is not numbered. The translation of the caption signature it is necessary to have after the caption signature in Russian.

11. Tables.

Tables have to be high quality, suitable for the press. The tables suitable for editing but which are not scanned or in the form of drawings are preferable. All tables have to have headings. The name of the table has to be translated into English. Tables are numbered by the Arab figures on a sequence in the text. If the table in the text one, then it is not numbered. The heading of the table includes serial number of the table and its name. The translation of heading of the table it is necessary to have after table heading in Russian.

12. Screenshots and photos.

Photos, screenshots and other not drawn illustrations need to be loaded separately in the special section of a form for submission of article in the form of files of the format *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc and *.docx — in case additional marks are applied on the image). Permission of the image has to be > 300 dpi. Files of images need to appropriate the name corresponding to number of the drawing in the text. It is necessary to provide in the description of the file separately the caption signature which has to correspond to the name of the photo placed in the text.

13. Footnotes.

Footnotes are numbered by the Arab figures, are placed page by page. In footnotes can be placed: the reference to anonymous sources in the Internet, references to textbooks, manuals, state standard specifications, statistical reports, articles in political newspapers and magazines, abstracts, theses (if there is no opportunity to quote articles published by results of a dissertation research), comments of the author.

14. List of references.

In the magazine the Vancouver format of citing which means sending on a source in square brackets and the subsequent mention of sources in the list of references as a mention is used. The page is specified in brackets, through a comma and a gap after number of a source: [6, page 8].

The list of references joins only the reviewed sources (articles from scientific magazines and the monograph) which are mentioned in the text of article. It is

undesirable to include in the list of references abstracts, theses, textbooks, manuals, state standard specifications, information from the websites, statistical reports, articles in political newspapers, on the websites and in blogs. If it is necessary to refer to such information, it is necessary to place information on a source in the footnote. At the description of a source it is necessary to specify it by DOI if it is possible to find it (for foreign sources it is possible to make it in 95% of cases).

References to articles adopted to the publication, but not published yet have to be marked with the words "in the press"; authors have to get the written permission for the reference to such documents and confirmation that they are accepted for printing. Information from unpublished sources has to be noted by the words "unpublished data / documents", authors also have to receive written confirmation on use of such materials. From magazines year of a release of the publication, the volume and the issue of the magazine, page numbers have to be surely specified in the references to articles. All authors have to be presented in the description of each source. References have to be verified, the output data is checked on the official site of magazines and/or publishing houses. The translation of the list of references into English is necessary.

After the description of a Russian-speaking source in the end of the reference the instruction on work language is put: (In Russ.). For a transliteration of names and surnames of authors, names of magazines it is necessary to use the BSI standard.

II. How to submit article for consideration

The manuscript of article is sent to edition through online a form or in electronic form to e-mail of journal@dex.ru. The file, naprvlyaemy on e-mail, loaded into a system with article has to be presented in the Microsoft Word format (to have the expansion *.doc, *.docx, *.rtf).

III. Interaction between the magazine and author

The editorial office of the magazine corresponds with the responsible (contact) author, however if desired group of authors letters can be sent all authors for whom the e-mail address is specified.

All articles coming to the "Issues of Risk Analysis " magazine undergo preliminary testing by the responsible secretary of the magazine for compliance to formal requirements. At this stage article can be returned to the author (authors) on completion with a request to eliminate errors or to add missing data. Also at this stage article can be rejected because of discrepancy to its purposes of the magazine, lack of originality, small scientific value.

After preliminary check the editor-in-chief reports article to the reviewer with the indication of terms of reviewing. To the author the corresponding notice goes.

At the positive conclusion of the reviewer article is transferred to the editor for preparation for printing.

At making decision on completion of article of a remark and the comment of the reviewer are transferred to the author. The author is given 2 months on elimination of remarks. If during this term the author did not notify the editorial office on the planned actions, article is removed from turn of the publication.

At making decision on refusal the relevant decision of edition goes to publications of article to the author.

To the responsible (contact) author of article adopted to the publication the final version of imposition which he is obliged to check is sent. The answer is expected from authors within 2 days. In the absence of reaction from the author imposition of article is considered approved.

IV. Order of review of the decisions of the editor/reviewer

If the author does not agree with the conclusion of the reviewer and/or editor or separate remarks, he can challenge the made decision. For this purpose it is necessary for the author:

- to correct the manuscript of article according to reasonable comments of reviewers and editors;
- it is clear to state the position on a case in point.

Editors promote repeated submission of manuscripts which could be potentially accepted, however were rejected because of need of introduction of significant changes or collecting additional data, and are ready to explain in detail what is required to be corrected in the manuscript in order that it was accepted to the publication.

V. Actions of edition in case of detection of plagiarism, a fabrication or falsification of data

In case of detection of unfair behavior from the author, detection of plagiarism, a fabrication or falsification of data edition is guided by the rules COPE.

"Issues of Risk Analysis" magazine does not refer honest mistakes or honest divergences in the plan, carrying out, interpretation or assessment of research methods or results to "unfair behavior", or the unfair behavior which is not connected with scientific process.

VI. Correction of mistakes and withdrawal of article

In case of detection in the text of article of the mistakes which are influencing her perception, but not distorting the stated results of a research they can be corrected by replacement of the PDF file of article and the instruction on a mistake in the file of article and on the page of article on the magazine website. In case of detection in the text of article of the mistakes distorting results of a research or in case of plagiarism, detection of unfair behavior of the author (authors) connected with falsification and/or a fabrication of data, article can be withdrawn. Edition, the author, the organization, the individual can be the initiator of withdrawal of article.

The withdrawn article is marked with the sign "Article Is Withdrawn", on the page of article information on article reason of recall is placed. Information on withdrawal of article is sent to databases in which the magazine is indexed.

The detailed instruction on the website <https://www.risk-journal.com>