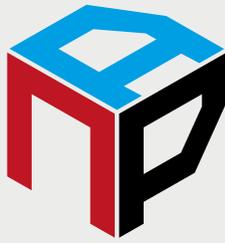


ISSN: 1812-5220 (Print)
ISSN: 2658-7882 (Online)



Том 18, 2021, № 4
Vol. 18, 2021, No. 4

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Риски устойчивого развития

Volume Headline:

Risks of sustainable development

Том 18, 2021, № 4
Vol. 18, 2021, No.4

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» (ФЛИ)

"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 (РМ4)
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.

Корректурa:
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: 24.08.2021

Цена свободная

© Проблемы анализа риска, 2021

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: 24.08.2021

Free price

© *Issues of Risk Analysis, 2021*

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 Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска и проблем 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, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, директор, 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 РАЕН, ПАО «ЛУКОЙЛ», начальник отдела страхования, 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, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет, Председатель РНОАР в Республике Марий Эл, г. Йошкар-Ола, 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 working group under the President of RAS on risk and security analysis, 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, Institute of economic forecasting of RAS, director, 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 RANS, PJSC "LUKOIL", head of the Department of insurance, 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, Candidate of physical and mathematical Sciences, Associate Professor of Department of life safety, Volga state technological University, Yoshkar-Ola, 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, 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

Родионова Марина Евгеньевна

Кандидат социологических наук, PhD, профессор Российской академии естественных наук, доцент Департамента социологии, Финансовый университет при Правительстве РФ, заместитель директора по планированию и организации НИР, 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

Сорокин Дмитрий Евгеньевич

Доктор экономических наук, член-корреспондент РАН, профессор, Институт экономики РАН, первый заместитель директора, г. Москва, Россия

Соложенцев Евгений Дмитриевич

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Институт проблем машиноведения РАН, заведующий лабораторией интегрированных систем автоматизированного проектирования, г. Санкт-Петербург, 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, 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

Rodionova Marina Evgenievna

Candidate of sociology, PhD, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences, Associate Professor of the Department of sociology, Financial University under the government of the Russian Federation, Deputy Director for planning and organization of research, 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

Sorokin Dmitry Evgenievich

Doctor of Economics, corresponding member of RAS, Professor, Institute of Economics RAS, First Deputy Director, Moscow, Russia

Solojntsev Evgeny Dmitrievich

Doctor of technical Sciences, Professor, honored scientist of Russia, Institute of problems of mechanical science of RAS, Head of laboratory of integrated systems of computer-aided design, St. Petersburg, 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 On the Risks of Climate Change and Sustainable Development
Andrey A. Bykov, Editor-in-Chief

Risks of Sustainable Development

- 16 Sustainable Development and Risk Management
Elena Yu. Pertseva, Vladimir Yu. Skobarev, FBK LLC, Moscow, Russia
Evgeny E. Telenkov, JSC Transtelecom, Moscow, Russia
- 28 Problems and Risks of Renewable Energy Sources
Yury I. Sokolov, Russian Scientific Society for Risk Analysis, Moscow, Russia

Health Risk

- 48 Assessment of the Risk of Heavy Metals Accumulation in Vegetable Crops
Vladimir N. Bashkin, Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russia
Rosa A. Galiulina, Institute of Fundamental Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russia

Security of Regions

- 66 Assessment of Risks of Corporate and Financial Security of the Region (on the Example of the Komi Republic)
Mihail S. Kyzuyurov, Vyatka State University, Kirov, Russia

Содержание

Колонка редактора

- 8 О рисках изменения климата и устойчивого развития
Быков А. А., Главный редактор

Риски устойчивого развития

- 16 Устойчивое развитие и управление рисками
Перцева Е. Ю., Скобарев В. Ю., ФБК Grant Thornton, Россия, г. Москва
Теленков Е. Е., АО «Компания «Транстелеком», Россия, г. Москва
- 28 Проблемы и риски возобновляемых источников энергии
Соколов Ю. И., Российское научное общество анализа риска, Россия, г. Москва

Риск для здоровья

- 48 Оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах
Башкин В. Н., Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия, Московская обл., г. Пушкино
Галиулина Р. А., Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Россия, Московская обл., г. Пушкино

Безопасность регионов

- 66 Оценка рисков корпоративно-финансовой безопасности региона (на примере Республики Коми)
Кызыуров М. С., Вятский государственный университет, Россия, г. Киров

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-8-14>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

О рисках изменения климата и устойчивого развития

Быков А. А.,
Главный редактор

Для цитирования: Быков А. А. О рисках изменения климата и устойчивого развития // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 8—14, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-8-14>

On the Risks of Climate Change and Sustainable Development

Andrey A. Bykov,
Editor-in-Chief

For citation: Bykov A. A. On the risks of climate change and sustainable development // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 8—14, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-8-14>

Уважаемые коллеги!

Тенденции последних лет демонстрируют усиление внимания к вопросам изменения климата и устойчивого развития как на государственном уровне, так и на уровне отдельных компаний. Наш журнал учитывает данный тренд и регулярно публикует статьи, посвященные климатическим рискам и рискам устойчивого развития.

В частности, только в этом году была опубликована в 2 частях обзорная статья «Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в.»¹. Авторы: Б. А. Ревич — член редколлегии нашего журнала, д.м.н., профессор, нобелевский лауреат 2007 г. в составе Межправительственной группы экспертов по изменению климата, член рабочей группы Европейского бюро ВОЗ «Здоровье населения в меняющемся климате», представляющий Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, и Е. А. Григорьева — к.б.н., доцент, представляющая Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН.

В 1-й части обзора (Волны жары и холода) представлены основные материалы международных организаций (ВОЗ, ВМО, ЕС и др.) по проблеме оценки

¹ Ревич Б.А., Григорьева Е.А. Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в. Часть 1. Волны жары и холода // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 2. С. 12—33, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33>

Григорьева Е.А., Ревич Б.А. Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в 2010—2020 гг. Часть 2. Наводнения, тайфуны, ледяной дождь, засухи // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 3. С. 10—31, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-3-10-31>

воздействия климатических рисков на здоровье городского населения и планов действий по адаптации системы здравоохранения, а также систематизированы результаты российских исследований по оценке воздействия волн жары и холода на показатели смертности населения больших городов, расположенных в различных климатических зонах. Отмечается, что «принятый в России Национальный план по адаптации к климатическим рискам включает меры по снижению избыточной смертности от воздействия волн жары и холода. Предусмотрено, что такие планы должны быть разработаны по всем субъектам Российской Федерации. Одной из действенных мер по снижению избыточной смертности является внедрение систем раннего оповещения о наступлении температурных волн жары и холода с одновременным использованием комплекса профилактических мер».

Во 2-й части (Наводнения, тайфуны, ледяной дождь, засухи) рассмотрены вопросы прямого и косвенного воздействия на здоровье и жизнедеятельность человека изменения климата и природных катастроф, вызванных гидрологическими, метеорологическими, климатическими причинами, которые приводят к повышенному риску смерти, болезней и травм. Делается вывод о том, что, хотя большинство из опасных гидрометеорологических событий невозможно избежать полностью, многие последствия для здоровья потенциально могут быть предотвращены с помощью систем раннего предупреждения и мер по обеспечению готовности общественного здравоохранения и реагированию на них путем создания устойчивых к изменению климата систем здравоохранения и других управленческих структур.

В другой опубликованной статье по климатическим рискам «Риски глобального изменения климата»² нашего постоянного автора Ю. И. Соколова, представляющего Российское научное общество анализа риска, рассматриваются вопросы «одной из доминирующих проблем XXI в. — глобального изменения климата, а также вопросы за-

щиты (адаптации) населения, территории и экономики России в связи с этими изменениями». В статье уделяется внимание вопросам международных усилий в области изучения и регулирования влияния изменения климата, моделирования климата, государственной политики в области изменений климата в России, воздействие климатических изменений на экономику и социальную сферу России, в том числе на отрасли экономики и регионы страны в Арктической зоне России, а также защите населения в условиях изменения климата. Как заключает автор, фиксируется устойчивый рост количества наводнений, ураганов, температурных волн, града, засух, природных пожаров. «Общий нанесенный ими ущерб с 1980-х гг. превышает 5 трлн долл. США. Последствия потепления на 5 °С к концу XXI в. оцениваются как катастрофические — и для здоровья и жизни населения планеты, и для мировой экономики». При этом «глобальная климатическая угроза для России более актуальна, чем для многих других стран — на территории страны в последние 40 лет потепление климата происходило в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по планете (а в российской части Арктики — в 4,5 раза быстрее). Изменение климата в России уже создает угрозу здоровью и жизни людей, провоцирует вынужденную миграцию, угрожает продовольственной безопасности и создает угрозу инфраструктуре. Климатические изменения, вызывающие чрезвычайные ситуации, являются одним из ключевых факторов безопасности РФ».

В опубликованной в первом номере этого года статье П. Н. Михеева, представляющего Русское общество управления рисками, «О подходах к учету рисков изменения климатических условий при планировании и реализации нефтегазовых проектов»³ рассматриваются вопросы, связанные с влиянием изменения климата на объекты нефтегазовой отрасли. Представлены основные тенденции изменения климата в глобальном и региональном (на территории Российской Федерации) масштабе. Обсуждаются возможные подходы

² Соколов Ю.И. Риски глобального изменения климата // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 3. С. 32—45, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-3-32-45>

³ Михеев П.Н. О подходах к учету рисков изменения климатических условий при планировании и реализации нефтегазовых проектов // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 1. С. 52—65, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-1-52-65>

к идентификации и оценке климатических рисков. В рамках концепции климатического риска проводятся определения опасности, подверженности и уязвимости объекта. Основное внимание уделяется климатическим рискам, связанным с физическими воздействиями на технические объекты на стадиях разработки и реализации нефтегазовых проектов. На примере нефтегазовой отрасли Томской области продемонстрирован подход по использованию матрицы рисков для качественной оценки уровня потенциального климатического риска. Также рассматриваются возможные подходы к разработке системы управления рисками и адаптации к изменениям климата.

В заключении автор отмечает, что приоритетным направлением адаптации является «интегрирование климатической составляющей с экономическими методами, ориентированными на получение достоверной информации относительно подверженности и уязвимости реципиентов. ...Для организации процесса адаптации на уровне региона или отрасли предполагается составлять паспорта климатической безопасности, удостоверяющие основные погодно-климатические опасности, а также перечень приоритетных объектов для адаптации с учетом подверженности угрозам и уязвимости», что, по мнению автора, «несомненно, позволит снизить ущерб от изменений климата, если не в настоящее время, то в будущем».

Отметим, что на государственном уровне в последние годы развивается нормативная база по адаптации к изменениям климата отраслей экономики и организаций. Так, в целях реализации пунктов 6, 8 и 9 приложения к национальному плану мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г., утвержденному распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.12.2019 № 3183-р⁴, Приказом Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 утверждены Методические рекомендации по: оценке климатических рисков; ранжированию адаптационных мероприятий по степени приоритетности; формированию отраслевых, региональных и корпо-

ративных планов адаптации к изменениям климата, а также Показатели достижения целей адаптации к изменениям климата. При этом Департаменту конкуренции, энергоэффективности и экологии Минэкономразвития поручено организовать мониторинг правоприменительной практики использования данного Приказа.

Нельзя не отметить и усиление требований регуляторов по раскрытию информации публичными акционерными обществами в нефинансовой отчетности.

- В соответствии с Положением Банка России от 27.03.2020 № 714-П «О раскрытии информации эмитентами эмиссионных ценных бумаг» акционерное общество обязано раскрывать информацию о рисках в отчете эмитента, в том числе об экологических и природно-климатических рисках.

- Рекомендации по раскрытию публичными акционерными обществами нефинансовой информации, связанной с деятельностью таких обществ (информационное письмо Банка России от 12.07.2021 № ИН-06-28/49) содержат положения по раскрытию информации в годовом отчете, отчете об устойчивом развитии, экологическом отчете и иных формах отчетов об основных рисках, связанных с ESG-факторами⁵, а также о том, как общество в организованной системе управления рисками и внутреннего контроля выявляет, оценивает и управляет такими рисками: «Обществу рекомендуется раскрывать информацию о том, как ESG-факторы и основные риски и возможности, связанные с воздействием таких факторов, а также подходы, применяемые Обществом в отношении воздействия на окружающую среду, социальную сферу и экономику, могут повлиять на бизнес-модель, операционную деятельность, ключевые финансовые показатели деятельности Общества».

Как отмечается в вышеуказанных Рекомендациях: «Оценка рисков и возможностей, связанных с изменениями климата, отношением к окружающей среде, взаимоотношениями с обществом

⁴ Собрание законодательства Российской Федерации, 2020, № 1, ст. 115.

⁵ Термин Environmental, Social and Governance (ESG) factors — ESG-факторы используется для обозначения факторов, связанных с окружающей средой (в том числе экологических факторов и факторов, связанных с изменением климата), обществом (социальные факторы) и корпоративным управлением.

в целом и локальными сообществами, соблюдением прав человека и другими вопросами устойчивого развития, становится актуальной глобальной тенденцией и будет определять направления экономической и финансовой повестки в ближайшем будущем».

Таким образом, поскольку в концепции устойчивого развития выделяются три взаимосвязанных между собой направления развития: климатический и экологический, социальный и экономический, постольку риски, связанные с ESG-факторами, могут рассматриваться в качестве основных групп рисков устойчивого развития.

Приведем еще одну выдержку из вышеуказанных Рекомендаций Банка России: «ESG-факторы широко используются для обозначения факторов, связанных с окружающей средой (в том числе экологических факторов и факторов, связанных с изменением климата), обществом (социальные факторы) и корпоративным управлением. Этот термин появился в докладе “Who Cares Wins. Connecting Financial Markets to a Changing World”, подготовленном в 2004 г. под эгидой Глобального договора ООН по призыву Генерального секретаря ООН Кофи Аннана. В докладе, в частности, подчеркивалось, что учет ESG-факторов при проведении инвестиционного анализа и принятии инвестиционных решений будет в конечном счете способствовать повышению надежности и устойчивости финансовых рынков, а также служить устойчивому развитию общества. Широкое употребление термин «ESG-факторы» получил с принятием Ассоциацией по продвижению принципов ответственного инвестирования в 2006 г. Принципов ответственного инвестирования, в которых говорится о важности учета ESG-факторов в инвестиционном процессе. На конец 2020 г. количество организаций, заявивших о соблюдении Принципов ответственного инвестирования, составило 3038, а общая величина активов под управлением таких организаций превысила 103,4 трлн долл. США (<https://www.unpri.org/pri/about-the-pri>)».

Здесь следует также упомянуть еще один документ Банка России, предназначенный для применения при практической реализации принципов ответственного инвестирования участниками

рынка ценных бумаг, а именно — Рекомендации по реализации принципов ответственного инвестирования (информационное письмо Банка России от 15.07.2020 № ИН-06-28/111).

Как указывается в документе, «Рекомендации направлены на выстраивание эффективных взаимоотношений институциональных инвесторов с обществом, в ценные бумаги которого осуществляются инвестиции, повышение качества диалога с обществом, что, в свою очередь, влияет на улучшение результатов общества в области устойчивого развития и, как следствие, — увеличение стоимости инвестиций клиентов и выгодоприобретателей».

При этом в документе подчеркивается взаимосвязь ответственного инвестирования с ESG-факторами: «Ответственное инвестирование предполагает учет существенных рисков, связанных с факторами устойчивого развития (экологическими факторами, социальными факторами и факторами корпоративного управления) при выборе объектов инвестиций и управлении ими. Учет факторов устойчивого развития не только позволяет институциональным инвесторам осуществлять выбор более устойчивых, совершенных с точки зрения управления рисками и доходных в долгосрочной перспективе обществ, но и позволяет разработать стратегию взаимодействия с ними в целях улучшения результатов таких обществ в области устойчивого развития».

Наш журнал, находясь в тренде актуальной глобальной тенденции постоянного повышения внимания к вопросам устойчивого развития, опубликовал в текущем году статью «Проблемы интеграции бизнес-процесса управления рисками устойчивости в корпоративное управление компании»⁶. Авторы: В. В. Верещагин — президент Ассоциации риск-менеджмента «Русское общество управления рисками», Т. Ю. Шемякина — профессор, представляющая Государственный университет управления.

В статье приводится анализ подходов к интеграции управления рисками и устойчивого развития компании, приведение устойчивости в соответст-

⁶ Верещагин В.В., Шемякина Т.Ю. Проблемы интеграции бизнес-процесса управления рисками устойчивости в корпоративное управление компании // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 3. С. 66—76, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-3-66-76>

вии с управлением рисками на основе использования принципов корпоративного управления рисками. При этом корпоративный подход к рискам ESG⁷ предполагает увязывание данных рисков с общими стратегическими целями компании, «устойчивое развитие является основой формирования стратегий инвестирования, а также неотъемлемой частью принятия решений по всем операциям и видам деятельности компании».

Справочным инструментом для объединения рисков ESG и корпоративной системы управления рисками, как отмечается в статье, может служить руководство COSO и Всемирного делового совета по устойчивому развитию⁸ по интеграции внутренних процессов для выявления, оценки и управления рисками ESG в общую структуру управления рисками компании. «Поскольку высшее руководство компании несет ответственность за обеспечение применения комплексного подхода к рискам, оно должно обеспечить соответствие внутренней политики, структуры и процедур по управлению рисками компании задаче выявления, измерения и мониторинга ESG-рисков, которые могут оказать существенное влияние на деятельность компании», — пишут авторы в заключении.

В продолжение развития темы управления рисками устойчивого развития в настоящем номере мы публикуем статью «Устойчивое развитие и управление рисками»⁹. Авторы: Е. Ю. Перцева — к.э.н., заместитель директора Департамента корпоративного управления и устойчивого развития ООО «Финансовые и бухгалтерские консультанты» (ФБК Grant Thornton), В. Ю. Скобарев — к.т.н., партнер, директор Департамента корпоративного управления и устойчивого развития ФБК Grant Thornton,

⁷ Как указано в цитируемой статье: «Комитет по устойчивому развитию FERMA в ESG включает риски экологические (климат, ресурсы, загрязнение), социальные (люди и коммуникации, продукция и сервисы, внешние и внутренние акционеры) и управленческие (корпоративное управление, бизнес-этика и поведение)».

⁸ Enterprise Risk Management Applying enterprise risk management to environmental, social and governance-related risks, COSO, 2018. P. 1—116. URL: <https://www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-ESGERM-Guidance-Full.pdf>

⁹ Перцева Е.Ю., Скобарев В.Ю., Теленков Е.Е. Устойчивое развитие и управление рисками // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 16—27, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-16-27>

Е. Е. Теленков — к.э.н., главный риск-менеджер АО «Компания «Транстелеком».

Как пишут авторы: «В условиях возрастающего влияния различных групп заинтересованных сторон на деятельность компании растет и роль нефинансовых результатов деятельности компании, о чем свидетельствуют увеличение количества рейтингов и рэнкингов социальной ответственности и устойчивого развития, распространение социального инвестирования, а также развитие нефинансовой и интегрированной отчетности, позволяющей компаниям структурировано раскрывать информацию о воздействиях, оказываемых на внешнее окружение».

В статье авторы затрагивают вопросы классификации рисков в системе управления устойчивым развитием и управление нефинансовыми рисками. Отмечается «разрыв между существующей методологией риск-менеджмента и формирующимися подходами к управлению устойчивым развитием». Авторы предлагают свое видение места нефинансовых рисков в системе управления рисками и возможности интеграции управления нефинансовыми рисками в систему риск-менеджмента и модель управления организации. Отметим также довольно большой обзорный анализ документов в области устойчивого развития и нефинансовых рисков. При этом мировое сообщество «вырабатывает новые требования и стандарты корпоративной отчетности, важное место в которой будет уделено раскрытию информации об управлении рисками устойчивого развития».

В концепции ESG-рисков климатические риски подразделяются на две категории: физические климатические риски и переходные климатические риски.

Физические климатические риски связаны с оценкой влияния изменений климата на деятельность компаний и могут приводить к финансовым последствиям, как прямому ущербу активам, так и косвенным последствиям, например, нарушению цепочек поставок.

Переходные климатические риски связаны с оценкой влияния деятельности компаний на климат и постепенным переходом к низкоуглеродной экономике.

В этом контексте проблематика переходных климатических рисков представлена в ранее опубликованной статье П. Н. Михеева, представляющего Русское общество управления рисками, «Риски перехода к низкоуглеродной экономике: угрозы и возможности для нефтегазовой отрасли»¹⁰. В статье рассматриваются вопросы, связанные с рисками перехода нефтегазовой отрасли к низкоуглеродной экономике. В рамках сценарного подхода рассматриваются ключевые риски переходного периода. Подчеркивается важность управления переходными климатическими рисками для организаций нефтегазовой отрасли и включение климатических рисков в общую систему управления рисками организации. Приводятся примеры реализации подходов к управлению климатическими рисками и адаптации к изменениям климата в Российской Федерации и за рубежом.

В заключении автор подчеркивает, что «несмотря на то, что в ближайшие годы спрос на основные источники традиционных энергоресурсов существенным образом не снизится, в контексте позиционирования на международном рынке в долгосрочной перспективе участие российских нефтегазовых компаний в становлении низкоуглеродной энергетики является целесообразным. Вступая в переходный период, нефтегазовый сектор сталкивается с необходимостью внедрения низкоуглеродных технологий, требующих оптимизации используемых бизнес-моделей, реализации стратегий партнерства, привлечения ресурсов и новых технологий». Общий вывод автора: «Залогом успеха любой компании в современных условиях является ее способность к оперативному реагированию и адаптации, выявлению предпосылок грядущих изменений с использованием в качестве информационной основы актуальных данных и выводов, касающихся изменения климата».

В данном номере мы продолжаем развивать тему переходных климатических рисков, публикуя статью Ю. И. Соколова «Проблемы и риски возоб-

новляемых источников энергии»¹¹, в которой автором анализируются проблемы и риски, связанные с возобновляемыми источниками энергии, «способные радикально изменить энергетическую картину мира и в определенной степени снизить опасность изменения климата».

Как совершенно справедливо пишет автор: «Рост доли возобновляемых источников энергии в глобальном энергобалансе — это крайне политизированное явление, сопровождающееся массой споров о перспективах мировой энергетики». Например: «Европейский союз в конце прошлого года объявил о намерениях стать климатически нейтральным к 2050 г. В широком смысле это заявление трактуется как план отказа от углеводородного сырья. Подобные заявления сделало и руководство Японии».

По мнению автора, «на текущем уровне развития технологий достичь «климатической нейтральности», мягко говоря, проблематично. Если, конечно, говорить о реальном отказе от нефти, газа и угля, а не об очередной системе торговли квотами». Кроме того, автор резонно ставит вопрос: «Остановит ли нулевой вариант наступление потепления? Ведь многие из подписавших Парижское соглашение стран его не выполняют... По мнению многих ученых, климат уже пересек некую критическую черту, перешел рубеж, откуда крайне сложно возвратиться к прежним показателям. На это потребуются десятилетия».

Авторские выводы подкреплены в статье ссылками на авторитетные источники:

«Теоретический вариант полного отказа человечества от ископаемого топлива потребует порядка 50 трлн долларов инвестиций за 10 лет, заявил глава Роснефти Игорь Сечин, выступая в рамках XIII Евразийского экономического форума в октябре 2020 г. ... По его словам, при отказе от использования традиционного ископаемого топлива не нужно забывать о возможном дефиците металлов, необходимых для производства оборудования и, например, аккумуляторов для хранения энергии, произведенной на солнечных и ветровых станциях».

¹⁰ Михеев П. Н. Риски перехода к низкоуглеродной экономике: угрозы и возможности для нефтегазовой отрасли // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 2. С. 34—42, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-2-34-42>

¹¹ Соколов Ю.И. Проблемы и риски возобновляемых источников энергии // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 28—47, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

Автор подкрепляет слова Игоря Сечина: «По сути, сейчас возобновляемые источники энергии не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Сторонники полного перехода на возобновляемые источники энергии обычно в таких ситуациях обещают скорые прорывы в области накопителей электроэнергии. Обещания звучат на протяжении многих лет, но прорывов все нет».

«Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность, заявил президент России Владимир Путин, выступая на пленарной сессии дискуссионного клуба «Валдай» 22 октября 2020 г. И это мнение подкреплено европейским опытом последних лет».

Автор заключает, что, несмотря на растущий спрос на возобновляемые источники энергии, «ископаемое топливо будет жить достаточно долго. ...Задача ближайших лет будет заключаться в том, чтобы найти правильный баланс между различными источниками энергии и обеспечить надежные потоки энергии, когда солнце не светит, а ветер не дует».

Таким образом, в данном номере в главной теме «**Риски устойчивого развития**» мы развиваем проблематику оценки и управления климатическими рисками и в более широком контексте — управления рисками, связанными с ESG-факторами. Уверен, что и поднимаемые проблемы в других статьях данного номера, публикуемые в рубриках «**Риск для здоровья**» и «**Безопасность регионов**», вызовут интерес и будут полезны читателям.



РУССКОЕ ОБЩЕСТВО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ



FERMA
Federation of European
Risk Management Associations

16 сентября 2021 г.,

Москва, отель «Золотое кольцо», зал «Ярославль», Смоленская ул., д. 5

XVIII Международный профессиональный форум

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ – НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

Приглашаем руководителей и специалистов в области риск-менеджмента, страхования, внутреннего контроля и аудита на самый известный ежегодный форум по управлению рисками в России.

Специальные гости Форума:

Мэри Рот – исполнительный директор RIMS (США), председатель IFRIMA;

Хорхе Луцци – президент AGERIS (Португалия);

Алексей ЛОБАНОВ – директор Департамента банковского регулирования Банка России

На сессиях и круглых столах ключевые вопросы Форума:

- COVID-19 и новые вызовы для риск-менеджмента и страхования;
- Риск-ориентированный подход к бизнес-процессам в компаниях и организациях;
- Интеграция риск-менеджмента и внутреннего контроля. Как не наделать ошибок и повысить эффективность управления бизнесом за счет укрепления процессов;
- Практика реализации Рекомендаций Банка России для ПАО;
- Автоматизация системы управления рисками и внутреннего контроля;
- ESG – новые требования к риск-менеджменту и раскрытию информации для публичных компаний;
- Продолжение реформы банковского регулирования. Требования мегарегулятора;
- Стратегические риски банковской системы;
- Риск-менеджмент и организация страховой защиты в крупных компаниях: в поисках гармонии и практического результата;
- Урегулирование убытков после пандемии: «проехали» или новая реальность?
- Информационная безопасность: возможности и риски;
- Обеспечение экономической безопасности и недобросовестная конкуренция;
- Экологическое страхование: проблемы и перспективы.

НА ФОРУМЕ ВЫСТУПАТ ПРЕДСТАВИТЕЛИ:

Банка России, Росстандарта, МЧС России, РСПП, ТПП РФ, Всероссийского союза страховщиков, СПАО Ингосстрах, АО «СОГАЗ», АО «АльфаСтрахование», ПАО «Газпром», ПАО ГМК «Норильский никель», ПАО «АФК «Система», ПАО «ТрансТелеКом», ПАО «Нижнекамскнефтехим», ООО «WillisCHG», Страхового брокера «СиЛайн», компании ЕУ, ПАО «Промсвязьбанк», Ассоциации «Институт внутренних аудиторов», АО «ИнфоТекс», ООО «ФИНЭКС», Интерфакса, Финансового университета при Правительстве РФ и др.

В ПРОГРАММЕ ФОРУМА:

ЭКЗАМЕН ПО ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ «Профессионал в сфере управления рисками» – CRMP.RR.

ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ КОНКУРСА «Лучший риск-менеджмент в России»

[Заявка на сайте www.rrms.ru](http://www.rrms.ru)

УДК: 338.1
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-16-27>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Устойчивое развитие и управление рисками

Перцева Е. Ю.,
Скобарев В. Ю.*,
ФБК Grant Thornton,
101990, Россия, г. Москва,
ул. Мясницкая, д. 44/1,
стр. 2 АБ

Теленков Е. Е.,
АО «Компания
«Транстелеком»,
121357, Россия, г. Москва,
ул. Верейская, д. 29, стр. 33

Аннотация

В условиях возрастающей роли нефинансовых факторов создания стоимости компании многие организации при разработке стратегии развития выходят за рамки исключительно финансово-экономических целей и включают в целевые показатели деятельности безопасность на рабочем месте, энергоэффективность, удовлетворенность клиентов и прочие нефинансовые цели. Достижение таких целей сопряжено с рисками, однако на сегодняшний день нет единого понимания состава соответствующих рисков, их источников (факторов возникновения), подходов к оценке данных рисков, а также универсальных корпоративных инструментов, управления ими. В данной статье мы предлагаем наше видение места так называемых нефинансовых рисков в системе управления рисками и показываем возможности интеграции управления нефинансовыми рисками в систему риск-менеджмента и модель управления организации.

Ключевые слова: устойчивое развитие, ESG, нефинансовые риски, ESG-риски, риски устойчивого развития, управление рисками.

Для цитирования: Перцева Е.Ю., Скобарев В.Ю., Теленков Е.Е. Устойчивое развитие и управление рисками // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 16—27,
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-16-27>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Sustainable Development and Risk Management

Elena Yu. Pertseva,
Vladimir Yu. Skobarev*,
FBK LLC,
Myasnitskaya str., 44/1, Moscow,
101990, Russia

Evgeny E. Telenkov,
JSC Transtelecom,
Vereyskaya str., 29, bldg 33,
Moscow, 121357, Russia

Abstract

In the context of the increasing role of non-financial factors of company value creation, many organizations, when developing a development strategy, go beyond exclusively financial and economic goals and include workplace safety, energy efficiency, customer satisfaction and other non-financial goals in their performance targets. Achieving such goals involves risks, but today there is no common understanding of the composition of the relevant risks, their sources (factors of occurrence), approaches to assessing these risks, as well as universal corporate tools for managing them. In this article, we offer our vision of the place of the so-called “non-financial risks” in the risk management system and show the possibilities of integrating non-financial risk management into the risk management system and the management model of the organization.

Keywords: sustainable development, ESG, non-financial risks, ESG risks, sustainable development risks, risk management.

For citation: Pertseva E.Yu., Skobarev V.Yu., Telenkov E.E. Sustainable development and risk management // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 16—27, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-16-27>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Варианты классификации рисков в системе управления устойчивым развитием
2. Управление нефинансовыми рисками

Заключение

Литература

Введение

Устоявшегося определения нефинансовых рисков на настоящий момент не существует, и различные организации дают свои определения данного термина (или его синонимов).

Разные точки зрения существуют и в отношении самого термина «нефинансовый». Так, например, Rodney Irwin, управляющий директор Redefining Value and Education (WBCSD), в своем выступлении на ISAR 37 отметил: «Концепция “нефинансовой информации” — это ложь... Мы сами себе вредим, называя эти проблемы “нефинансовыми”, хотя на самом деле это не так».

Поэтому нам представляется необходимым определиться с классификацией рисков в системе управления устойчивым развитием.

Одно из первых упоминаний нефинансовых рисков в российской практике можно найти в документе «Управление нефинансовыми рисками», выпущенном

ОАО РАО «ЕЭС России» в 2006 г. В данном документе к нефинансовым рискам отнесены «политические, социальные, репутационные, экологические риски, риски государственного регулирования и корпоративного управления, а также другие риски, обусловленные поведением ключевых заинтересованных сторон, представляющих деловое и социальное окружение компании».

В учебном пособии Внешэкономбанка «Корпоративная социальная ответственность. Новая философия бизнеса» источником нефинансовых рисков названа свобода заинтересованных сторон выбирать свое поведение в отношении компании, а нефинансовый риск определяется как «ситуация недостижения целей, когда ожидаемое событие или положение вещей может не состояться из-за противодействия заинтересованных сторон».

В трактовке Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) «социальные и экологические риски» — это «потенциальные негативные последствия для бизнеса, проистекающие от его воздействий (или воспринимаемых воздействий) на природную среду (например, воздух, воду, почву) или общество (например, сотрудников, потребителей, местных жителей)».

На наш взгляд, эти определения создают почву для дискуссии, поскольку неразрывно связывают последствия рисков (нефинансовые) с источниками риска (поведением заинтересованных сторон). В действительности же взаимосвязи между данными факторами более комплексные. Риски могут иметь комплексную финансовую и нефинансовую природу, реализовываться как под воздействием влияния заинтересованных сторон, так и, например, вследствие природно-стихийных факторов, культурных и политических трендов.

В условиях сложившегося представления о финансовых рисках, под которыми в общем случае понимается вероятность возникновения неблагоприятных финансовых последствий в форме потери дохода и капитала в ситуации неопределенности условий осуществления финансовой деятельности, понятие нефинансовых рисков должно охватывать все подмножество рисков, лежащих за рамками данного определения. Однако ряд рисков, связанных с факторами, не зависящими от заинтересованных сторон, не охватывается ни одним из этих определе-

ний (например, риски изменения климата, технологические риски, риски изменения демографической ситуации и т. д.). Кроме того, ряд финансовых рисков (например, риск неисполнения дебитором своих обязательств, риск изменения процентной ставки по новым кредитным линиям) определяется в какой-то мере решениями заинтересованных сторон, однако не попадает в фокус внимания в работах, посвященных управлению нефинансовыми рисками.

Наиболее распространенные стандарты управления рисками на сегодняшний день — это интегрированная модель управления рисками, принятая Комитетом спонсорских организаций Комиссии Трэдуэй (COSO ERM); ИСО 31000 «Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания», стандарт управления рисками, разработанный Федерацией Европейских Ассоциаций Риск-Менеджеров (FERMA). Все эти стандарты под риском понимают влияние неопределенности на цели, а также вероятность наступления события, обладающего положительным или отрицательным влиянием.

ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения определяет риск как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей», под которым понимается позитивное или негативное отклонение от ожидаемого результата или события. Цели могут быть различными по содержанию, включая финансовые, социальные, экологические, репутационные и пр.

В документе «Концептуальные основы управления рисками организаций» (COSO ERM) приводится следующее определение риска: «Возможность того, что произойдет событие, которое окажет отрицательное воздействие на достижение поставленных целей». Факторы возникновения рисков делятся на внешние (экономические, природные, политические, социальные, технологические) и внутренние (инфраструктурные, кадровые, операционные, технические).

В дополнение к общему руководству по управлению рисками (COSO ERM) в 2018 г. был выпущен отдельный документ — Руководство COSO по управлению ESG-рисками, которое конкретизирует вопросы, касающиеся нефинансовой составляющей рисков. Руководство обозначает, что термины «ESG-риски» (ESG-related risks, риски в области устойчи-

вого развития (sustainability), нефинансовые риски (non-financial), extra-financial) являются взаимозаменяемыми и относятся к экологическим, социальным и управленческим аспектам, которые могут оказывать влияние на результаты деятельности организации, но не относятся к традиционным факторам, принимаемым во внимание в процессе принятия инвестиционных решений.

Таким образом, можно сделать вывод, что «традиционное», недостаточно точное и формализованное разделение рисков на финансовые и нефинансовые не в полной мере отвечает потребностям корпоративного управления в современных условиях, требующих адекватного учета ESG-рисков на всей цепочке создания стоимости.

1. Варианты классификации рисков в системе управления устойчивым развитием

Ниже мы рассмотрим несколько вариантов классификации рисков, которые могут быть использованы для анализа и совершенствования системы управления рисками организации в современных условиях.

1. На наш взгляд, в парадигме «финансовые/нефинансовые» более инструментальной является классификация по методам управления соответствующими рисками. На практике в подавляющем большинстве случаев факторы, для оценки которых используются неденежные единицы, являются факторами рисков, имеющих денежное выражение. Однако источник этих неденежных факторов зачастую трудно точно определить (например, источник изменения валютных курсов). Также далеко не всегда этими факторами можно управлять нефинансовыми методами (например, фактор изменения мировых цен на продукцию).

В связи с этим предлагаем разделить риски на управляемые финансовыми или нефинансовыми методами. При этом финансовые или нефинансовые риски в традиционном понимании могут относиться к обеим из категорий. Например, традиционно кредитный риск управляется финансово: кредит выдается или не выдается по результатам анализа заемщика и присвоения ему кредитного рейтинга. Однако в последние годы кредитный рейтинг заемщика все чаще оценивается не только на основе финансовых результатов деятельности компании, но

и с учетом результатов оценки зрелости ESG-практики заемщика. При этом в рамках практики ответственного финансирования банки стимулируют заемщиков совершенствовать свои ESG-практики, повышать устойчивость в долгосрочной перспективе и тем самым способствуют снижению своих кредитных рисков нефинансовыми инструментами.

2. С учетом того, что стандарты управления рисками, как было показано ранее, рассматривают риски в первую очередь с точки зрения их влияния на цели, для приведения определения нефинансовых рисков в соответствие с общепринятой терминологией можно рассматривать в качестве нефинансовых рисков все риски, которые могут оказывать влияние на достижение нефинансовых целей, независимо от фактора их возникновения. Для пояснения концепции нефинансовых целей стоит обратить внимание на стоимостно-ориентированный (value oriented) подход, набирающий популярность в настоящее время, где под “value” понимается некая интегральная ценность компании по отношению к обществу в целом, а не только стоимость бизнеса, основанная на финансовых результатах деятельности.

В соответствии с этим подходом к управлению стоимостью компании нефинансовые результаты являются опережающими индикаторами будущей деятельности компании (Т. Коупленд). Например, повышение квалификации сотрудников позволяет в дальнейшем рассчитывать на повышение производительности труда и улучшение экономических результатов деятельности компании, а увеличение расходов на предотвращение негативного экологического воздействия — на уменьшение количества жалоб на воздействие на окружающую среду и сопутствующих издержек, а также расходов на ликвидацию экологического ущерба. Цели, не связанные напрямую с получением финансовой или экономической отдачи, измеряемой в денежном выражении, можно назвать нефинансовыми целями.

Современные тенденции развития корпоративной отчетности создают хорошую основу для использования данного подхода в системах управления рисками и в моделях управления организацией в целом.

В опубликованном IASB в мае 2021 г. проекте документа Management Commentary (Комментарий менеджмента) в части, посвященной раскрытию

информации о рисках, указывается: «Чтобы получить представление о факторах, которые могут повлиять на способность предприятия создавать стоимость и генерировать денежные потоки, инвесторы и кредиторы должны понимать риски событий или обстоятельств, которые могут в краткосрочной, среднесрочной или долгосрочной перспективе нарушить бизнес-модель предприятия, стратегию руководства по обеспечению устойчивости и развитию этой модели или ресурсы и отношения предприятия».

Современное понимание бизнес-модели, учитывающее ESG-факторы, сформулировано в одном из наиболее широко используемых в мире руководств по отчетности в области устойчивого развития «Международные основы <ИО>».

Бизнес-модель (business model) — система организации, преобразующая используемые ресурсы посредством коммерческой деятельности в продукты деятельности и итоги деятельности и направленная на достижение стратегических целей организации и создание стоимости в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Итоги деятельности (outcomes) — внутренние и внешние последствия для капиталов (положительные и отрицательные) вследствие влияния на них коммерческой деятельности организации и продуктов ее деятельности.

Капиталы (capitals) — запасы стоимости, от которых зависит успех всех организаций в качестве используемых ресурсов их бизнес-моделей и которые увеличиваются, уменьшаются или преобразуются посредством коммерческой деятельности организации и продуктов ее деятельности. Капиталы подразделяются в Основах <ИО> на финансовый, производственный, интеллектуальный, человеческий, социально-репутационный и природный.

Следуя данной концепции, логично классифицировать риски и управлять ими согласно их влиянию не только на финансовые, но и на нефинансовые составляющие стоимости, сформулированные в метриках капиталов.

3. Классификацию рисков по характеру влияния на стоимость (создание стоимости) организации можно представить следующим образом:

- риски прямого влияния на стоимость — риски, реализация которых сказывается напрямую на

финансовых результатах деятельности организации (например, непогашение дебитором задолженности или введение углеродного налога напрямую влияет на финансовые показатели). Такие риски оцениваются с помощью традиционных методов оценки рисков и часто раскрываются вместе с финансовой отчетностью:

- риски косвенного влияния на стоимость — риски, реализация которых опосредованно влияет на финансовые результаты деятельности организации (например, реализация экологического риска разлива нефтепродуктов приводит к необходимости финансовых затрат на ликвидацию последствий). Оценка таких рисков связана с моделированием, в котором участвуют как финансовые, так и нефинансовые параметры (например, оценка климатических рисков и их влияния на производственные процессы);

- риски неопределенного влияния на стоимость — риски, оценка последствий которых в настоящее время не может быть проведена с достаточной степенью точности или достоверности (например, риски нарушения организацией прав человека), однако их влияние на деятельность организации может быть измерено и оценено в будущем, при появлении новой информации.

При этом компании все чаще расширяют сферу анализа и учитывают в системе риск-менеджмента не только первый контур рисков (риски прямого влияния на стоимость), но и риски косвенного влияния на стоимость. Например, в Отчете об устойчивом развитии Группы компаний Норникель за 2020 г. выделяются «ключевые риски в области устойчивого развития», к которым относятся, среди прочего, ужесточение экологических требований, производственный травматизм, комплаенс-риск, нехватка водных ресурсов, эпидемиологический риск.

Подход к классификации рисков на основе характера влияния на стоимость (как и предыдущий) соответствует современным взглядам на нефинансовую отчетность (отчетность в области устойчивого развития). Например, на рис. 1 представлены сформулированные в совместном заявлении ведущих провайдеров стандартов отчетности в области устойчивого развития предложения по структуре единой системы корпоративной отчетности.



Рис. 1. Структура единой системы корпоративной отчетности (Statement of intent to work together towards comprehensive corporate reporting)

Figure 1. The structure of a unified corporate reporting system

Таблица. Пример классификации рисков

Table. Example of risks classification

Вид риска/классификация	Классификация 1	Классификация 2	Классификация 3
Кредитный	Ф (финансовый), НФ (нефинансовый)	ФК (финансовый капитал)	1
Валютный	Ф	ФК	1
Процентный	Ф, НФ	ФК	1
Ценовой	Ф, НФ	ФК	1
Рыночный (объемный)	Ф, НФ	ФК	1
Репутационный	НФ	СРК (социально-репутационный капитал)	2
Производственного травматизма	НФ	ЧК (человеческий капитал), СРК	3
Климатический	НФ	ПК (производственный капитал), СРК, ПрК (природный капитал)	2
Регуляторный	НФ	ФК, СРК	1, 2, 3
Эпидемический	НФ	ФК, СРК, ЧК	1, 2, 3
Информационной безопасности	НФ	ФК, ИК, СРК	2
Комплаенс	НФ	СРК	2, 3
Техногенный	НФ	ПК, ПрК, СРК	2

Таблица иллюстрирует возможности применения представленных выше подходов к классификации для анализа рисков, наиболее часто упоминаемых в корпоративной отчетности.

2. Управление нефинансовыми рисками

Так как управление рисками, связанными с финансовыми метриками и целями, внедрено в той или иной мере в подавляющем большинстве публичных организаций, областью для дальнейшего развития систем риск-менеджмента является интеграция в них вопросов, связанных с устойчивым развитием, и, соответственно, управления ESG-рисками.

Необходимость интеграции вопросов управления устойчивым развитием в системы риск-менеджмента все чаще подчеркивается на различных уровнях. Так, например, в Практических рекомендациях по внедрению ESG-банкинга (Ассоциация банков России) указано: «Управление ESG-рисками не является конкурирующей альтернативой, а должно интегрироваться в существующую систему управления рисками. Возрастающая роль ESG-рисков требует увеличения горизонта их дополнительной идентификации, оценки и отражения их трансмиссии на традиционные банковские риски».

Основным отличием подходов к управлению нефинансовыми рисками является сложность и многофакторность количественных оценок последствий реализации рискового события (например, оценка вероятности поломки оборудования представляется более простой задачей, чем количественная оценка влияния данного события на уровень удовлетворенности клиентов). Кроме того, значительно отличаются горизонты анализа: нефинансовые риски обычно требуют более долгосрочных горизонтов их оценки и реализации мер по их управлению. Подробнее о проблемах, с которыми сталкиваются компании в части управления нефинансовыми рисками, можно узнать в публикации WBCSD “Sustainability and enterprise risk management: The first step towards integration”. Многие из вопросов, обозначенных в этом документе, опубликованном еще в 2017 г., остаются актуальными и сегодня.

В целом необходимо отметить разрыв между существующей методологией риск-менеджмен-

та и формирующимися подходами к управлению устойчивым развитием.

В последние годы во многих российских компаниях создаются функциональные подразделения, ответственные за управление устойчивым развитием. Одной из задач подобных подразделений является сокращение данного разрыва и интеграция с системой риск-менеджмента. При этом важно корректно распределить полномочия между ними, службами риск-менеджмента и владельцами рисков. Один из вариантов такого распределения представлен на рис. 2.

Важным моментом является также включение анализа возможностей в систему управления рисками, так как вопросы, связанные с повесткой устойчивого развития, могут приводить и к позитивным изменениям в результатах деятельности организаций.

Например, в Отчете Группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития за 2020 г. выделяется такая возможность, связанная с изменением климата, как «Использование источников энергии с низким уровнем выбросов» — «Снижение эксплуатационных расходов» (например, за счет использования методов снижения выбросов с наименьшими затратами). Наличие потенциала роста потребления природного газа в производстве электроэнергии за счет сокращения доли угольной генерации (например, планы по ограничению угольной генерации в Германии, Нидерландах, Японии, уменьшению добычи угля и ограничению его использования в электрогенерации в Китае и т. д.), а также рост потребления природного газа в рамках замещения бензина и дизельного топлива на газомоторное.

Значительным шагом в разработке методов оценки и раскрытия финансовых последствий реализации рисков и возможностей устойчивого развития стали Рекомендации Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата (TCFD), выпущенные в 2017 г. При этом, хотя финансовые оценки и раскрытия являются конечной целью, не меньшее значение уделяется раскрытию в отчетности организаций их стратегии, методов управления, системы риск-менеджмента, метрик и целей, связанных с климатической повесткой. Эта информация имеет

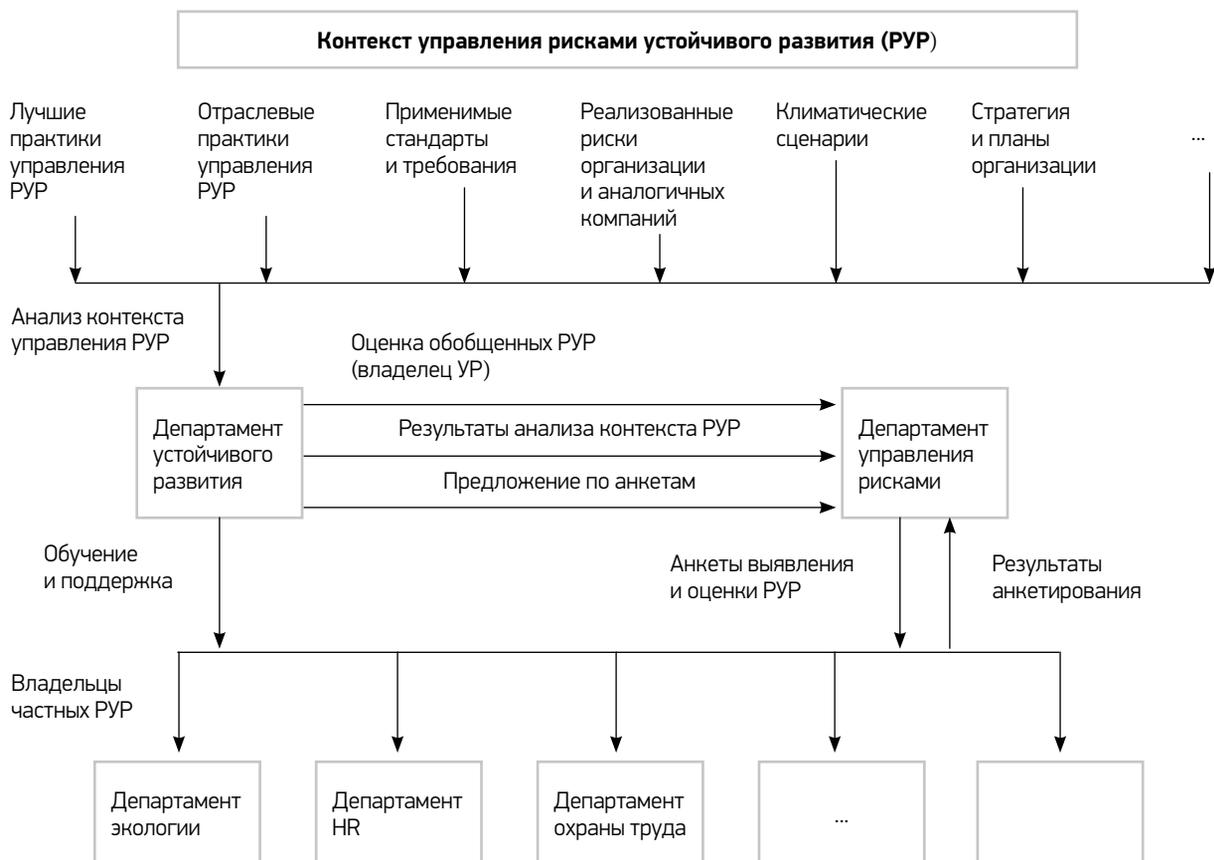


Рис. 2. Схема управления рисками устойчивого развития

Figure 2. Sustainable development risk management scheme

большое значение для инвестиционного сообщества даже в отсутствие конкретных финансовых оценок, что является типичной ситуацией на начальных стадиях внедрения Рекомендаций.

На практике многие компании используют элементы соответствующих раскрытий не только в целях отчетности, но и в качестве своеобразной дорожной карты при построении своих систем управления климатическими рисками и возможностями, включая в планы развития данных систем все элементы раскрытий.

Следует также отметить, что, хотя данные Рекомендации касаются раскрытия информации, связанной с климатической повесткой, аналогичные подходы могут быть использованы и для структурирования методов оценки и раскрытия управления финансовых последствий реализации рисков

и возможностей, связанных с широким спектром тем устойчивого развития. Соответствующие предложения сформулированы в документе "Reporting on enterprise value".

Анализ финансовых и нефинансовых последствий технико-производственных рисков

Работа крупных предприятий (особенно в таких отраслях, как добыча и переработка природных ресурсов) неотрывно связана с рисками. Одним из основных направлений риска, которым предприятия могут управлять, являются технико-производственные риски (далее — ТПР). ТПР — это риски производственного и природно-естественного характера, такие как пожары, взрывы, разливы химически активных компонентов из резервуаров и трубопроводов, обрушение конструкций, зданий и др. Реализация ТПР влияет на объемы выпуска

готовой продукции, необходимость восстановления поврежденных активов после аварии, устранение ущерба окружающей среде, компенсации работникам и третьим лицам.

Для анализа технико-производственных рисков можно выделить набор базовых целей, таких как:

- финансовая цель: плановый показатель по операционной прибыли (ЕБИТДА);
- охрана труда: снижение травматизма и несчастных случаев на производстве, недопущение случаев со смертельным исходом;
- окружающая среда и экология: отсутствие сверхнормативных загрязнений окружающей сре-

ды, непричинение вреда экологии региона присутствия предприятия.

Схема влияния ТПР на перечисленные цели предприятия визуализирована на рис. 3. На рисунке видно, что наступление технико-производственных рисков может привести как к имущественному ущербу и ущербу от перерыва в производстве, так и к ущербу экологии региона, причинению вреда жизни и здоровью людей.

При оценке ТПР важно принимать во внимание последствия как 1-го, так и 2-го уровней, информация о которых приведена на рис. 3. К последствиям 1-го уровня можно отнести производственные про-

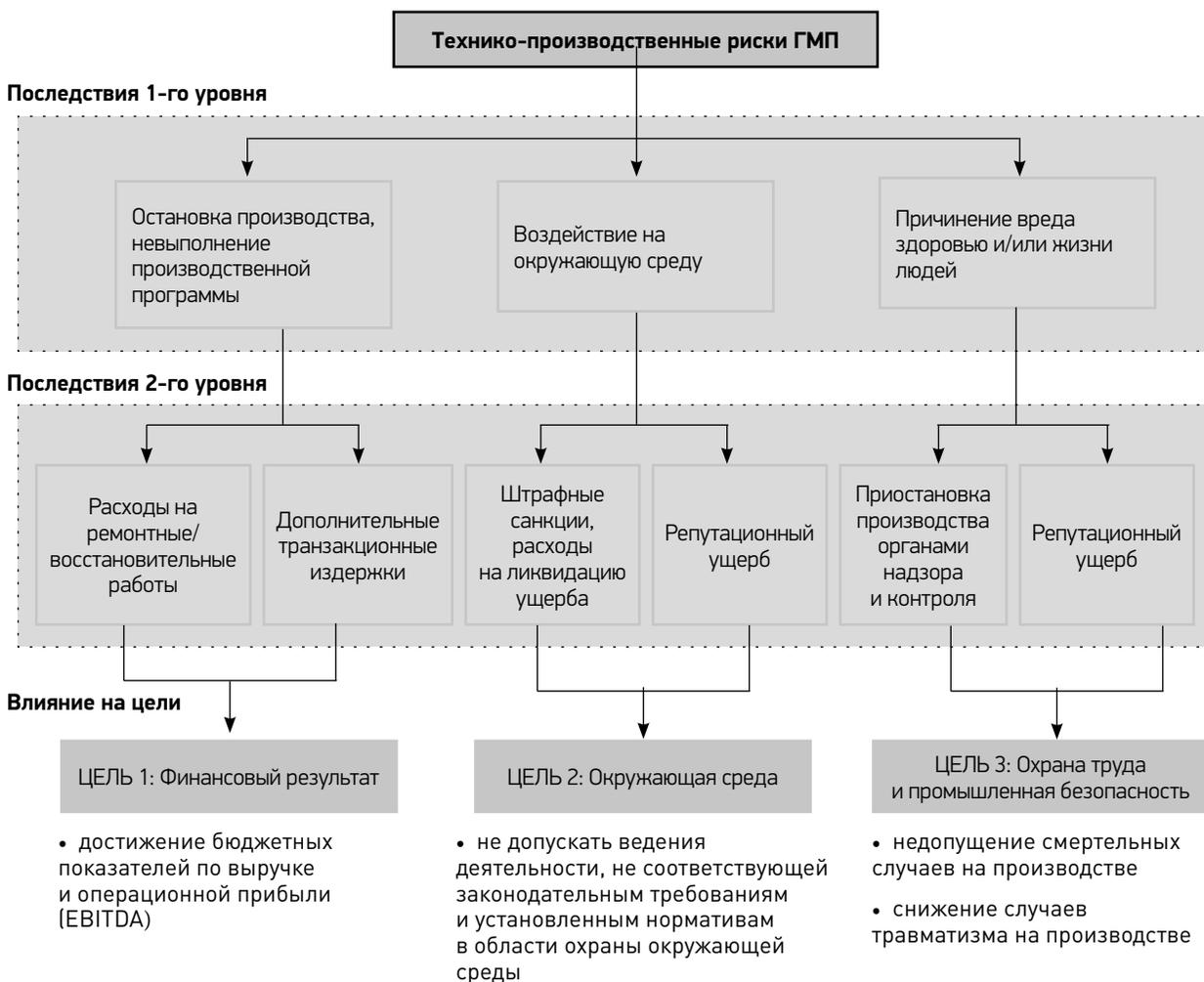


Рис. 3. Последствия технико-производственных рисков

Figure 3. Consequences of technical and production risks

стои, ущерб экологии, негативные последствия для здоровья и жизни людей. Анализируя ситуацию в комплексе, необходимо также оценить и последствия 2-го уровня, к данным последствиям относятся расходы на восстановление производства, оплата штрафов, дополнительные транзакционные издержки, ущерб репутации предприятия.

Применение данной модели к оценке рисков, а также использование методов стохастического моделирования величин позволяют детально прорабатывать и оценивать ТПР, выполняя количественную оценку их влияния. Данная информация необходима при планировании деятельности предприятия, бюджетировании расходов на модернизацию и поддержку производства, обеспечение общей устойчивости бизнеса компании в долгосрочной перспективе.

Заключение

1. В условиях возрастающего влияния различных групп заинтересованных сторон на деятельность компании растет и роль нефинансовых результатов деятельности компании, о чем свидетельствуют увеличение количества рейтингов и рэнкингов социальной ответственности и устойчивого развития, распространение социального инвестирования, а также развитие нефинансовой и интегрированной отчетности, позволяющей компаниям структурировано раскрывать информацию о воздействиях, оказываемых на внешнее окружение.

2. У вопроса «Что такое нефинансовые риски?», по всей видимости, нет однозначного ответа. Возможны различные подходы к классификации рисков, связанных с устойчивым развитием, в зависимости от целей классификации.

3. Количественная оценка ESG-рисков является комплексной и недостаточно исследованной зоной, однако качественная оценка данных рисков возможна не только в терминах «низкий» и «высокий», но также и по уровню влияния данных рисков на различные виды капиталов, используемых организацией в своей деятельности.

4. Управление рисками, связанными с устойчивым развитием, должно быть интегрировано в систему риск-менеджмента и модель управления организацией. Для этого необходима не только постанов-

ка измеримых нефинансовых целей, но и адаптация существующих подходов к управлению рисками с учетом особенностей, присущих нефинансовым рискам, а также разделение полномочий с владельцами рисков.

5. Важно помнить, что факторы устойчивого развития связаны не только с рисками, но и возможностями. Управление возможностями устойчивого развития также должно быть интегрировано в бизнес-модель компании.

6. В настоящее время мировое сообщество вырабатывает новые требования и стандарты корпоративной отчетности, важное место в которой будет уделено раскрытию информации об управлении рисками устойчивого развития.

Литература [References]

1. Анализ возможностей в системе управления рисками Группы Газпром. Отчет Группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития за 2020 год [gazprom.ru]. ПАО «Газпром»; 2021 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/sustainability-report-ru-2020.pdf>. [Analysis of opportunities in the Gazprom Group risk management system. Gazprom Group Sustainable Development Report 2020 [gazprom.ru]. Gazprom PJSC; 2021 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/sustainability-report-ru-2020.pdf> (In Russ.)]
2. Заявление о намерении совместно работать над созданием единой системой корпоративной отчетности [impactmanagementproject.com]. The Impact Management Project; 2020 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://bit.ly/2Flu0Fb>. [Statement of Intent to Work Together Towards Comprehensive Corporate Reporting [impactmanagementproject.com]. The Impact Management Project; 2020 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://bit.ly/2Flu0Fb>]
3. Ключевые риски в области устойчивого развития ПАО «Норникель». Отчет об устойчивом развитии Группы компаний Норникель за 2020 год [nornickel.ru]. ПАО «Норникель»; 2021 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: https://www.nornickel.ru/files/ru/investors/disclosure/NN_CSO2020_RUS_28.04.pdf. [Key sustainability risks of PJSC Norilsk Nickel. 2020 Sustainability Report of Nornickel Group [nornickel.com]. PJSC Norilsk Nickel; 2021 [quoted on July 1, 2021]. URL:

- https://www.nornickel.com/files/en/investors/disclosure/NN_CSO2020_ENG_23.06.pdf (In Russ.)
4. Комментарий менеджмента [iasplus.com]. Сеть Деллойт IAS Plus; 2021 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://www.iasplus.com/en/news/2021/05/management-commentary>. [Practice Statement on Management Commentary [iasplus.com]. Deloitte network's IAS Plus; 2021 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.iasplus.com/en/news/2021/05/management-commentary>]
 5. Reporting-on-enterprise-value_climate-prototype_Dec20.pdf. [Reporting on enterprise value [impactmanagementproject.com]. The Impact Management Project; 2020 [quoted on July 1, 2021]. URL: https://29kjbw3armds2g3gi4lq2sx1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Reporting-on-enterprise-value_climate-prototype_Dec20.pdf]
 6. Sustainability and enterprise risk management: The first step towards integration [wbcsd.org]. World Business Council For Sustainable Development; 2017 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/2548/31131/1>
 7. Корпоративная социальная ответственность. Новая философия бизнеса. [вэб.рф]. Внешэконобанк; 2011 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://xn—90ab5f.xn—p1ai/common/upload/files/veb/kso/ksobook2011/>. [Corporate social responsibility. New business philosophy. Vnesheconombank [вэб.рф]. Vneshekonobank; 2011 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://xn—90ab5f.xn—p1ai/common/upload/files/veb/kso/ksobook2011> (In Russ.)]
 8. Практические рекомендации банковского сообщества по внедрению ESG-банкинга в России [asros.ru]. Ассоциация Банков России; 2021 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://asros.ru/upload/iblock/160/PRAKTICHESKIE-REKOMENDATSII-BANKOVSKOGO-SOOBSHCHESTVA-PO-VNEDRENIYU-ESG-BANKINGA-V-ROSSII.pdf>. [Practical recommendations of the banking community on the implementation of ESG-banking in Russia [asros.ru]. Association of Banks of Russia; 2021 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://asros.ru/upload/iblock/160/PRAKTICHESKIE-REKOMENDATSII-BANKOVSKOGO-SOOBSHCHESTVA-PO-VNEDRENIYU-ESG-BANKINGA-V-ROSSII.pdf> (In Russ.)]
 9. Программа высокого воздействия для корпоративного сектора [ebrd.com]. Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР); 2014 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://www.ebrd.com/cs/Satellite?c=Content&cid=1395290655219&d=&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument>. [High Impact Programme for the Corporate Sector [ebrd.com]. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD); 2014 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.ebrd.com/documents/climate-finance/high-impact-programme-esms-english.pdf?blobnocache=true> (In Russ.)]
 10. Руководство COSO по управлению ESG-рисками [coso.org]. Комитет спонсорских организаций Комиссии Тредвея (COSO); 2018 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-ESGERM-Guidance-Full.pdf>. [Enterprise Risk Management. [coso.org] The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO); 2018 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-ESGERM-Guidance-Full.pdf> (In Russ.)]
 11. Управление нефинансовыми рисками. Отчет о социальной ответственности и корпоративной устойчивости РАО «ЕЭС России» за 2006—2007 гг. [rspp.ru]. Российский союз промышленников и предпринимателей; 2007 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: <https://rspp.ru/12/6535.pdf>. [Non-financial risk management. Report on social responsibility and corporate sustainability of RAO UES for 2006-2007 [rspp.ru]. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs; 2021 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://rspp.ru/12/6535.pdf> (In Russ.)]
 12. Управление рисками организаций [coso.org]. Комитет спонсорских организаций Комиссии Тредвея (COSO); 2004 [процитировано 1 июля 2021]. Доступно: https://www.coso.org/documents/coso_ERM_ExecutiveSummary-Russian.pdf. [Enterprise Risk Management — Integrated Framework. [coso.org]. The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO); 2004 [quoted on July 1, 2021]. URL: <https://www.coso.org/Documents/COSO-ERM-Executive-Summary.pdf> (In Russ.)]

Сведения об авторах

Перцева Елена Юрьевна: кандидат экономических наук, заместитель директора Департамента корпоративного управления и устойчивого развития Общества с ограниченной ответственностью «Финансовые и бухгалтерские консультанты» (ФБК Grant Thornton)

Количество публикаций: 16, в т. ч. 1 монография

Область научных интересов: устойчивое развитие, корпоративная отчетность, публичная нефинансовая отчетность

Контактная информация:

Адрес: 101990, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 44/1, стр. 2 АБ
E-mail: PertsevaE@fbk.ru

Скобареv Владимир Юлианович: кандидат технических наук, партнер, директор Департамента корпоративного управления и устойчивого развития ФБК Grant Thornton
Количество публикаций: более 40

Область научных интересов: устойчивое развитие, корпоративная отчетность, аудит, корпоративное управление, внутренний контроль и организация ревизионной деятельности, управление рисками, информационные технологии

Контактная информация:

Адрес: 101990, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 44/1, стр. 2 АБ
E-mail: SkobarevV@fbk.ru

Теленков Евгений Евгеньевич: кандидат экономических наук, главный риск-менеджер АО «Компания «Транстелеком»

Количество публикаций: 8

Область научных интересов: управление рисками, внутренний контроль, устойчивое развитие

Контактная информация:

Адрес: 121357, Россия, г. Москва, ул. Верейская, д. 29, стр. 33
E-mail: evgeny.telenkov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 05.07.2021
Принята к публикации: 14.07.2021
Дата публикации: 31.08.2021

The paper was submitted: 05.07.2021
Accepted for publication: 14.07.2021
Date of publication: 31.08.2021

УДК 338.45:620.9:504.052
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Проблемы и риски возобновляемых источников энергии

Соколов Ю. И.,

Российское научное общество анализа риска, 121614, Россия, г. Москва, ул. Крылатские Холмы, д. 30, к. 4

Аннотация

В статье анализируются проблемы и риски новомодных в XXI в. возобновляемых источников энергии, способных радикально изменить энергетическую картину мира и в определенной степени снизить опасность изменения климата. Однако выработка энергии от ветра обычно доступна 25—35% времени, от солнца — 10—25%.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) сталкиваются с проблемой аккумуляции или же поддерживающих мощностей, которые должны замещать неустойчивую генерацию ВИЭ в момент неизбежных провалов. ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность. Рост доли ВИЭ в глобальном энергобалансе — это крайне политизированное явление.

Развитие возобновляемой генерации создает риски для потребителей. Особенно для крупных. Один из этих рисков связан с прерывистым, непостоянным характером возобновляемой генерации, под которой последние годы понимаются в основном солнечные и ветровые электростанции. К тому же чтобы производить больше солнечных батарей, ветровых турбин и аккумуляторов для электромобилей, человечеству потребуется больше специфических ресурсов — редкоземельных металлов. Производство этих металлов небезопасно для экологии. Оно сопряжено с потреблением огромного количества воды и электрической энергии.

ВИЭ, возможно, будут доминировать, но это займет столетия. Спрос уже растет, однако ископаемое топливо будет жить достаточно долго.

Ключевые слова: зеленая энергетика (альтернативная энергетика), ветроэнергетика, солнечная энергетика, гидроэнергетика, биоэнергетика, геотермальная энергетика, водород, энергетическая рентабельность, показатель EROI, традиционная энергетика, редкоземельные металлы, накопители энергии.

Для цитирования: Соколов Ю.И. Проблемы и риски возобновляемых источников энергии // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 28—47, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Problems and Risks of Renewable Energy Sources

Yury I. Sokolov,

Russian Scientific Society for
Risk Analysis,
Krylatsky Hills, 30, bldg 4,
Moscow, 121614, Russia

Abstract

The article analyzes the problems and risks of new-fangled renewable energy sources in the 21st century, which can radically change the energy picture of the world and to a certain extent reduce the risk of climate change. However, energy generation from wind is usually available 25—35% of the time, from the sun — 10—25%.

Renewable energy sources (RES) face the problem of accumulating or supporting capacities that should replace the unstable generation of RES at the time of inevitable failures. RES cannot exist without excess reserve capacities on traditional energy carriers that can quickly increase and reduce electricity production. Abandoning hydrocarbons in the next 30—50 years looks unrealistic if countries want to maintain their competitiveness. The growth of the share of RES in the global energy balance is an extremely politicized phenomenon.

The development of renewable generation creates risks for consumers. Especially for large ones. One of these risks is associated with the intermittent, unstable nature of renewable generation, which in recent years has been understood mainly as solar and wind power plants. In addition, to produce more solar panels, wind turbines and batteries for electric vehicles, humanity will need more specific resources — rare earth metals. The production of these metals is unsafe for the environment. It involves the consumption of a huge amount of water and electrical energy.

Renewable energy sources may dominate, but it will take centuries. Demand is already growing, but fossil fuels will live long enough.

Keywords: green energy (alternative energy), wind energy, solar energy, hydropower, bioenergy, geothermal energy, hydrogen, energy profitability, EROI indicator, traditional energy, rare earth metals, energy storage.

For citation: Sokolov Yu.I. Problems and risks of renewable energy sources // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 28—47, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Основные виды возобновляемых источников энергии
2. Барьеры для зеленой энергетики
3. Петр Капица и EROI против альтернативной энергетики
4. Риски возобновляемых источников энергии
5. Экология чистой энергии
6. Металлы, от которых зависит возобновляемая энергетика
7. Опыт Германии и Китая в создании возобновляемых источников энергии
8. Проблемы с альтернативной энергетикой в России

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время происходит энергетическая трансформация, переход от традиционных источников к возобновляемым, что ставит задачу бесперебойного обеспечения необходимых объемов генерации при одновременном уменьшении стоимости энергии и экологического ущерба от ее использования. При этом замещение источников не должно привести к замедлению экономического роста и к потере накопленного капитала.

В то же время сегодня большинство возобновляемых источников энергии (зеленая или альтернативная энергетика) менее доступны и/или более дорогие, чем ископаемое топливо, их высокие затраты определяются в том числе относительно небольшими значениями энергетической рентабельности, невозможностью постоянного использования и высокой капиталоемкостью.

Энергия является фундаментальным ресурсом экономических систем, и для его поддержания нужен разумный баланс между традиционными и возобновляемыми энергоресурсами [1].

1. Основные виды возобновляемых источников энергии

Ветроэнергетика. Ветроэнергетика преобразует энергию ветра в электрическую с помощью ветрогенератора. Наиболее перспективны для производства энергии прибрежные зоны, потому что скорость ветра в море в среднем на 90% выше, чем на суше. В море, на расстоянии 10–12 км от берега (а иногда и дальше), строятся офшорные ветряные электростанции. Как правило, в год ветряные турбины полностью нагружены от 16 до 57% времени, но в благоприятных морских районах этот показатель может быть и выше.

Ветроэнергетика — абсолютный лидер в общем объеме генерации возобновляемых источников энергии (ВИЭ), если не учитывать гидроэнергетику и ядерную энергетику.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, закупаемой лопастями генератора. Например, датские турбины мощностью 3 МВт (V90) имеют общую высоту 115 м и диаметр лопастей 90 м.

Ветряные генераторы практически не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора

мощностью 1 МВт за 20 лет эксплуатации позволяет сэкономить примерно 29 тыс тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти.

Солнечная энергетика. Этот вид энергетики преобразует электромагнитное солнечное излучение в электрическую или тепловую энергию. К основным преимуществам солнечной энергии можно отнести доступность и неисчерпаемость, а также безопасность для окружающей среды. В то же время солнечная энергетика зависит от погоды и времени суток.

Солнечные электростанции (СЭС) используют энергию Солнца как напрямую (фотоэлектрические СЭС, работающие на явлении внутреннего фотоэффекта), так и косвенно — используя кинетическую энергию пара.

Гидроэнергетика. На ГЭС используется потенциальная энергия водного потока. ГЭС обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища. Себестоимость электроэнергии на ГЭС существенно ниже, чем на всех иных видах электростанций. Генераторы ГЭС можно достаточно быстро включать и выключать в зависимости от уровня потребления энергии.

Строительство ГЭС обычно очень капиталоемкое. Часто эффективные ГЭС значительно удалены от потребителей, что создает дополнительные затраты, связанные с передачей электроэнергии.

Водоохранилища занимают значительные территории, изымаемые из сельскохозяйственного оборота. Плотины зачастую меняют характер рыбного хозяйства, поскольку перекрывают путь к нерестилищам проходным рыбам [6].

Биоэнергетика. Эта отрасль энергетики специализируется на производстве энергии из биотоплива. Биотопливо получают из сырья в результате переработки биологических отходов.

Различают три вида биотоплива: твердое — дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга, торф; жидкое — для двигателей внутреннего сгорания (биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель); газообразное — биогаз, водород, метан.

Геотермальная энергетика. Здесь для производства электроэнергии используется тепловая энергия недр земли. Также эта энергия часто применяется

для отопления и горячего водоснабжения. Такой вид энергии чаще всего используется в вулканических зонах.

Объемы устанавливаемых мощностей. С 2012 г. ежегодно более половины устанавливаемых энергетических мощностей приходится именно на ВИЭ. А в 2019 г. достигнуто рекордное значение: по данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), 75% всех введенных в строй энергетических мощностей пришлось на зеленую энергетику. Новые данные IRENA показывают, что экологически чистые технологии в настоящее время обеспечивают более трети мировой энергии. Это еще один рекорд. Нестабильность нефтяного рынка усиливает конкурентные позиции возобновляемой энергетики, которая привлекает все большее внимание инвесторов¹.

В то же время Международное энергетическое агентство заявило, что рост мощностей, как ожидается, снизится в 2020 г. на 13% по сравнению с рекордными темпами, установленными в 2019 г. Агентство утверждает, что это первое снижение роста возобновляемой энергетики за последние два

десятилетия. Это замедление связано с пандемией COVID-19, которая задержала запуск и финансирование многих проектов. Но оно также отражает сдвиги в политике, которые имели место до начала пандемии. Например, прекращение субсидий зеленых технологий.

2. Барьеры для зеленой энергетики

Капитальные расходы. Наиболее очевидный — затраты, в частности капитальные, первоначальные затраты на строительство и установку солнечных и ветряных электростанций (табл. 1).

Размещение и передача электроэнергии. Ядерная энергия, уголь и природный газ — централизованные источники, то есть нужно относительно небольшое число электростанций высокой мощности. Ветер и солнечная энергия предлагают децентрализованную модель, в которой небольшие генерирующие станции, расположенные на большой территории, работают вместе. Децентрализация предлагает несколько ключевых преимуществ, в том числе устойчивость сети, но она также создает барьеры: это выбор места и передача.

Таблица 1. Капитальные затраты на производство электроэнергии из различных источников [1]

Table 1. Capital costs of power generation from various sources

Источник или энергия	Номинальная мощность предприятия, Мвт	Удельные капитальные затраты, доллар/кВт	Коэффициент использования мощности, %	Удельные капитальные затраты с учетом коэффициента мощности, доллар/кВт
Природный газ: комбинированный цикл	620	917	90	1019
Уголь: пылеугольное топливо	650	3246	90	3607
Гидроэлектростанция: обычная	500	2936	75	3915
Ядерная энергия	2344	5530	90	6144
Ветер: установка на суше	100	2213	25	8852
Ветер: морская установка (офшор)	400	6230	35	17 800
Солнечная: фотоэлектрическая	150	3873	20	19 365

¹ Ист.: URL: «Дивный зеленый мир»: как чистая энергия изменит мировой порядок? <https://tehnowar.ru/174403-divnyj-zelenyj-mir-kak-chistaja-jenergija-izmenit-mirovoj-porjadok.html>

Выбор места означает необходимость переговоров, контрактов, разрешений на землю, которые могут увеличить затраты и задержать проекты.

Под передачей понимаются линии электропередачи и инфраструктура, необходимые для перемещения электричества от места производства к месту потребления. Затраты на передачу для ветра примерно в три раза превышают затраты на передачу электроэнергии от угля или ядерной энергии [4].

Необходимо построить непропорционально больше линий для ветровой и солнечной энергии, поскольку линии электропередачи необходимо масштабировать не до средней мощности, а до максимальной. Выработка энергии от ветра обычно доступна 25—35% времени, от солнца — 10—25%.

Возобновляемая энергетика и установленное вспомогательное оборудование не обладают таким же уровнем контроля над аспектами энергосети — мощностью тока, амплитудой, как электростанции, работающие на ископаемом топливе. Это требует дополнительных затрат.

Доступность. Самая большая проблема с основной возобновляемой энергией — это прерывистость. Энергия ветра вырабатывается только в ветреную погоду, энергия солнца — только в солнечную. Это создает несколько фундаментальных трудностей, одна из которых — необходимость резервирования энергии, что ведет к дополнительным затратам.

После того как в электрическую сеть добавляется даже небольшой процент солнечной энергетики, необходимы батареи, чтобы сгладить перемены в генерации.

Ископаемое топливо хранить относительно недорого, в то время как затраты на хранение электроэнергии огромны. Они включают в себя как стоимость системы хранения, так и потерю энергии в хранилищах.

Проблемы производства и утилизации. После окончания срока использования ветряные турбины, солнечные панели и накопители не исчезают сами по себе, без каких-либо затрат. Переработка не бесплатная. Очень часто затраты энергии на переработку материалов выше, чем при их добыче в первоначальном виде. Эту проблему необходимо учитывать

при анализе реальной стоимости возобновляемых источников энергии.

Процесс производства ветряных турбин кроме массового использования стали, бетона и других промышленных материалов требует значительного количества токсичных тяжелых металлов, таких как неодим и диспрозий для магнитов. Существует также проблема утилизации ветряных турбин, в частности магнитов и массивных лопастей. Проблема утилизации отходов солнечных панелей также стоит остро — в том числе из-за свинца, кадмия, хрома и других токсичных металлов, которые выделяются, если панели ломаются при утилизации².

Нефть была топливом XX в. — она питала автомобили, войны, экономику и геополитику. Сейчас мир находится в эпицентре энергетического шока, который ускоряет переход к новому порядку. COVID-19 ударил по мировой экономике и принес с собой сильнейшие потрясения на рынок энергоресурсов. Спрос на нефть стремительно упал более чем на 20%, хранилища оказались переполнены, нефть хранили в танкерах в открытом море, а цены рухнули до рекордно низких отметок. Еще пару лет назад нефть стоила 86 долларов, а в марте 2020 г. мир увидел невозможное: за нефть стали даже оплачивать покупателям. Получается, что золотой век нефтяных держав закончился. Компании да и целые страны, зависимые от добычи углеводородов, вынуждены бороться за выживание.

Энергетическая система XXI в. будет лучше, чем во времена нефтяной эпохи, — лучше для здоровья человека, более политически устойчивой и менее экономически нестабильной. Но эти тектонические изменения в энергетической системе сопряжены с большими рисками.

Падение нефтяных цен неизбежно приводит к серьезным кризисам. Сейчас на долю нефтяных стран приходится 8% мирового ВВП, а проживают в них почти 900 млн человек. По мере сокращения спроса на нефть они столкнутся с ожесточенной борьбой за долю рынка.

При решительных действиях возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая, могут вырасти с текущей доли в 5% до 25% в 2035 г.

² Истр.: URL: <https://journal.tinkoff.ru/green-energy/>

и почти до 50% к 2050 г.³ Прогнозируется, что использование нефти и угля значительно снизится, хотя более чистый природный газ будет занимать важное место в мировой энергосистеме.

Все вроде бы складывается в пользу развития ВИЭ. Прогресс не остановить, это эволюция, и выживет здесь лишь тот, кто сможет приспособиться к новым условиям, остальные погибнут. И вслед за переходом к чистой энергии очень сильно изменится и геополитическая карта мира.

В то же время не все так однозначно, и, вероятно, «дивный зеленый мир» не наступит завтра. Например, ежегодные инвестиции в ветряные и солнечные электростанции должны составлять около 750 млрд долларов, что в три раза превышает текущий уровень.

С 2000 по 2019 г. число государств, где действуют проекты возобновляемой энергетики, выросло более чем вдвое (до 91 страны), а мощности увеличились в 37 раз. Таким образом, с одной стороны, можно наблюдать все более активное использование ВИЭ и их повсеместную поддержку, а с другой — процессы, говорящие о долговременном сохранении традиционной энергетикой своих позиций.

Большинство ВИЭ не могут давать энергию столь же регулярно, как традиционные: в некоторые периоды ветер не дует, а солнце не светит, реки пересыхают. Поскольку на рынке электроэнергии предложение должно соответствовать спросу, указанная особенность становится проблемой, так как большинство видов возобновляемой энергии не обеспечивает выполнение данного требования.

3. Петр Капица и EROI против альтернативной энергетики

3.1. Петр Капица о бесперспективности альтернативной энергетики

Петр Леонидович Капица — выдающийся советский физик, инженер и инноватор, лауреат Нобелевской премии по физике (1894—1984).

Соображения академика П.Л. Капицы сводятся к следующему: какой бы источник энергии ни рассматривался, его можно охарактеризовать двумя параметрами: плотностью энергии — то есть ее коли-

чеством в единице объема — и скоростью ее передачи (распространения). Произведение этих величин есть максимальная мощность, которую можно получить с единицы поверхности, используя энергию данного вида.

8 октября 1975 г. на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, академик Петр Леонидович Капица, удостоенный тремя годами позже Нобелевской премии по физике, сделал концептуальный доклад, в котором, исходя из базовых физических принципов, по существу заявил о бесперспективности альтернативной энергии, за исключением управляемого термоядерного синтеза.

Основным аргументом, который использовал П. Капица в своем докладе о возможностях альтернативной энергетики, был отнюдь не экономический подход, но соображения физического характера. Главным его возражением против безудержного увлечения модными уже тогда, сорок лет назад, концепциями «бесплатной и экологически чистой альтернативной энергетики» было очевидное ограничение, которое не разрешено и по сей день: ни один из альтернативных источников энергии, будь то солнечные батареи, ветряные электростанции или же водородные топливные элементы, так и не достиг плотностей энергии и мощности, которые обеспечиваются таким ископаемым топливом, как уголь, нефть и газ, или же атомной энергетикой [2].

Физический характер — вне зависимости от государственного строя или выбранной в стране идеологии любой экономике приходится в той или иной степени базироваться именно на физических законах окружающего нас мира. Усилия ученых или инженеров могут достаточно близко приблизить нас к теоретическому физическому пределу той или иной технологии, но, увы, абсолютно бесполезны в попытке перепрыгнуть через такого рода ограничитель.

Так, например, лимитирующей константой для солнечной энергетики является так называемая солнечная постоянная, которая составляет 1367 Вт на квадратный метр на орбите нашей Земли. К сожалению, этот «орбитальный киловатт» совершенно недоступен для нас, обитающих на земной поверхности. На количестве достигающей поверхности Земли солнечной энергии сказывается масса факто-

³ Ист.: URL: <https://cont.ws/@id182936123/1799340>

ров: погода, общая прозрачность атмосферы, облака и туман, высота Солнца над горизонтом. Но что самое главное — вращение нашей планеты вокруг своей оси, которое сразу же уменьшает доступную энергию солнечной постоянной практически вдвое: ночью Солнце находится ниже линии горизонта. В итоге нам, жителям Земли, приходится довольствоваться максимум десятой частью орбитальной солнечной постоянной.

Как отмечал П. Капица, на уровне моря, с учетом потерь в атмосфере, реально человек может использовать поток в 100—200 Вт/м². Чтобы покрыть только бытовые потребности одного современного домохозяйства, нужен преобразователь площадью не менее 40—50 м². А для того, чтобы заменить солнечной энергией источники ископаемого топлива, нужно построить вдоль всей сухопутной части экватора сплошную полосу солнечных батарей шириной 50—60 км. Совершенно очевидно, что подобный проект в обозримом будущем не может быть реализован ни по техническим, ни по финансовым, ни по политическим причинам.

Так, последовательно оценивая ветровую, геотермальную, волновую энергетику и гидроэнергетику, П. Капица доказывал, что все эти на взгляд дилетанта вполне перспективные источники никогда не смогут составить серьезную конкуренцию ископаемому топливу. Наибольшие надежды Петр Капица связывал с термоядерной энергетикой. Однако за прошедшие годы, несмотря на гигантские усилия ученых разных стран, проблема управляемого термояда не только не была решена, но со временем понимание сложности проблемы, скорее, только выросло.

3.2. Оценка энергетической рентабельности традиционной и альтернативной энергетики через показатель EROI

Углеводороды являются главным источником энергии, и без них наша цивилизация не сформировалась бы в нынешнем виде. Чтобы определить эффективность извлечения энергии из углеводородов и других источников, выведен единый коэффициент — EROI.

EROI (*energy return on investment* — соотношение полученной энергии к затраченной, энергетическая рентабельность) в физике, экономической и эко-

логической энергетике — отношение количества пригодной к использованию (полезной) энергии, полученной из определенного источника энергии (ресурса), к количеству энергии, затраченной на получение этого энергетического ресурса. Если для некоторого ресурса показатель EROI меньше или равен единице, то такой ресурс превращается в «поглотитель» энергии и больше не может быть использован как первичный источник энергии⁴.

С помощью EROI можно наиболее точно оценить перспективы источника энергии в отличие от чисто теоретического КПД или скачущей от страны к стране цене 1 кВт/ч. Например, EROI 20:1 для некоего вида топлива значит, что с каждого затраченного кВт/ч можно выработать 20 кВт/ч.

Методологическим анализом исследователи определили энергетический порог EROI. EROI должен быть не меньше 8, чтобы наша цивилизация не начала деградировать из-за нехватки энергии и ресурсов. Энергетическая рентабельность различных видов топлива отражена в табл. 2.

Таблица 2. Энергетическая рентабельность (EROI) различных видов топлива [1]

Table 2. Energy profitability (EROI) of various fuels

Источник энергии	EROI
Нефть (мировое производство)	35
Природный газ	10
Уголь	80
Сланцевая нефть	5
Ядерная	5—15
Гидроэнергетика	>100
Ветер	18
Фотоэлектрические элементы	6,8
Этанол (сахарный тростник)	0,8—10
Этанол (на основе кукурузы)	0,8—1,6
Биодизель	1,3

⁴ Ист.: URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764>

К *традиционным* относятся уголь, газ, нефть, гидроэнергетика и атомная энергетика.

Угольные электростанции энергетически окупаются за два месяца. То есть это сумма тепловой и электрической энергии, которая вырабатывает электростанция, эта энергия не всегда может быть полезно использована человеком. EROI составляет 30 единиц⁵.

По сути это значит, что за жизненный цикл тепловой угольной электростанции, единожды построенной с затратами на ее работу, ремонт, модернизацию в течение 50 лет, включая добычу и поставку угля и вывод ее из эксплуатации, вырабатывается столько полезной энергии, сколько хватит на строительство еще 30 угольных ТЭЦ.

Газовая ТЭЦ энергетически окупается за 9 дней! Теплота сгорания природного газа в 1,5 раза больше теплоты сгорания угля. Такой маленький срок энергетической окупаемости связан с общим производством тепловой и электрической энергии. EROI составляет 28 единиц. Срок «жизни» газовых ТЭЦ составляет 35 лет, с учетом аналогичных с угольной ТЭЦ затрат. Следовательно, в течение жизненного цикла газовая ТЭЦ производит столько полезной энергии, сколько хватит для строительства и запуска еще 28 газовых ТЭЦ.

Гидроэнергетические станции — традиционные возобновляемые источники энергии. Это уникальные, мощные сооружения со сроком эксплуатации 100 лет. Срок энергетической окупаемости составляет 2 года, а EROI — 50 единиц. Этот вид электростанций — экологически чистый и мощный источник возобновляемой энергии.

Современные атомные электростанции, исправно работая, не выбрасывают загрязняющих веществ в атмосферу. Типовая атомная станция энергетически окупается за два месяца. При сроке эксплуатации в 60 лет ее EROI составляет 75.

Атомная станция замкнутого топливного цикла — дальнейшая эволюция в использовании атомной энергии. Ранее отработанное топливо, которое хранили в ядерных могильниках, теперь возможно переработать и снова использовать в атомных ре-

акторах. Таким образом, при замкнутом топливном цикле EROI атомной станции будет 105. А в атомных реакторах на быстрых нейтронах в замкнутом топливном цикле EROI достигнет 150 и более единиц. Таким образом, традиционная энергетика имеет высокий EROI.

EROI зеленой (альтернативной) энергии — вот где пока все действительно не очень весело. Проблема возобновляемых источников энергии заключается в их жесткой привязанности к местности. Солнечные станции лучше работают недалеко от экватора, ветряные — на морском побережье, геотермальные — в зонах вулканической активности. При этом выработка на солнечных панелях прекращается ночью и сильно снижается зимой, ветряки отключают на период миграции птиц, а геотермальные станции хоть и эффективны, но их мощность чрезвычайно мала.

В теории ветряная энергия может быть очень дешевой и малозатратной в плане освоения, но пока один из самых лучших немецких морских (офшорных) комплексов при установленной мощности 200 МВт дает EROI равным 16. И хотя на ветер приходится более 21% немецкой выработки, отрасль пребывает в стагнации — темп строительства новых ветряков за год упал на 80%, а мощность строящихся станций в 26 раз ниже теоретического годового прироста, который считается необходимым для стабильного замещения ископаемого топлива энергией ветра.

Физика, экономика энергии и просто реалии жизни дают понять, что в обозримом будущем места для «новой энергетической экономики» нет. В недавнем отчете Манхэттенского института «Новая энергетическая экономика: упражнение в магическом мышлении» приводится ряд доказательств этой точки зрения.

1. Углеводороды обеспечивают более 80% мировой энергии.

2. Солнце и ветер сегодня обеспечивают менее 2% объемов мировой энергии.

3. Когда 4 млрд бедных людей в мире увеличат потребление энергии до одной трети европейского уровня на душу населения, мировой спрос вырастет на величину, которая будет вдвое больше общего объема потребления Америки.

⁵ Ист.: URL: <https://zen.yandex.ru/media/dbk/kakova-effektivnost-tradicionnoi-energetiki-5ddcfc6c428f7920c2de1c>

4. К 2040 г. увеличение в 100 раз количества электромобилей до 400 млн приведет к снижению мирового спроса на нефть лишь на 5%.

5. Чтобы заменить производство электроэнергии на основе углеводородов в США в течение следующих 30 лет, нужна будет программа строительства, которая позволит создать энергосистему в 14 раз быстрее, чем когда-либо в истории.

6. В целях безопасности и надежности в хранилищах страны должны оставаться запасы углеводородов, которые могли бы обеспечивать необходимые потребности страны в течение 2 месяцев. Сегодня все батареи общего назначения и аккумуляторы 1 млн электромобилей в США способны обеспечить только 2 часа национального спроса на электроэнергию.

7. За 30 лет установки по выработке солнечной или ветровой энергии на сумму 1 млн долларов дают 40 млн и 55 млн кВт/ч соответственно. Скважины той же стоимостью, производящие сланцевую добычу нефти и газа, вырабатывают объем природного газа, способного дать 300 млн кВт/ч за 30 лет.

8. Строительство одной скважины на нефтяном или газовом месторождении или двух ветряных турбин стоит примерно одинаково: последние производят 0,7 баррелей нефти в час (эквивалентность энергии), скважина на месторождении сланцевого газа добывает 10 баррелей нефти в час.

9. Хранение барреля нефти или его эквивалента в природном газе обходится менее чем в полдоллара, а хранение эквивалентной энергии барреля нефти в батареях обходится в 200 долларов.

10. Для создания аккумуляторов потребуется перерабатывать намного больше гигатонн земли, чтобы получить доступ к литию, меди, никелю, графиту, редкоземельным элементам, кобальту и т. д., и использовать миллионы тонн нефти и угля для добычи и для производства металла и бетона⁶.

4. Риски возобновляемых источников энергии

Если мир не проявит осторожность, возобновляемые источники энергии могут стать столь же разрушительными, как ископаемое топливо. Для человека, который считает, что электричество берется из розетки, не существует разницы между электричеством, полученным на ГЭС, на ТЭЦ или на ВИЭ. Но с инженерной, технической и экономической точки зрения разница между этими видами генерации — беспредельно огромная. А солнечная батарея дает ток в полдень, в то время как потребителю надо зажечь лампочки в доме с приходом темноты [5].

В силу этого ВИЭ сталкиваются с проблемой аккумуляции или же поддерживающих мощностей, которые должны замещать неустойчивую генерацию ВИЭ в момент неизбежных провалов. Аккумулирующие мощности отнюдь не бесплатны, и их создание и расходы на эксплуатацию надо учитывать в стоимости энергии, получаемой с ВИЭ. В противном же случае, если энергетическая программа развития не учитывает аккумулярующие мощности, их надо замещать поддерживающей генерацией. В случае Германии это природный газ (кстати, в основном российского происхождения) и местный бурый уголь.

Уголь даже в Европе не собирается сдавать позиции как раз из-за высокого EROI порядка 30:1.

Теоретический вариант полного отказа человечества от ископаемого топлива потребует порядка 50 трлн долларов инвестиций за 10 лет, заявил глава Роснефти Игорь Сечин, выступая в рамках XIII Евразийского экономического форума в октябре 2020 г. «Достижение цели по нулевым чистым выбросам, по оценке МЭА, в ближайшие 10 лет потребует не менее 28 трлн долларов инвестиций, а теоретический вариант полного отказа человечества от ископаемых топлив потребует порядка 50 трлн долларов инвестиций за этот же период, что втрое превышает годовой ВВП ЕС», — сказал он. По его словам, при отказе от использования традиционного ископаемого топлива не нужно заботиться о возможном дефиците металлов, необходимых для производства оборудования и, напри-

⁶ Ист.: URL: <https://zen.yandex.ru/media/dbk/kakova-effektivnost-tradicionnoi-energetiki-5ddcfac6c428f7920c2de1c>

мер, аккумуляторов для хранения энергии, произведенной на солнечных и ветровых станциях.

Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность, заявил президент России Владимир Путин, выступая на пленарной сессии дискуссионного клуба «Валдай» 22 октября 2020 г. И это мнение подкреплено европейским опытом последних лет.

Вряд ли президент нашей страны всерьез надеется словесными интервенциями победить мощную «зеленую волну», которая вроде как накрывает весь мир. Вероятно, за этими словами стоит более глубокое понимание ситуации, складывающейся в мировом ТЭКе.

Европейский союз в конце прошлого года объявил о намерениях стать климатически нейтральным к 2050 г. В широком смысле это заявление трактуется как план отказа от углеводородного сырья. Подобные заявления сделало и руководство Японии. Но на текущем уровне развития технологий достичь «климатической нейтральности», мягко говоря, проблематично. Если, конечно, говорить о реальном отказе от нефти, газа и угля, а не об очередной системе торговли квотами.

Рост доли возобновляемых источников энергии в глобальном энергобалансе — это крайне политизированное явление, сопровождающееся массой споров о перспективах мировой энергетики.

Во-первых, потому что развитие ВИЭ — вопрос не просто денег, а очень больших денег.

Во-вторых, развитие возобновляемой генерации создает риски для потребителей. Особенно для крупных. Один из этих рисков связан с прерывистым, непостоянным характером возобновляемой генерации, под которой последние годы понимаются в основном солнечные и ветровые электростанции. По какой-то странной причине солнце светит только когда светло, а электричество людям необходимо и в темное время суток. Ветер тоже не подчиняется нашей воле, поэтому он дует произвольно, а не когда это нужно потребителям.

Столь удручающее непостоянство приводит к тому, что коэффициенты использования установленной мощности ВИЭ-электростанций кратно

ниже, чем у традиционных электростанций даже в энергосистемах, где возобновляемые имеют приоритетный доступ к сетям.

Казалось бы, в чем проблема: постройте кратно больше ветровых и солнечных электростанций. Но тут мы приходим к сложности, с которой уже столкнулась Европа: сначала солнечными и ветровыми электростанциями застраиваются наиболее эффективные площади, но чем дальше, тем меньше отдачи вы получаете от новых электростанций. Сейчас эта проблема решается освоением водоемов. К примеру, в ЕС массово строятся прибрежные ветроэлектростанции. Но и этот путь ведет в тот же тупик.

Зима 2021 г. нанесла сильный удар по позициям сторонников идеи «зеленого поворота», которые еще недавно утверждали, что совсем скоро человечество сможет отказаться от использования углеродных ресурсов и перейти к снабжению только за счет возобновляемых и альтернативных источников энергии. Европу завалило снегом, и замерзли даже голландские каналы, которые мы такими видели только на картинах малых голландцев XVI в. А тут еще Гольфстрим ослабевает, что может означать изменение климата в Европе: усиление жары и уменьшение количества осадков летом и учащение зимних экстремальных погодных явлений, связанных с приходом на континент атлантических штормов⁷.

В Германии 30 тыс. ветротурбин вместо выработки электричества перешли в режим собственного обогрева, и для возвращения к нормальной жизни населения пришлось задействовать угольные станции, которые были загружены на 100% расчетной мощности. Вертолеты, поднятые по тревоге, поливали антиобледенительной смесью лопасти ветряных электрогенераторов.

В северной Швеции, которую многие считают примером по внедрению альтернативной энергетики, для бесперебойного обеспечения населения электричеством пришлось запустить мазутные электрогенераторы.

Замерзающий Техас показал ненадежность «зеленой» энергии: ветряки просто стали замерзать и вставать наглухо. В Техасе более 30 человек поги-

⁷ Ист.: URL: <https://ria.ru/20210225/golfstrim-1598932547.html>

бли и более 4 млн остались без электричества из-за резкого похолодания, осложнившего работу генерирующих предприятий, а также вызвавшего рост нагрузки на электросеть. Электричество оптом подорожало в 35 раз за 48 часов.

Оказывается, что в эпоху глобального потепления зеленая энергетика замерзает на ходу и без помощи «грязных машин на нефти» не работает⁸.

В Германии сообщают, что на фоне сильных морозов вклад солнечной и ветряной генерации упал практически до нуля. А Германия в последнее время претендовала на звание мировой столицы ветра и солнца. Страну спасают «грязные» угольные электростанции, против которых выступает немецкая политика.

Миллионы солнечных панелей покрылись льдом и снегом, а 30 тыс. ветротурбин практически в одночасье перестали вырабатывать электроэнергию и работали только на самообеспечение, подогревая внутренние механизмы для предотвращения обледенения агрегатов⁹.

Суровая зима этого года может внести коррективы в планы многих стран по переходу на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В условиях сильнейших холодов доля генерации на ВИЭ резко сократилась.

В энергобалансе Германии на долю ВИЭ пришлось около половины генерации. Зимой 2021 г. она сократилась до 20%, причем часть этой энергии используется для обогрева ветряков. Сами по себе природные явления могут нанести урон и обнулить выработку энергии от ВИЭ.

Задача ближайших лет будет заключаться в том, чтобы найти правильный баланс между различными источниками энергии и обеспечить надежные потоки энергии, когда солнце не светит, а ветер не дует.

По сути, сейчас ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Сторонники полного перехода на ВИЭ обычно в та-

ких ситуациях обещают скорые прорывы в области накопителей электроэнергии. Обещания звучат на протяжении многих лет, но прорывов все нет.

ЕС принял концепцию водородной энергетики, которую он представил летом 2020 г. Ее суть при максимально возможном упрощении без потери смысла заключается в том, чтобы направить избыточные мощности ВИЭ-генерации на производство водорода из воды. Водород становится и средством накопления энергии, и энергоносителем, играющим самостоятельную роль на рынке. Достаточно показательны цели Германии: она планирует к 2030 г. производить из 20 ТВт/ч зеленой электроэнергии не менее 14 ТВт/ч «зеленого» водорода (довольно скромный объем).

В октябре 2020 г. Правительство РФ утвердило план мероприятий по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г. В число задач программы входят увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту.

К основным достоинствам водородных топливных элементов относятся их высокий КПД, достигающий 50 и даже 70. Кроме того, топливные элементы легче и меньше аккумуляторов аналогичной мощности, что делает привлекательным их использование на транспорте. Но высокий КПД достигим лишь при использовании в качестве топлива чистого водорода, производство которого также требует энергозатрат. В результате конечный КПД энергетического цикла снижается до 22. Для сравнения, КПД электромобиля с обычными литиевыми аккумуляторами составил 73%.

Главным недостатком топливных элементов называют их относительную дороговизну: для их изготовления необходимы сложные технологические операции и дорогостоящие катализаторы (главным образом металлы платиновой группы)¹⁰.

5. Экология чистой энергии

В последние месяцы вновь разгорелась дискуссия об изменении климата. Под влиянием школьных климатических забастовок и социальных движений,

⁸ Ист.: URL: <https://yandex.ru/turbo/vz.ru/s/opinions/2021/2/24/1085658.html>

⁹ Ист.: URL: <https://newizv.ru/news/economy/15-02-2021/oproverzhenie-feyka-zelenaya-energetika-evropy-otnyud-ne-upalado-nulya>

¹⁰ Ист.: URL: https://www.ng.ru/energy/2020-11-09/12_8009_russia.html

таких как «Восстание против вымирания», ряд правительств объявили чрезвычайную климатическую ситуацию, и прогрессивные политические партии наконец-то планируют быстрый переход к экологически чистой энергии под знаменем «зеленого нового курса».

Словосочетание «чистая энергия» обычно вызывает в воображении светлые, чистые образы теплого солнца и свежего ветра. Но если солнечный свет и ветер очевидно чисты, то инфраструктура, нужная для их использования, нет. Переход на возобновляемые источники энергии требует резкого увеличения добычи металлов и редкоземельных минералов с реальными экологическими и социальными издержками.

В 2017 г. Всемирный банк выпустил отчет, в котором впервые был представлен всесторонний взгляд на этот вопрос. Он моделирует увеличение добычи материалов, которое потребуется для строительства потребного количества солнечных и ветровых электростанций, чтобы к 2050 г., производить около 7 тераватт электроэнергии в год. Этого достаточно, чтобы обеспечить электроэнергией примерно половину мировой экономики. Удвоив показатели Всемирного банка, мы можем оценить, что потребуется для того, чтобы полностью сократить выбросы до нуля, и результаты ошеломляют: 34 млн метрических тонн меди, 40 млн тонн свинца, 50 млн тонн цинка, 162 млн тонн алюминия и не менее 4,8 млрд тонн железа¹¹.

В некоторых случаях переход на возобновляемые источники энергии потребует значительного увеличения существующих уровней добычи. Для неодима — важнейшего элемента ветряных турбин — добыча должна возрасти почти на 35% по сравнению с нынешними уровнями. Максимальные оценки, представленные Всемирным банком, предполагают, что она может удвоиться.

То же самое относится и к серебру, которое имеет решающее значение для солнечных батарей. Добыча серебра вырастет на 38%, а возможно, и на 105%. Спрос на индий, также необходимый для солнечной технологии, увеличится более чем в три раза, но может резко вырасти на 920%.

И затем есть еще все эти батареи, которые нам понадобятся для хранения энергии. Чтобы поддерживать подачу энергии, когда солнце не светит, а ветер не дует, потребуются огромные батареи на уровне сети. Это означает 40 млн тонн лития, увеличение добычи на ошеломляющие 2700% по сравнению с нынешним уровнем.

Это только электроэнергия. Нам также надо подумать о транспортных средствах. В этом году группа ведущих британских ученых направила письмо в Комитет по изменению климата Великобритании с изложением своей озабоченности по поводу экологического воздействия электромобилей. Конечно, они согласны с тем, что нам необходимо прекратить продажу и использование двигателей внутреннего сгорания. Но они отметили, что, если привычки потребления не изменятся, замена прогнозируемого в мире парка из 2 млрд автомобилей потребует взрывного увеличения добычи: глобальная ежегодная добыча неодима и диспрозия вырастет еще на 70%, ежегодная добыча меди — более чем в два раза, а добыча кобальта должна будет увеличиться почти в четыре раза — и это для всего периода с настоящего времени до 2050 г.

Вопрос не в том, что у нас кончатся основные полезные ископаемые, хотя это действительно может стать проблемой. Реальная проблема заключается в том, что усугубится уже существующий кризис чрезмерной добычи. Добыча полезных ископаемых стала одним из главных факторов обезлесения, разрушения экосистем и утраты биоразнообразия во всем мире. По оценкам экологов, даже при нынешних темпах глобального использования материалов мы превышаем «устойчивые уровни» на 82%.

Литий — еще одна экологическая катастрофа. Для производства одной тонны лития требуется 500 тыс. галлонов воды. Даже на нынешних уровнях добычи это вызывает проблемы. В Андах, где находится большая часть лития в мире, горнодобывающие компании используют все грунтовые воды и не оставляют фермерам ничего для орошения своих культур. У многих из них не было иного выбора, кроме как полностью отказаться от своей земли. Тем временем химические утечки из литиевых шахт отравили реки от Чили до Аргентины, Невады и Тибета, уничтожив целые пресноводные экосистемы. А литиевый бум едва начался.

¹¹ Ист.: URL: <https://dp73.spb.ru/news-74596-gryaznaya-storona-chistoj-energii.htm>

И все это только для того, чтобы обеспечивать энергией существующую мировую экономику. Ситуация становится еще более экстремальной, когда мы начинаем учитывать рост. Поскольку спрос на энергию продолжает расти, добыча материалов для возобновляемых источников энергии становится все более агрессивной — и чем выше темпы ее роста, тем мрачнее перспективы.

Важно помнить, что большинство ключевых материалов для перехода энергии находятся на глобальном «Юге». Части Латинской Америки, Африки и Азии, вероятно, станут ареной новой борьбы за ресурсы, а некоторые страны могут стать жертвами новых форм колонизации. Это произошло в XVII и XVIII вв. с охотой на золото и серебро из Южной Америки. В XIX в. это была земля для хлопковых и сахарных плантаций на Карибах. В XX в. это были алмазы из Южной Африки, кобальт из Конго и нефть с Ближнего Востока. Нетрудно представить, что борьба за возобновляемые источники энергии может привести к такому же насилию.

Некоторые надеются, что ядерная энергетика поможет нам обойти эти проблемы, и, безусловно, она должна быть частью решения. Но ядерная энергетика имеет свои ограничения. С одной стороны, для строительства и запуска новых электростанций требуется так много времени, что они могут сыграть лишь небольшую роль в достижении нулевых выбросов к середине столетия.

6. Металлы, от которых зависит возобновляемая энергетика

Чтобы производить больше солнечных батарей, ветровых турбин и аккумуляторов для электромобилей, человечеству потребуется больше специфических ресурсов.

Например, неодим, редкоземельный металл сербристого цвета, используется для создания мощных магнитов для ветряков и двигателей электромобилей. Вопреки названию, этот металл не так уж и редок, однако 85% его мировых поставок контролирует Китай. В других странах есть несколько шахт по добыче неодима, но даже отсюда его зачастую отправляют на переработку в Поднебесную. По мнению ученых, чтобы сделать поставки этого

металла устойчивыми, необходимо вложиться в новые проекты по разведке месторождений.

Немного иначе выглядит ситуация с медью. Этот металл широко распространен, но люди в основном продолжают эксплуатировать месторождения, открытые еще в XIX в. Поиск новых неглубоких залежей и получение разрешений на добычу отнимает у компаний годы. А ведь медные проводники — основа почти всех ВИЭ.

Одним из ключевых элементов чистой энергетики считаются накопители энергии, которые позволят обеспечить бесперебойное снабжение электричеством, когда не дует ветер и не светит солнце. Для их производства необходимы литий и кобальт.

Ключевыми производителями лития сегодня остаются Австралия и страны Южной Америки.

Вот поставки кобальта из Демократической Республики Конго, скорее всего, заменить не удастся. В прошлом году из этой бедной африканской страны поступило 70% мирового кобальта.

На долю КНР приходилось 86% мирового производства редкоземельных минералов (РЗМ).

Как и в случае всей горной промышленности, добыча редкоземельных металлов оказывает воздействие на окружающую среду, включая изменения ландшафтов, почв и местного гидрографического режима. Воздействия различаются в зависимости от типа депозита. Экологическая специфика извлечения редкоземельных элементов по сравнению с другими металлами обусловлена присутствием в так называемых каменных отложениях тория и урана, которые могут вызвать радиоактивное загрязнение.

Страны Евросоюза достигли единого соглашения о развитии возобновляемых источников энергии. В декабре 2017 г. они подписали директиву о намерении довести к 2030 г. долю энергии, получаемой из возобновляемых источников, до уровня 27% от общего объема потребления.

В отличие от своих европейских коллег, президент США объявил о выходе Соединенных Штатов из Парижского соглашения по климату и полностью прекратил поддержку возобновляемых источников энергии.

Число сторонников позиции президента США в мире довольно велико, и тому есть немало объяс-

нений. Во-первых, в связи с переходом на альтернативную энергетику остро встает вопрос обеспечения стран-производителей необходимым для этого сырьем. Европейские государства практически не имеют собственных месторождений редкоземельных элементов (РЗМ), необходимых для функционирования ветрогенераторов и солнечных батарей, и испытывают в них острую потребность. Этот рынок сегодня практически монополизировал Китай. Не исключено, что уже в среднесрочной перспективе стихшие в последнее время разговоры об энергозависимости Европы от России сменят свой вектор. И исполнительным органам управления в Евросоюзе придется думать прежде всего о том, как снизить зависимость от импорта китайских редкоземельных металлов, которая резко возросла именно благодаря бурному развитию зеленой энергетики.

Во-вторых, использование установок, генерирующих альтернативную энергию, также ведет к многочисленным экологическим проблемам. Таким как гибель почв, растительности и фауны. Правда, возникают они по большей части не там, где работают ВИЭ, а на тех территориях, где добываются необходимые для этого редкоземельные металлы.

Производство РЗМ небезопасно для экологии. Оно сопряжено с потреблением огромного количества воды и электрической энергии. Кроме того, по подсчетам экспертов, ежегодно добывающие предприятия Северного Китая сбрасывают без очистки около 10 млн тонн высоко кислотных и радиоактивных вод, а получение 1 тонны концентрата РЗМ ведет к образованию примерно такого же количества радиоактивных отходов¹².

Существенные объемы драгметалла содержатся в крупных серебряно-цинковых аккумуляторах, которые способны отдавать в нагрузку большие токи. Однако такие аккумуляторы применяются в основном в космической, авиационной и военной промышленности, где проблематично организовать сбор отработавших элементов для переработки. Когда взрывается американская крылатая ракета «Томагавк», в воздухе рассеивается 16 кг серебра.

¹² Ист.: URL: <https://forpost-sz.ru/a/2017-12-27/mify-zelyonoyehnergetiki>

Солнечные батареи считаются источниками зеленой энергии. Однако на темное время для запасаения энергии они используют аккумуляторы, содержащие литий и кобальт, которые до сих пор не умеют безотходно перерабатывать.

Литий — наиболее легкий металл, третий элемент таблицы Менделеева, используемый в производстве всех аккумуляторных батарей для современных мобильных телефонов, портативных компьютеров и электромобилей. При неправильной эксплуатации литий, содержащийся в аккумуляторах, может попасть в атмосферу, а также самопроизвольно вступить в реакцию с кислородом в воздухе и воспламениться.

Вопрос переработки с последующим использованием лития стоит довольно остро: если в 2011 г., по данным Геологической службы США, на источники тока расходовалось 27% добытого лития (при этом на первом месте было производство керамики и стекла — 29%), то в 2017 г. на производство батарей и аккумуляторов ушло уже 46% всего металла. С ростом индустрии электромобилей эти показатели продолжают расти¹³.

Кобальта на планете меньше — около 7 млн тонн, а добывать его сложнее: он почти не разрабатывается в чистом виде, а все месторождения содержат его в виде примесей к меди, никелю, мышьяку или серебру. На сегодняшний день 63% этого металла добывается в Демократической Республике Конго.

По данным Международного энергетического агентства, к 2040 г. число электромобилей в мире вырастет примерно до 40 млн. Если учитывать, что на один аккумулятор для электромобиля уходит около 20 кг кобальта, то лишь на эту сферу уйдет 800 000 тонн металла. Сколько будет произведено к этому времени смартфонов и другой вычислительной техники, даже приблизительно трудно предсказать.

По прогнозам, к 2050 г. для производства солнечных панелей и ветрогенераторов потребуется в 12 раз больше индия, чем добывается во всем мире сегодня. Добыча и производство неодима должны будут вырасти более чем в 7 раз, а серебра — почти в 3 раза. И это — только для сферы возобновляемых

¹³ Ист.: URL: <https://burneft.ru/main/news/21744>

источников энергии. В то же время такие материалы широко применяются и в **других отраслях**, что означает необходимость значительного увеличения темпов добычи.

В солнечной энергетике основные экологические риски связаны с использованием большого количества токсичных и взрывных компонентов при изготовлении солнечных батарей. В частности, солнечные батареи содержат теллурид кадмия CdTe, сульфид кадмия CdS, арсенид галлия GaAs, а в процессе производства используется фтор, создающий ряд токсичных соединений. Это создает проблемы сначала на стадии производства, а затем на стадии утилизации батарей, отработавших свой ресурс. Эта проблема также неизбежно будет нарастать со временем. Другая проблема производства солнечных батарей — большие объемы потребления воды [7].

7. Опыт Германии и Китая в создании возобновляемых источников энергии

Германия в этом плане — крайне показательная страна, так как она обладает крупнейшим парком ВИЭ-электростанций в Европе. И по удивительному совпадению она регулярно занимает первое место по цене электричества для населения, а также находится в числе мировых лидеров по стоимости электричества для промышленности. В холодной России, основу энергетики которой составляют углеводороды, средняя цена 1 кВт/ч для населения — чуть выше 3 руб. В куда более теплой Германии, лидирующей по развитию возобновляемых источников энергии, электричество стоит в 6 раз дороже.

При этом к 2038 г. немцы собираются полностью отказаться от угольной генерации. Примечательно здесь то, что с началом закрытия угольных электростанций Германия стала наращивать долю газовой генерации. Иначе сбалансировать растущую долю ВИЭ практически невозможно.

Общественно одобряемым поведением считается полная поддержка ВИЭ. И о деньгах при этом говорить не принято. Принято говорить про экологию. Чистая окружающая среда — это прекрасно. Но не стоит забывать, что даже полный переход на ВИЭ, если бы он был возможен при текущем уровне развития технологий, не привел бы к полному отка-

зу от углеводородов, так как из них состоит значительная часть оборудования на ВИЭ-электростанциях [5].

Что касается экологии, то радикальное «озеленение» — это не единственный и не самый эффективный путь. Так, крупнейшим в мире инвестором в возобновляемую генерацию является Китай. Но он сочетает развитие солнечных и ветровых электростанций с глубокой модернизацией традиционных. Ведь зачем закрывать угольные блоки, если можно снизить уровень выбросов. И если уж от углеводородов в реальности не уйти (как топлива для резервных мощностей, так и в качестве сырья для производства пластика), то стоит ли создавать перекосы в энергобалансе? Или можно вкладывать деньги в снижение выбросов?

Кстати, наша страна сейчас идет по китайскому пути — мы модернизируем электростанции и крупные перерабатывающие предприятия, о чем также напомнил Владимир Путин в рамках «Валдая».

А Евросоюз рискует остаться с дорогим электричеством и перекосами в энергобалансе. Впрочем, судя по упорству Германии, стремящейся достроить новую газовую магистраль из России, «зеленые» риски часть европейцев все же осознает.

В самих солнечных и ветровых электростанциях нет ничего плохого. В некоторых случаях они весьма эффективны. Просто не нужно допускать перекосов и «зеленого» радикализма.

Уголь, который сейчас кажется жутко архаичным и невероятно грязным видом топлива, даже в Европе не собирается сдавать позиции как раз из-за высокого EROI порядка 30:1. Удивительно, но европейским рекордсменом по объемам потребления угля является Германия. 61% закупаемого антрацита и 93% бурого угля в Европе идут именно на выработку электричества. При этом именно в Германии в прошлом году объем «зеленой» выработки превысил выработку от ископаемых источников¹⁴.

В Германии почти 30 тыс. ветряных турбин, больше, чем где бы то ни было в Европе. Их больше только в Китае и США, гораздо более обширных странах. Германия получает 23,5% своей электроэнергии от ветра в этом году; это самый большой

¹⁴ Ист.: URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764/>

источник возобновляемой энергии для страны. Но в первой половине 2019 г. было добавлено только 35 ветряных турбин — падение на 82% по сравнению с первыми шестью месяцами 2018 г. Прошлый год тоже был плохим: было добавлено всего 743 турбины по сравнению с 1792 в 2017 г.

Это происходит потому, что становится все труднее получить разрешение на возведение башен турбин. Местные противники ветропарков часто идут в суд, чтобы остановить новое строительство или даже демонтировать существующие башни.

В конце 2019 г. в Германии свою работу завершила Комиссия по отказу от угольной генерации, представив правительству планы и рекомендации по прекращению работы угольных электростанций к 2038 г. Сейчас в стране насчитывается 84 угольные станции, которые вынуждены сглаживать отказ от атомной генерации, — к 2022 г. Германия собирается закрыть все свои АЭС, хотя еще в 2000-х гг. на атомную энергию приходилась четверть генерации по стране.

Если уголь — очень грязное топливо, то природный газ гораздо экологичнее, и именно он считается наиболее перспективным ископаемым топливом для электростанций будущего. Причем его EROI в странах-импортерах составляет 20—30:1, а в газодобывающей России — не ниже 75:1, что делает газ привлекательным и востребованным. В большей степени, чем где бы то ни было, — в Германии, где отказ от угля и АЭС нужно срочно чем-то компенсировать и где одни альтернативные источники энергии на это неспособны.

В принципе водород может стать основой энергетики. Например, немногие пока знают о серьезном прогрессе топливных элементов, в которых можно применять водород. У них теоретический КПД 100, пока реально 50, но и это намного выше, чем в любой тепловой машине. Развитие таких источников энергии позволяет говорить о водороде как о топливе будущего.

Правда, у водорода есть недостаток. Он легкий, а потому его сложно транспортировать. Но и здесь ученые уже нашли решение. Предлагается «загонять» водород вместе с природным газом в обычный газопровод, что позволит их передавать в любую точку, а на месте разделять.

Водородная программа потянет почти на 200—450 млрд евро. Но правительства считают, что климат того стоит. По мнению европейцев, Россия могла бы включиться в программу, поставив водород в Старый Свет. Тем более что у нее есть многолетний опыт поставок топлива в Европу и соответствующая инфраструктура¹⁵.

Программа декарбонизации Китая может обойтись стране в 5 трлн долларов. На данный момент это самый амбициозный план отказа от углеродных и углеводородных источников энергии в мире, превосходящий по своей масштабности даже «Европейский зеленый курс». В основе плана стоит увеличение производства энергии из возобновляемых источников в 11 раз, но в отличие от аналогичных идей, набирающих популярность в Европе и США, Китай намерен сделать ставку еще и на атомную энергетику.

На данный момент топливно-энергетический комплекс Китая основан на углеводородах, на которые приходится свыше 90% всего потребления. Страна ежегодно выпускает в воздух около 10 млрд тонн углекислого газа, что составляет 28% от всех мировых выбросов. Это в полтора с лишним раза больше китайского вклада в мировой ВВП (около 19%). Усилия для «углеродной нейтральности» потребуются совершенно титанические.

Согласно Парижскому соглашению от 2015 г., Китай наметил себе цель достичь максимума по выбросам углерода к 2030 г., после чего эмиссия должна постепенно снижаться. Так, угольная энергетика, самая грязная, должна через 40 лет сократиться в 25 раз. Нефть и газ должны использоваться на 60—70% меньше, чем сейчас и в ближайшем будущем.

В Китае, для сравнения, текущий срок службы средней угольной электростанции составляет всего 14 лет, более того, они продолжают строиться вполне ударными темпами. Закрытие новых, практически с иголки, предприятий, которые зачастую даже не отбили свои инвестиции, может обойтись китайской экономике очень дорого.

¹⁵ Ист.: URL: <https://rg.ru/2020/08/11/smozhet-li-evropa-k-2050-godu-otkazatsia-ot-nefti-gaza-i-uglia.html>

То же самое можно сказать и о газовой отрасли. Последние несколько лет КНР активно старалась протянуть к себе побольше газопроводов из России и Средней Азии, и отказываться от них было бы странно. Впрочем, природный газ для декарбонизации менее значим, поскольку дает значительно меньший объем выбросов¹⁶.

С другой стороны, придется радикально увеличить генерацию энергии в возобновляемых источниках. Если в 2015 г. по суммарной мощности солнечной генерации КНР лишь немного обходила Германию (43 ГВт против 39), то по итогам 2019 г. Китай превосходил Германию в 4 раза, а США — в 2,5 раза. Общая мощность солнечных батарей в стране составила 204 ГВт, или почти 35 Саяно-Шушенских ГЭС. Это почти треть от всей мощности солнечных электростанций в мире. Тем не менее при помощи этого колоссального ресурса вырабатывается всего 4% китайской электроэнергетики.

В ближайших планах — увеличение доли АЭС в энергосекторе с 2 до 10%. Однако и этого может оказаться маловато для декарбонизации всей экономики.

Будут ли усилия Китая и Европы по переводу своей энергетики на новые рельсы успешными и не являются ли соответствующие заявления не более чем пиар-трюком, остается открытым вопросом.

Еще в 2013 г. группой американских экономистов были подсчитаны современные потребности нашей цивилизации в энергии. Они привели детальные расчеты показателей качества жизни от EROI.

И получились следующие результаты.

1. Современная сельскохозяйственная деятельность возможна при EROI не менее 5.
2. Современное образование возможно при EROI не менее 7.
3. Современное здравоохранение возможно при EROI не менее 12.
4. Для поддержания среднемирового уровня качества жизни общества требуется EROI не менее 14 единиц.

Если совокупный EROI всех источников энергии упадет ниже 5 — в мире начнется голод.

Ничего сильно страшного в альтернативной энергетике нет, пока она развивается как отдельная энергетическая отрасль. Страхное начинается тогда, когда ею пытаются заменить мощные источники энергии (такие как атомная или углеводородная энергетика).

Европейские страны могут себе позволить развивать альтернативную энергетику, имея достаточно большие EROI в смежной генерации (угольной и газовой), благодаря щедрым и богатым этими ресурсами соседям.

Главная же проблема — то, что в реальной энергосистеме потребитель рискует оказаться без электричества в самый неподходящий момент, если он зависит только от ВИЭ. И одно дело, если вы не сможете подогреть чайник, а другое — если остановится производственная линия на крупном заводе. С подобной проблемой за последние годы сталкивались Германия и Австралия.

По сути, сейчас ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Кстати, этот факт по какой-то необъяснимой причине не учитывается при оценке себестоимости солнечного и ветрового электричества. Сторонники полного перехода на ВИЭ обычно в таких ситуациях обещают скорые прорывы в области накопителей электроэнергии. Обещания звучат на протяжении многих лет, но прорывов все нет.

8. Проблемы с альтернативной энергетикой в России

Под альтернативную энергетику до сих пор еще полностью не создана инфраструктура. Нет системы накопителей, нет вариантов, как хранить энергию, полученную от возобновляемых источников. Электросети не всегда готовы к приему большого количества электромобилей. Сети в большинстве стран были построены давно, и они просто не выдерживают дополнительной нагрузки.

Требуется сделать очень большие инвестиции, исчисляемые триллионами долларов, прежде чем нетрадиционная, альтернативная энергетика сможет занять существенную долю на рынке. Но сейчас действуют факторы политического популизма, и, к сожалению, есть случаи полного искажения

¹⁶ Ист.: URL: <https://energy.media/2019/12/19/razvitie-vie-v-kitae-perspektivy-do-2050-goda/>

экономической реальности за счет нулевых налоговых ставок, что используется в том числе и для финансирования ВИЭ в западном мире. В результате проекты, которые в реальной экономике просто не имели бы даже возможности на появление, живут и процветают. Этому способствует фактически безграничная доступность капитала по низким ставкам, что раздувает большое количество финансовых пузырей, которые на самом деле могут существовать длительное время, но в конечном итоге — лопаться, особенно в периоды нестабильности.

По данным Системного оператора Единой энергетической системы (ЕЭС) России, почти 63% объема всей выработанной в стране электроэнергии в минувшем году было произведено на тепловых станциях — ТЭЦ и ГРЭС. Доля солнечных станций (СЭС) — всего 0,12%, ветровых (ВЭС) — 0,02% [3].

Вся солнечная и ветроэнергетика должны иметь 100%-е резервирование традиционными мощностями, чтобы все не развалилось, когда в пасмурный день не дует ветер. А это значит, что стоимость генерации зеленой электроэнергии без учета стоимости обслуживания резерва — лукавство.

Российская Федерация обладает крупнейшими в мире запасами природного газа и вторыми по величине залежами угля. Изобилие и дешевизна ископаемого топлива в сумме с высокой стоимостью локализованного оборудования препятствуют активному внедрению генерации на базе ВИЭ.

Тем не менее расхожее мнение, что нам в России вообще не нужны солнечная и ветроэнергетика, не имеет под собой оснований. Солнечная энергетика (с аккумуляторами) и ветроэнергетика сегодня могут быть оправданны в удаленных районах, где нет возможности подключиться к сети. В конце концов, более 70% территории нашей страны, на которой проживает около 20 млн человек, находится вне системы централизованного энергоснабжения. Опыт компании РусГидро, которая комплектует солнечные и ветровые электростанции с дизельными установками и устанавливает такие комбинированные установки даже за полярным кругом, доказывает, что это не только возможно, но и позволяет окупать капитальные затраты за счет экономии северного завоза топлива.

В России утвержден национальный стандарт в области регулирования энергетических объектов

на базе ВЭУ «Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок». Соответствующий приказ был подписан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии в 2019 г.

На площадке Адыгейской ВЭС завершен монтаж первой ветроустановки. Высота башни с ротором, диаметр которого 100 м, составляет 149 м. Мощность каждой ветроустановки — 2,5 МВт. На монтаже каждой башни задействовано 35 специалистов, 4 крана и вспомогательная техника. Наиболее сложные технологические операции при монтаже ветроэнергетической установки выполняются уникальным высотным краном большой грузоподъемности до 500 т на высоте до 120 м и служащим для навески гондолы, генератора и ступицы со смонтированными заранее лопастями¹⁷.

Самая крупная на территории России фотоэлектрическая установка располагается в Крыму. Речь идет о СЭС «Перово», установленная мощность которой составляет 105 МВт 560 кВт.

По мнению гендиректора Института энергетической стратегии Виталия Бушуева, возобновляемая энергетика уместна лишь в некоторых особых районах страны.

Страна, которая имеет богатые запасы газа и угля, еще будет заниматься возобновляемой энергетикой? Она хороша там, где надо решать экологические проблемы: в зонах рекреации, на побережьях морей, в арктической зоне, куда доставлять топливо дорого. Вот там, точно, она нужна.

И еще один настораживающий момент — развитие ВИЭ в России поручили РОСНАНО и Чубайс предложил довести долю ВИЭ до 15%. Насколько это реалистично? Ни одна страна не может перейти на ВИЭ за несколько лет. А учитывая, что у нас большие запасы ископаемых источников, развитая атомная энергетика и есть ГЭС, быстрого перехода быть не может¹⁸.

Отметим, компания РОСНАНО за 7 лет своего существования уже неоднократно была замешана в скандальных историях. Поручив важнейшее для

¹⁷ Ист.: URL: <https://energy.hse.ru/Wiie>

¹⁸ Ист.: URL: https://ruskline.ru/opp/2017/noyabr/01/za_dengi_nalogoplatelwikov_glava_rosnano_zamenit_tradicionnyu_energetiku_na_zelyonuyu/

государства дело Чубайсу, не получим ли повторение эффекта РОСНАНО? Миллиарды потрачены, а практической отдачи от них — никакой. Как бы и в случае с зеленой энергетикой нам не наступить на те же самые грабли.

Заключение

Переход на возобновляемые источники энергии требует резкого увеличения добычи металлов и редкоземельных минералов с реальными экологическими и социальными издержками. Да, нам нужен быстрый переход к возобновляемым источникам энергии, но ученые предупреждают, что мы не можем продолжать увеличивать потребление энергии существующими темпами. Нет чистой энергии. Единственная действительно чистая энергия — это меньше энергии.

Где чистая энергия может быть поистине разрушительной, так это в создании новых отраслей, которые изменят структуру производства и потребления энергии. Концепция базовых нагрузок и колонных установок устарела, их заменили динамические нагрузки и накопление энергии. Чистая энергия может изменить даже то, как мы заправляем наши транспортные средства.

Возобновляемые источники энергии, наконец, будут доминировать, но это займет столетия. Спрос уже растет, однако ископаемое топливо будет жить достаточно долго.

Но остановит ли нулевой вариант наступление потепления? Ведь многие из подписавших Парижское соглашение стран его не выполняют. Однако самое тревожное даже не это. По мнению многих ученых, климат уже пересек некую критическую черту, перешел рубеж, откуда крайне сложно возвратиться к прежним показателям. На это потребуются десятилетия. Словом, мы уже опоздали, и мрачных сценариев уже не избежать, к ним надо готовиться. Остается надеяться, что мы пока мало знаем о климате и все не так печально¹⁹.

¹⁹ Ист.: URL: <https://rg.ru/2020/08/11/smozhet-li-evropa-k-2050-godu-otkazatsia-ot-nefti-gaza-i-uglia.html>

Литература [References]

1. Жданов Д.А., Молдабаев К.Т. Тенденции повышения энергоэффективности: возможности возобновляемой и традиционной энергетики // Актуальные проблемы экономики и права. 2020. Т. 14. № 2. С. 249—265. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.2.249-265>. [Zhdanov D.A., Moldabaev K.T. Trends of increasing energy efficiency: opportunities of renewable and traditional energy sectors, Actual Problems of Economics and Law, 2020, Vol. 14. No. 2. P. 249—265 (in Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.2.249-265>]
2. Капица П.Л. Энергия и физика. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, Москва, 8 октября 1975 г. См.: Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 34—43. http://www.profile.ru/ekonomika/item/54593-items_24897 [Kapitsa P.L. Energy and physics. Report at the scientific session dedicated to the 250th anniversary of the USSR Academy of Sciences, Moscow, October 8, 1975. See: Bulletin of the USSR Academy of Sciences, 1976, No. 1, p. 34—43 (In Russ.) http://www.profile.ru/ekonomika/item/54593-items_24897]
3. Нефедова Л.В., Соловьев А.А. Анализ рисков освоения возобновляемых источников энергии в России // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 6. С. 56—63. [Nefedova L.V., Soloviev A.A. Risk factors analysis of renewable energy projects in Russia // Issues of Risk Analysis. Vol. 12. 2015. No. 6. P. 56—63 (In Russ.)]
4. Копылов А.Е. Экономика ВИЭ. Издание 2-е, переработанное и дополненное. М.: Грифон, 2017. 364 с. [Kopylov A.E. Economics of renewable energy. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: Gryphon, 2017. 364 p. (In Russ.)]
5. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / Под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО — Москва, 2019. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf [Forecast of energy development in the world and Russia 2019 / ed. by A.A. Makarov, T.A. Mitrova, V.A. Kulagin; INEI RAS — Moscow school of management SKOLKOVO — Moscow, 2019 (In Russ.) URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf]
6. Колдин М.С., Тишков Д.В. Использование возобновляемых источников энергии на примере работы гидрав-

лических устройств // Наука и образование Т. 2. 2019. № 4. С. 231. [Koldin M.S., Tishkov D.V. Renewable energy on the example of hydraulic devices operation // Science and education. Vol. 2. 2019. No. 4. P. 231 (In Russ.)]

7. Дегтярев К.С. ВИЭ и побочные экологические эффекты // Сантехника, отопление, кондиционирование. № 5 (161). 2015. С. 90—94. [Degtyarev K.S. RES and environmental side effects // Plumbing, heating, air-conditioning. No. 5 (161). 2015. P. 90—94 (In Russ.)]

Сведения об авторе

Соколов Юрий Иосифович: полковник в отставке, Российское научное общество анализа риска

Количество публикаций: более 200

Область научных интересов: риски ЧС и высоких технологий

Контактная информация:

Адрес: 121614, г. Москва, ул. Крылатские Холмы, д. 30, к. 4

E-mail: filat1937@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 15.01.2021

После доработки: 23.03.2021

Принята к публикации: 25.03.2021

Дата публикации: 31.08.2021

The paper was submitted: 15.01.2021

Received after reworking: 23.03.2021

Accepted for publication: 25.03.2021

Date of publication: 31.08.2021

УДК 621.64.631.46:631.81.033
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-48-65>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах

Башкин В. Н.*,

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 142290, Россия, Московская обл., г. Пушкино, Институтская ул., д. 2-1

Галиулина Р. А.,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, 142290, Россия, Московская обл., г. Пушкино, Институтская ул., д. 2

Аннотация

На основании обширного материала рассмотрены подходы к оценке риска накопления тяжелых металлов (ТМ) в овощных культурах, выращиваемых в открытом и защищенном грунте, в том числе в условиях гидропоники. Предложена схема выполнения оценки риска, включая такие этапы, как идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка воздействия в системе доза-эффект, характеристика риска и управление риском. Для каждого этапа приведены модельные подходы к количественной оценке риска, даны примеры характеристики неканцерогенного и канцерогенного рисков в различных регионах при потреблении овощных культур, загрязненных ТМ. Показано, что управление риском накопления ТМ в овощных культурах возможно с помощью различных штаммов микроорганизмов, вносимых в ризосферу и способствующих как иммобилизации этих металлов в почве, так и препятствующих их поступлению в товарную часть овощной продукции.

Ключевые слова: овощные культуры, тяжелые металлы, неканцерогенные и канцерогенные риски, ассоциативные микроорганизмы, управление риском.

Для цитирования: Башкин В.Н., Галиулина Р.А. Оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 48—65, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-48-65>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Assessment of the Risk of Heavy Metals Accumulation in Vegetable Crops

Vladimir N. Bashkin*

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences,
Institute str., 2-1, Pushchino,
Moscow region, 142290, Russia

Rosa A. Galiulina,

Institute of Fundamental Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences,
Institute str., 2, Pushchino,
Moscow region, 142290, Russia

Abstract

Based on the extensive material, approaches to assessing the risk of accumulation of heavy metals in vegetable crops grown in open and protected ground, including hydroponics, are considered. A scheme for performing risk assessment is proposed, including such stages as hazard identification, exposure assessment, the dose-effect estimates, risk characterization, and risk management. For each stage, model approaches to quantifying the risk are presented, and examples of the characteristics of non-carcinogenic and carcinogenic risk in different regions are given when consuming vegetable crops contaminated with HM. It is shown that the risk of accumulation of HM in vegetable crops can be managed with the help of various strains of microorganisms that promote both the immobilization of these metals in the soil and prevent their entry into the marketable part of vegetable products.

Keywords: vegetable crops, heavy metals, non-carcinogenic and carcinogenic risks, associative microorganisms, risk management.

For citation: Bashkin V.N., Galiulina R.A. Assessment of the risk of heavy metals accumulation in vegetable crops // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 48–65, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-48-65>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Схема оценки риска
1. Идентификация опасности
2. Оценка экспозиции
3. Оценка воздействия в системе доза-эффект
4. Характеристика риска
5. Управление риском
Заключение
Литература

Введение

Для удовлетворения потребности организма человека в белках, жирах, углеводах, витаминах, микроэлементах, кислотах, солях необходимо ежедневно употреблять около 2 кг пищи. На долю растительных продуктов должно приходиться более 60%, из них в рационе питания овощи должны составлять по рекомендациям ВОЗ 600 г на человека в день. В России по большинству регионов нормы потребления овощей должны достигать не менее 400 г, что особенно важно в осенне-зимний период [1, 2].

При этом можно отметить следующую динамику наращивания производства овощных культур в России [3]. Так за пять лет, с 2008 по 2013 г., сбор овощей увеличился более чем в 1,5 раза. По данным МСХ РФ, в 2013 г. в защищенном грунте в сельскохозяйственных организациях было произведено 615,0 тыс. т овощей, в хозяйствах населения — 538,8 тыс. т, в крестьянских фермерских хозяйствах — 29,2 тыс. т, в том числе огурцы — 28%, томаты — 68%, прочие — 6%. Однако, как показывает анализ, ни один регион не обеспечивает норму потребления овощей защищенного грунта. При этом российский рынок сборов фруктов и овощей растет со средними темпами 1,1% в год, и объем производимой на территории страны плодоовощной продукции достиг в 2020 г. около 50 млн т. В целом, несмотря на предпринятые Правительством России попытки импортозамещения сельскохозяйственной продукции, объем сборов плодоовощных и бахчевых культур с 2014 г. вырос незначительно — на 2%. Почти половина (48,4%) всех сборов плодоовощных культур приходится на картофель. Овощи массового употребления (морковь, капуста, лук) занимают около 20%, и 30,9% сборов составляют другие овощи открытого и закрытого грунтов¹. Однако нужно подчеркнуть, что за 11 лет (2010—2021 гг.) отечественное производство овощей закрытого грунта выросло в 2,3 раза. Кроме того, оставаясь одним из крупнейших мировых импортеров томатов и огурцов, за последние 5 лет Россия увеличила суммарный объем экспорта этих культур почти втрое.

¹ См.: Анализ рынка фруктов и овощей. Центр экономики рынков. 18.08.2020. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5dd01bd9a28a2f180f2b7c29/analiz-rynka-fruktov-i-ovoscei-5f3ae818936fc6e4ac03127>

Фактическое потребление овощей в России в настоящее время составляет 109 кг на душу населения в год. Это на 24% меньше рекомендованной Минздравом нормы. Планируется, что потребление свежих овощей в России будет увеличиваться примерно на 1% ежегодно и достигнет 115 кг на душу населения к 2028 г. за счет дальнейшего увеличения объемов производства тепличных овощей².

В условиях роста потребления овощей возникает вопрос о качестве овощной продукции. Вопросы качества нормируются как с точки зрения полезности продукта (содержания витаминов, сахаров, углеводов, белков), так и содержания нежелательных примесей — вредных веществ (нитратов, пестицидов, тяжелых металлов). При этом содержание нитратов и пестицидов контролируется в нужной степени, однако в меньшей степени это относится к тяжелым металлам.

Следовательно, целью данной статьи является оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах, выращиваемых как в открытых, так и в закрытых системах, включая гидропонику.

Схема оценки риска

Стандартная схема оценки риска включает в себя следующие этапы [4]:

1. Идентификация опасности.
2. Оценка экспозиции.
3. Оценка воздействия в системе доза-эффект.
4. Характеристика риска.
5. Управление риском.

Рассмотрим применение этой схемы для оценки риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах.

1. Идентификация опасности

Принципы здорового питания подразумевают употребление экологически чистых и биологически полноценных продуктов. Правильное питание означает грамотное сочетание растительной и животной пищи в соответствии с возрастом, состоянием здоровья, характером труда. При этом выращивание овощей, как в открытом грунте, так и в закрытых

² См.: Центр отраслевой экспертизы Россельхозбанка. Производство тепличных овощей в РФ. URL: <https://tass.ru/ekonomika/10108435>, 26.11.2020.

условиях, требует постоянного контроля качества получаемой продукции [1].

Прежде всего, овощи анализируются на содержание нитратов. В нашей стране эти анализы начали массово проводиться с середины 1980-х [5]. Поскольку овощные культуры потребляют большое количество питательных веществ, то агротехника их выращивания основана на применении различных минеральных и органических удобрений, как правило, в больших дозах. В них зачастую в качестве примесей присутствуют различные тяжелые металлы, особенно в фосфорных и органических удобрениях. Из почвы и/или гидропонных субстратов эти тяжелые металлы могут поступать в овощные растения и накапливаться в растительной массе. Их содержание также нормируется (табл. 1, 2), и в ряде случаев отмечается превышение нормативов как для нитратов, так и для тяжелых металлов.

2. Оценка экспозиции

2.1. Оценка воздействия тяжелых металлов на растения

Тяжелые металлы (далее — ТМ), такие как кадмий, медь, свинец, хром и ртуть, являются основными загрязнителями окружающей среды, особенно в районах с высокой антропогенной нагрузкой. Накопление тяжелых металлов в почвах является неблагоприятным фактором, в частности, проявляется фитотоксичность ТМ для растений и почвенных организмов. Также опасно накопление ТМ в продукции, особенно овощеводческой. Влияние растений и их метаболической активности определяет биогеохимическое перераспределение тяжелых металлов в системе воздух-воды-почвы. При этом

Таблица 1. Предельно допустимые концентрации нитратов в овощных культурах

Table 1. Maximum permissible concentrations of nitrates in vegetable crops

Продукт	Содержание, мг/кг сырой массы
Картофель	250
Капуста белокочанная ранняя	900
Капуста белокочанная поздняя	500
Морковь ранняя	400
Морковь поздняя	400
Томаты	150/300
Огурцы	150/400
Свекла столовая	1400
Лук репчатый	80
Листовые овощи	2000
Перец сладкий	200
Кабачки	400

важно оценить как спектр тяжелых металлов, так и их токсичность для растений. Токсичность металлов влияет на экологическую систему, где растения являются неотъемлемым компонентом. Растения, произрастающие на загрязненных металлами участках, демонстрируют измененный метаболизм, снижение роста и биомассы, в которой происходит избыточное накопление металлов. Металлы влияют на различные физиологические и биохимические процессы в растениях. Современные исследования токсичности и толерантности растений, подверженных воздействию металлов, вызваны растущим

Таблица 2. Величины ПДК тяжелых металлов в овощных и фруктовых продуктах питания, мг/кг

Table 2. MPC values of heavy metals in vegetable and fruit food products, mg/kg

Продукты	Свинец (Pb)	Кадмий (Cd)	Мышьяк (As)	Ртуть (Hg)	Медь (Cu)	Цинк (Zn)
Овощи, ягоды, фрукты свежие и свежемороженые	0,04—0,5	0,03	0,2	0,02	5,0	10,0
Овощи, ягоды, фрукты и изделия из них в сборной жестяной таре	1,0	0,05	0,2	0,02	5,0	10,0

загрязнением окружающей среды металлами. Однако некоторые металлы, в том числе медь, марганец, кобальт, цинк и хром, необходимы для метаболизма растений в следовых количествах. Поэтому лишь тогда, когда металлы присутствуют в биодоступных формах и в чрезмерных количествах, они могут стать токсичными для растений. Необходимо учитывать воздействие цинка, меди, ртути, хрома, мышьяка, кобальта, никеля, марганца и железа. Но для ряда тяжелых металлов, таких как кадмий, свинец, биохимические и физиологические потребности неизвестны, и они считаются токсичными элементами в любых количествах. Токсичность других ТМ, например мышьяка, зависит от валентности и формы нахождения металла в организмах — токсичность пятивалентного As неизвестна, тогда как трехвалентный — токсичен [6].

Мышьяк, кадмий, свинец и ртуть являются токсичными элементами, и они почти повсеместно присутствуют в низких концентрациях в окружающей среде из-за антропогенного воздействия. Пищевое потребление продуктов растительного происхождения составляет основную долю потенциально опасного для здоровья человека воздействия ТМ, особенно мышьяка и кадмия. Для повышения безопасности пищевых продуктов важно уменьшить накопление токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах. Понимание молекулярных механизмов, ответственных за это накопление, может позволить создать сорта сельскохозяйственных культур с сильно сниженной концентрацией токсичных элементов в их съедобных частях. Считается, что в настоящее время эти механизмы достаточно известны для мышьяка и кадмия, но еще недостаточно исследованы в отношении свинца и ртути. Основные результаты были получены для риса и других модельных растений, тогда как для овощных культур таких исследований явно не хватает. Были идентифицированы белки, ответственные за поглощение мышьяка и кадмия, и в настоящее время достаточно изучена биотрансформация мышьяка. Также были выявлены факторы, контролирующие эффективность транслокации от корня к побегу и распределение токсичных элементов через так называемый рисовый узел [7].

2.2. Токсичность для растений и человека

Установлено, что мышьяк (As), кадмий (Cd), свинец (Pb) и ртуть (Hg) являются высокотоксичными как для растений, так и для человека в их ионных формах; As и Hg также токсичны в их метилированных формах [8, 9]. Как уже упоминалось выше, в то время как метилированный As, по крайней мере в пятивалентном состоянии, обычно считается менее токсичным, чем As(III) и As(V), метилированная Hg более токсична, чем Hg(II), для большинства организмов [10, 11].

Основные мишени токсичности для этих элементов неизвестны, и таких мишеней может и не быть; эти элементы могут повреждать как различные клеточные структуры, так и различные ткани и органы. Одной из основных причин токсичности является сильное взаимодействие с сульфгидрильными группами; другой причиной является воздействие на гомеостаз основных элементов. Высокая реактивность тиоловых форм может ухудшать функционирование белков и опосредствованно вызывать окислительный стресс. Известно, что Cd влияет на метаболизм кальция (Ca) у млекопитающих, вызывая болезнь Итай-Итай при сильном воздействии. Как кадмий, так и свинец могут замещать цинк (Zn) в белках. Арсенат нарушает фосфатный обмен из-за химического сходства двух анионов. Кадмий и неорганические соединения мышьяка классифицируются как канцерогены. Воздействие низких доз, значительно ниже пороговых значений острой токсичности, может вызвать заболевание из-за длительной биоаккумуляции в организме человека. Медленное отравление из-за хронического воздействия Cd и As было связано с общим увеличением смертности и целым рядом заболеваний, включая различные виды рака и сердечно-сосудистые заболевания в случае As, повреждение почек и остеопороз в случае Cd [12].

Известна нейротоксичность свинца, связанная с его негативным воздействием на интеллектуальные способности детей даже при низких уровнях воздействия [13]. Точно так же нейроны являются основными мишенями токсичности метилртути [14].

В отношении мышьяка и кадмия достигнут консенсус в том, что их потребление с растительной пищей в значительной степени способствует усилению воздействия на человека.

3. Оценка воздействия в системе доза-эффект

У многих групп населения поглощение с пищей, например, Cd превышает предварительные допустимые еженедельные уровни потребления (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI), определенные Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [15]. При этом следует подчеркнуть, что имеющиеся данные заставили эпидемиологов усомниться в установленных величинах PTWI [16]. Так, группа экспертов европейского управления по безопасности пищевых продуктов (European Food Safety Authority, EFSA) по загрязняющим веществам в пищевой цепочке призвала снизить PTWI с 5,8 до 2,5 мкг на килограмм веса тела [17], до уровня, близкого к среднему потреблению во всем мире [18]. Отмечено, что использование PTWI, величина которого, согласно недавним анализам [19], для Pb превышена, например, в некоторых регионах Китая, было признано нецелесообразным в свете имеющихся эпидемиологических данных [20, 21]. Соответственно, объединенный комитет экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам даже пришел к выводу, что нынешний уровень PTWI для свинца должен быть снижен, поскольку этот уровень воздействия связан с измеримым нарушением развития нервной системы у детей [22].

В целом, по данным [23, 24], усвоение Cd из пищи является низким. Продовольствие является важным путем для ряда металлов, особенно для населения, потребляющего регионально загрязненные продукты питания. По данным [25], население, которое ограничивает свой рацион продуктами местного производства, например, фермеры, ведущие натуральное хозяйство, особенно подвержено риску загрязнения почвы, поскольку Cd в их рационе не разбавляется продуктами питания из других, незагрязненных районов, как это происходит в большинстве развитых стран мира. В связи с этим предложено рассчитывать риск воздействия токсичных элементов через пищу, используя коэффициент, называемый целевым коэффициентом опасности (target hazard quotient, THQ) [26]. Величины THQ включают, в частности, частоту воздей-

ствия и концентрацию загрязняющего вещества. Считается, что, когда THQ ниже 1, уровень ежедневного воздействия на человеческую популяцию может быть безопасным. Используя индекс THQ, авторы [27, 28] пришли к выводу, что «жители, живущие в 500—1000 м от цинкового завода Хулудао в Китае, имели значения THQ от овощей выше 1, что означает, что они подвержены риску токсичности Cd. Кроме того, показано, что в бассейне реки верхний У Цзян, провинция Гуандун, Китай, растения риса, орошаемые неочищенными сточными водами горнодобывающей промышленности, содержали до 1,15 мкг Cd/g в неочищенном зерне, а потребление Cd с пищей, по расчетам, составляло 2,2 и 1,5 мкг Cd/kg массы тела в день для 60-килограммового взрослого и 40-килограммового ребенка соответственно» [29]. Эти значения превышают предварительное допустимое потребление кадмия с пищей, установленное ФАО/ВОЗ, которое составляет 1 мкг Cd/kg веса тела [30]. Хотя рис потребляется в качестве основного продукта питания в провинции Гуандун, и, следовательно, рис вносит большую часть в общее ежедневное потребление пищи, существуют и другие источники потребления Cd, такие как молочные продукты и овощи, которые должны рассматриваться также как существенные факторы риска. При этом, по данным [30], потребление овощей в ряде случаев является основным источником Cd для человека.

Таким образом, очевидно, что для уменьшения риска в связи с потреблением ТМ с растительной пищей, в частности, с овощами, необходимо снизить их содержание в рационе питания. В ряде случаев речь уже идет о нулевых величинах содержания ТМ в овощной продукции.

4. Характеристика риска

На стадии характеристики риска проводят моделирование параметров и процессов, указанных на первых трех стадиях (идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка воздействия в системе доза-эффект) и рассчитывают вероятность риска заболеваний человека от потребления овощной продукции с высоким содержанием тяжелых металлов [31, 32].

4.1. Оценка воздействия

Для расчета уровней воздействия тяжелых металлов на человека используется уравнение среднесуточного потребления (average daily intake, ADI) (мг/кг-сут):

$$ADI = C \times IR \times EF \times ED \times BW \times AT,$$

где C — концентрация химического вещества в конкретной среде воздействия (мг/л, мг/кг, мг/м³),

IR — интенсивность приема вовнутрь (л/сут, кг/сут, м³/сут),

EF — частота воздействия (сут/год),

ED — продолжительность воздействия (год),

BW — масса тела человека, подвергшегося воздействию (кг),

AT — период времени, за который усредняется доза (сут).

Для тяжелых металлов поглощение с пищей и водой, а также всасывание через кожу играют наиболее важную роль среди потенциальных путей воздействия [33–35].

С учетом этого величину экспозиции можно рассчитывать следующим образом.

4.1.1. Прием вовнутрь:

$$ADII = CS \times SIR \times EF \times ED \times BW \times AT,$$

где $ADII$ — среднесуточное поступление тяжелых металлов из почвы (мг/кг-сут),

CS — концентрация тяжелых металлов в почве (мг/кг),

SIR — скорость поступления тяжелых металлов в почву (мг/сут).

4.1.2. Дermalная абсорбция:

$$ADID = CS \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times BW \times AT,$$

где $ADID$ — среднесуточное потребление тяжелых металлов из-за дермальной абсорбции (мг/кг-сут),

SA — площадь открытой поверхности кожи (см²),

AF — коэффициент адгезии (мг/см²-сут),

ABS — коэффициент дермальной абсорбции (безразмерный).

4.2. Оценка риска

4.2.1. Оценка неканцерогенного риска

Оценка неканцерогенного риска обычно характеризуется коэффициентом опасности (hazard quotient, HQ). Коэффициент опасности определяется как фактор хронического ежедневного потребления или доза, деленная на пороговое значение токсичности, которая называется референтной дозой (RfD) конкретного химического вещества. Коэффициент опасности одного химического вещества определяется уравнением:

$$HQ = ADI \times RfD,$$

где RfD — хроническая референтная доза для данного химического вещества (мг/кг-сут).

Для оценки общего потенциала неканцерогенных эффектов, создаваемых более чем одним химическим веществом, применяется индекс опасности (hazard index, HI). Для смеси загрязнений индекс опасности вычисляется как [36–38]:

$$HI = \sum HQ_i = \sum ADI_i RfD_i.$$

Если значение HI меньше единицы, то подвергаясь воздействию популяция вряд ли будет испытывать очевидные неблагоприятные последствия для здоровья. Если значение HI превышает единицу, то могут возникнуть неблагоприятные последствия для здоровья. Поскольку в настоящее время нет референтных доз для прямой оценки воздействия загрязняющих веществ на кожную абсорбцию, USEPA разработало метод экстраполяции значений пероральной токсичности для использования в оценке кожного риска [39] как следующее уравнение:

$$RfDABS = RfDo \times ABSGI,$$

где $RfDABS$ — дермально скорректированная референтная доза (мг/кг-сут),

$RfDo$ — пероральная референтная доза (мг/кг-сут),

$ABSGI$ — коэффициент желудочно-кишечной абсорбции (безразмерный).

4.2.2. Оценка канцерогенного риска

Канцерогенные риски оцениваются путем расчета возрастающей вероятности развития рака у человека в течение всей жизни в результате воздействия

потенциального канцерогена. Коэффициент наклона (slope factor, SF) позволяет преобразовать расчетное ежедневное потребление токсина, усредненное за весь жизненный период воздействия, непосредственно в инкрементный риск индивидуального развития рака [37]:

$$\text{Риск} = \text{ADI} \times \text{SF},$$

где Риск — это безразмерная вероятность развития рака у человека в течение всей жизни, а SF — коэффициент развития канцерогенности (в мг/кг-день).

Риски, превышающие 1×10^{-4} , рассматриваются как неприемлемые, риски ниже 1×10^{-6} не считаются представляющими значительные последствия для здоровья, а риски, лежащие между 1×10^{-4} и 1×10^{-6} , обычно считаются приемлемым диапазоном в зависимости от ситуации и обстоятельств воздействия [33, 40].

Аналогично RfD, согласно методу экстраполяции USEPA, SFABS рассчитывается с использованием уравнения:

$$\text{SFABS} = \text{SFO}/\text{ABSGI},$$

где SFABS — дермально скорректированный коэффициент наклона (в мг/кг-сут),

SFO — пероральный коэффициент наклона (в мг/кг-сут) [41].

4.3. Моделирование методом Монте-Карло

При оценке рисков необходимо учитывать неопределенность, которая постоянно встречается в моделях [31, 42, 43], особенно когда неопределенность возникает из-за отсутствия точных знаний,

изменчивости экологических систем и изменчивости индивидуальных характеристик человека [44]. Чтобы свести к минимуму неопределенность приведенных выше расчетов, оценка рисков должна проводиться с помощью моделирования методом Монте-Карло. Для проведения моделирования может быть принята программная платформа Oracle Crystal Ball (Oracle Corporation, Вальехо, США), которая является одним из наиболее часто используемых инструментов моделирования методом Монте-Карло [45].

4.4. Примеры характеристики неканцерогенного и канцерогенного риска при загрязнении овощей тяжелыми металлами

4.4.1. Территория вблизи рудного месторождения Дабаошань, Южный Китай

В данном исследовании были оценены параметры токсичности тяжелых металлов, поступающих в организм местных жителей, проживающих вблизи рудного месторождения. Токсикологические данные по тяжелым металлам и подробная информация о вероятностных факторах воздействия представлены в [27, 28]. Для оценки неопределенности полученных входных данных проводилось моделирование методом Монте-Карло с использованием представленных параметров, и модельные данные формировались в течение 10 000 итераций.

Была проведена оценка потребления ТМ с пищей (рис и овощи), результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Оцененное потребление ТМ с пищей: рис и овощи на четырех участках вблизи рудного месторождения, Китай (по данным [27, 28])

Table 3. Estimated consumption of HM with food: rice and vegetables at 4 sites near the ore deposit, China (according to [27, 28])

Продукт	Суточное потребление, г/дн	Cu	Zn	Pb	Cd
		мкг/сут			
Участок 1 — ZX					
Рис	372	1977	11,693	516	229
Овощи	274	327	2357	47	59
Всего		2304	14,050	563	287

Окончание таблицы

Продукт	Суточное потребление, г/дн	Cu	Zn	Pb	Cd
		мкг/сут			
Участок 2 — FD					
Рис	372	1961	9447	371	406
Овощи	274	290	3344	45	53
Всего		2251	12,791	416	459
Участок 3 — LQ					
Рис	372	2322	11,172	476	269
Овощи	274	339	2104	39	27
Всего		2661	13,276	514	296
Участок 4 — SB					
Рис	372	1721	11,127	425	170
Овощи	274	352	2559	49	57
Всего		2073	13,685	474	226

Риск для здоровья местных жителей

Для оценки риска для здоровья, связанного с загрязнением тяжелыми металлами риса и овощей, выращенных в окрестностях шахты Дабаошань, были рассчитаны оценочные показатели потребления ТМ с пищей (estimated dietary intake, EDI) и целевые коэффициенты опасности (target hazard quotients, THQ). Показатели потребления тяжелых металлов оценивали в соответствии со средней концентрацией каждого тяжелого металла в каждой продовольственной культуре (листовые, плодовые и корнеплодные овощи и рис) и соответствующей величиной потребления. Эти величины для Cu, Zn, Pb и Cd были ниже в районе шахты Дабаошань, чем в аналогичном исследовании в районе свинцово-цинкового месторождения, расположенного на юго-западе Китая. Тем не менее обнаружено, что максимальная величина EDI для Pb (563 мкг/сут) и Cd (459 мкг/сут) при потреблении овощей и риса значительно превышает установленные ВОЗ значения РТДИ, в 2,3 и 6,8 раза соответственно.

Наибольший вклад в поглощение тяжелых металлов был за счет потребления риса, в 3–11 раз превышающий аналогичные величины при поглощении с овощами, как показано в табл. 3. Таким

образом, постоянное потребление этих загрязненных пищевых культур, вероятно, вызовет неблагоприятные последствия для здоровья, в основном от воздействия Pb и Cd. Величины THQ для Pb и Cd при потреблении риса были выше 1, а [Cd]THQ для овощей приблизился к 1 на трех участках исследования. Это показало, что жители вокруг рудного месторождения Дабаошань испытывают относительно высокий риск для здоровья. С удалением от месторождения рассматриваемые величины снижаются (рис. 1).

Рассматриваемые показатели для Cu и Zn, как для риса, так и для овощей, как правило, были меньше 1, что говорит о том, что местные жители не будут подвергаться потенциальному риску для здоровья от потребления с пищей этих металлов.

4.4.2. Территория вблизи крупного промышленного города: Томский район Томской области

Была проведена оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья населения при алиментарном поступлении токсичных загрязнителей с овощными культурами. Для оценки риска были рассчитаны среднесуточные дозы поступления ТМ.

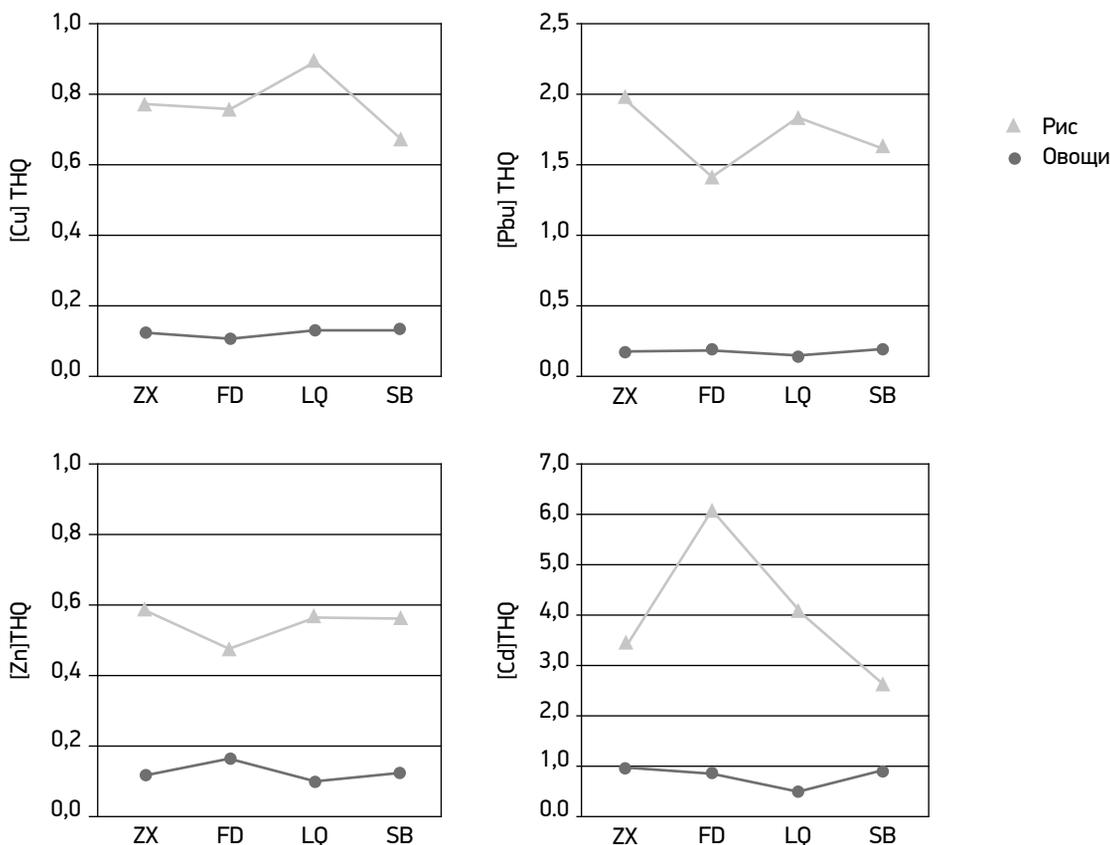


Рис. 1. Величины THQ для различных ТМ (Zn, Cu, Cd, Pb) при их поглощении с рисом и овощами в окрестностях рудного месторождения Дабаошань, Китай. По оси абсцисс указаны сокращенные наименования четырех населенных пунктов: аналогично в таблице 3 (по данным [27, 28])

Figure 1. THQ values for various HM (Zn, Cu, Cd, Pb) when they are absorbed with rice and vegetables in the vicinity of the Dabaoshan ore deposit, China. On the abscissa axis, the abbreviated names of 4 localities are indicated: similarly, in Table 3 (according to [27, 28])

Для этого были использованы усредненные значения концентраций тяжелых металлов в овощах: свекле, капусте, моркови, картофеле на территории овощеводческих объединений в окрестностях г. Томска [46].

Данные о суточном среднелюдовом потреблении продуктов, значения факторов канцерогенного потенциала приведены в табл. 4. Доля потребления местной продукции в исследовании принималась равной 100%.

Риск развития неканцерогенных эффектов оценивали по значениям коэффициента опасности (табл. 5).

Поскольку исследуемые ТМ воздействуют на различные критические органы или системы, в табл. 5

включены данные о тех физиологических системах (мишенях), на которые воздействует загрязняющее вещество. Было также оценено комбинированное воздействие различных ТМ с использованием метода суммации. Вклад в суммарную величину коэффициента опасности различных загрязняющих веществ при регулярном поступлении в организм человека с овощами представлен на рис. 2. Авторами показано, что «общий суммарный риск развития неканцерогенных эффектов составляет 1,745. Системами, наиболее подверженными суммарному воздействию неканцерогенных веществ, таких как свинец и никель, являются: центральная нервная система, сердечно-сосудистая, репродуктивная» [46, с. 685].

Таблица 4. Содержание ТМ в овощной продукции и среднесуточные дозы (ССД) поступления элементов в организм человека с потребляемыми в пищу овощами (по данным [46])

Table 4. Heavy metal content and average daily doses (SSD) of the intake of elements into the human body with vegetables consumed (according to [46])

Овощная культура	ТМ	ПДК в овощах, мг/кг	С _{ср.} '	С _{мин.} '	С _{макс.} '	ССД, мг/кг
			(мг/кг сырой массы)			
Картофель	Свинец	0,5	0,06	0,02	0,14	3,3·10 ⁻⁴
	Ртуть	0,02	8,4·10 ⁻⁴	3,4·10 ⁻⁴	49·10 ⁻⁴	4,3·10 ⁻⁶
	Медь	5,0	0,99	0,6	1,4	5·10 ⁻³
	Цинк	10,0	0,22	0,03	0,3	1,1·10 ⁻³
	Никель	0,5	0,18	0,06	2,2	9,2·10 ⁻⁴
	Марганец		2,1	0,09	4,0	1,1·10 ⁻²
	Барий		0,7	0	0,2	3,5·10 ⁻³
	Хром	0,2	0,15	0,07	2,1	7,5·10 ⁻⁴
	Молибден		0,12	0,07	0,31	6·10 ⁻⁴
	Стронций		2,47	1,0	3,5	1,2·10 ⁻²
Свекла, морковь	Свинец	0,5	0,05	0,02	0,14	1,54·10 ⁻⁴
	Ртуть	0,02	2,4·10 ⁻⁴	0,6·10 ⁻⁴	8,5·10 ⁻⁴	7,4·10 ⁻⁷
	Медь	0,8	0,3	1,69	1,4	2,5·10 ⁻⁵
	Цинк	10,0	0,11	0,02	0,21	3,4·10 ⁻⁴
	Олово		0,002	0,0001	0,02	6,2·10 ⁻⁶
	Никель	0,5	0,15	0,07	0,35	4,5·10 ⁻⁴
	Марганец		6,0	1,5	15	1,8·10 ⁻²
	Барий		3,6	2,0	7,0	1,1·10 ⁻²
	Хром	0,2	0,09	0,03	0,13	2,7·10 ⁻⁴
	Молибден		0,09	0,05	0,23	2,7·10 ⁻⁴
	Стронций		3,3	2,0	4,5	9,9·10 ⁻³
	Капуста	Свинец	0,5	0,045	0,027	0,09
Ртуть		0,02	0,8·10 ⁻⁴	3·10 ⁻⁵	1,75·10 ⁻⁵	5,4·10 ⁻⁷
Медь		0,8	0,32	0,21	0,48	1,5·10 ⁻³
Цинк		10,0	0,053	0,001	0,21	6,48·10 ⁻⁴
Никель		0,5	0,15	0,057	0,33	4,5·10 ⁻⁴
Марганец			5,8	2,9	12	1,7·10 ⁻²
Барий			0,6	0,01	1,2	1,8·10 ⁻³
Хром		0,2	0,06	0,038	0,16	1,8·10 ⁻⁴
Молибден			0,11	0,043	0,13	3,3·10 ⁻⁴
Стронций			2,7	1,5	3,1	8,1·10 ⁻³

Таблица 5. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов при потреблении в пищу выращенных овощей (по данным [46])

Table 5. Assessment of the risk of developing non-carcinogenic effects when eating grown vegetables (according to [46])

ТМ	Доза, мг/кг	Референтная доза, мг/кг	Коэффициент опасности	Критический орган
Свинец	0,000764	0,0035	0,218	ЦНС, кровь, репродуктивная система
Ртуть	0,00000558	0,0003	0,0186	Иммунная система, почки, ЦНС, репродуктивная система
Медь	0,006525	0,019	0,342	ЖКТ, печень
Цинк	0,002088	0,3	0,0070	Кровь, биохим.
Олово	0,0000062	0,6	0,00001	Печень, почки, ЖКТ
Никель	0,00182	0,02	0,091	Печень, серд.-сосуд. система, кровь, масса тела
Марганец	0,046	0,14	0,329	ЦНС, кровь, ЖКТ
Барий	0,016	0,07	0,229	Почки, серд.-сосуд. система
Хром	0,0012	0,005	0,24	Печень, почки, ЖКТ, слизистые
Молибден	0,0012	0,005	0,24	Почки
Стронций	0,0182	0,6	0,03	Костная система

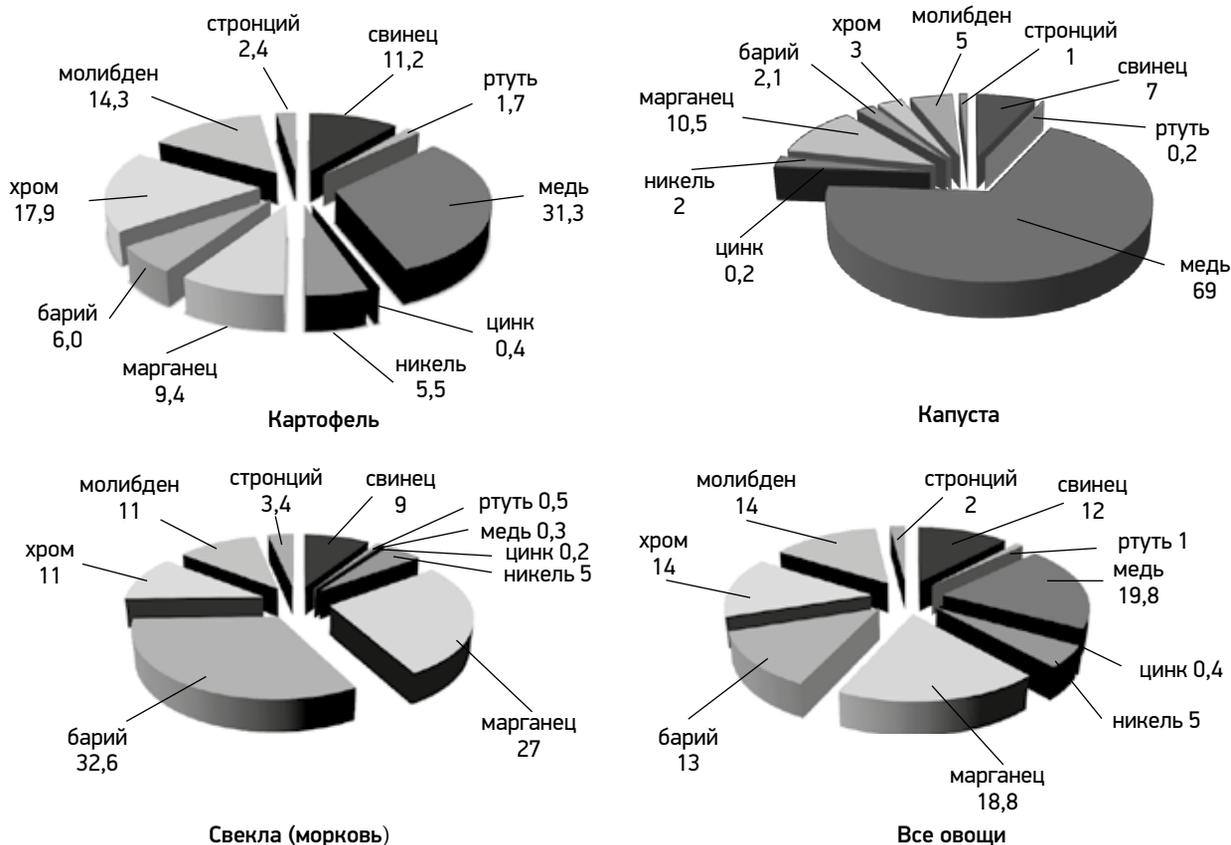


Рис. 2. Вклад в суммарную величину коэффициента опасности различных загрязняющих веществ при регулярном поступлении в организм человека с овощами (по данным [46]), %

Figure 2. Contribution to the total value of the hazard coefficient of various pollutants when regularly ingested with vegetables (according to [46]), %

Следует отметить, что рассчитанные в исследовании индексы опасности неканцерогенных эффектов, связанных с потреблением продуктов питания, характеризуют максимально возможные уровни, поскольку при расчете доз авторы [46] ориентировались на сценарии максимального воздействия.

Значения канцерогенных рисков, рассчитанные в данном исследовании по усредненным концентрациям свинца в овощах, находятся в интервале 10^{-7} – 10^{-5} , что, как отмечено выше, не является существенным. Однако в ряде случаев ПДК по свинцу в пробах картофеля превышены до 2,7 раза. В этих случаях среднесуточная доза поступления свинца в организм человека уже не может считаться безопасной, и рассчитываемый индивидуальный канцерогенный риск может быть на грани опасного.

5. Управление риском

Таким образом, ТМ нарушают комплекс процессов в растении и индуцируют множество специфических и неспецифических реакций живых организмов, прежде всего, человека как конечного консумента в пищевой цепи [31, 47]. Поскольку, как показано выше, значительное количество ТМ потребляется с овощами, необходимо управление риском поступления этих металлов в растения. Такое управление возможно с использованием штаммов ряда микроорганизмов.

Известно, что микроорганизмы обладают полезными для растений свойствами, благоприятное сочетание которых может оказывать в стрессовой ситуации аддитивный или синергический эффект. Так, инокуляция бобовых растений устойчивыми к ТМ и эффективными штаммами клубеньковых бактерий существенно улучшала образование и функционирование азотфиксирующего симбиоза. Показано, что почвенные бактерии (бактериальные препараты азотобактерина, фосфобактерина и кремнебактерина на основе ризобактерий *Azotobacter* и *Bacillus*) способствуют накоплению в овощных растениях (морковь, свекла, картофель) биофильных элементов (K, Mg, Ca, Na, S, Si) и некоторых металлов (Pb, Zn, Ni, Cr), но последние накапливались преимущественно в кожуре. В то же время не отмечено аккумуляции Cd, Hg и лишь отчасти Cr [48].

В последнее десятилетие значительно возрос интерес к использованию ризосферных бактерий для

стимуляции роста и регуляции поступления ТМ в растения из загрязненных почв, что отражено в серии обзорных статей. Например, производственные штаммы ассоциативных бактерий *Arthrobacter myso-rens* 7 и *Flavobacterium* sp. Л30 снижали подвижность Cd в почве [49], а инокуляция ими ячменя улучшала рост растений и препятствовала поступлению ТМ в зерно [50–52].

Показана также способность псевдомонад, ассоциированных с эктомикоризными грибами, усиливать иммобилизацию Cd, Zn и Pb микросимбиотом в корнях и предотвращать поступление этих металлов в надземную часть растений [53].

Иммобилизация металлов может происходить благодаря образованию малорастворимых комплексов с бактериальными сидерофорами, полисахаридами и другими веществами. Однако бактериальные сидерофоры и их Fe-содержащие комплексы поглощаются растениями, поэтому в некоторых случаях возможно усиление поступления металлов в последние [54].

Имеются данные об одновременной стимуляции роста и выноса никеля горчицей сарептской (*Brassicajuncea*) при инокуляции штаммом *Bacillus subtilis* SJ-101, продуцирующим ауксины и растворяющим фосфаты [55].

Получены результаты по динамике численности биоконтрольных с антифугальной активностью штаммов *Pseudomonas chlororaphis* SPB1217 и *Pseudomonas fluorescens* SPB2137, способных приживаться в ризосфере огурцов, выращиваемых в минеральном субстрате гидропонным способом в условиях промышленных теплиц. При этом численность грибов в контроле была в два раза выше, чем в варианте с инокуляцией штаммом SPB2137 [56].

В этих и многих других исследованиях усиление поглощения токсичных металлов происходило без негативных последствий для роста растений, что указывает на способность бактерий повышать гомеостаз микробно-растительной системы [57].

Также следует упомянуть и другие подходы для устранения угнетающего действия ТМ на овощные культуры. Так, отмечено положительное влияние синтетического регулятора роста тидиазуронана на устойчивость проростков огурца, выращиваемых в условиях гидропонии, при воздействии сублетальных доз ионов свинца и меди, а также охлаждении [58].

Заключение

Таким образом, на основании обширного материала рассмотрены подходы к оценке риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах, выращиваемых в открытом и защищенном грунте, включая гидропонику. Поскольку алиментарное поглощение ТМ с овощами представляет собой комбинацию природных и экологических рисков [59], то необходима процедура оценки таких рисков. Соответственно, предложена схема выполнения оценки риска, включая такие этапы, как идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка воздействия в системе доза-эффект, характеристика риска и управление риском. Для каждого этапа приведены модельные подходы к количественной оценке риска, даны примеры характеристики неканцерогенного и канцерогенного рисков в различных регионах при потреблении овощных культур, загрязненных ТМ. Показано, что управление риском накопления ТМ в овощных культурах возможно с помощью различных штаммов микроорганизмов, как способствующих иммобилизации этих металлов в почве, так и препятствующих их поступлению в товарную часть овощной продукции. Следовательно, необходимо разрабатывать природоподобные технологии, в частности, биогеохимические технологии, способные предотвращать поступление ТМ в овощные растения. Разработка таких технологий для выращивания овощей в почвенных условиях может быть основана на показанных выше исследованиях [51, 52].

Также следует отметить, что в современной литературе еще крайне недостаточно исследований по оценке риска накопления ТМ при выращивании овощных культур в условиях гидропоники. Гидропоника быстро развивается, и необходимы знания по вероятности поступления ТМ в товарную часть продукции и оценке соответствующих величин риска.

Литература [References]

1. Пинчук Е.В., Беспалько Л.В., Козарь Е.Г., Балашова И.Т., Сирота С.М., Шевченко Т.Е. Ценная овощная зелень на гидропонике для круглогодичного потребления // Овощи России. 2019. №3. С. 45—53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-45-53>. [Pinchuk E.V., Bepalko L.V., Kozar E.G., Balashova I.T., Sirota S.M., Shevchenko T.E. Valuable vegetable green on hydroponics for seasonal use // Vegetable crops of Russia. 2019. No 3. P. 45—53 (in Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-45-53>]
2. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Шатилов М.В., Иванова М.И., Разин О.А., Россинская О.В., Башкиров О.В. Межрегиональный обмен в контексте выравнивания потребления овощей в субъектах Федерации // Овощи России. 2018. № 6. С. 41—46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-41-46>. [Soldatenko A.V., Razin A.F., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Razin O.A., Rossinskaya O.V., Bashkirov O.V. Interregional exchange in the context of the alignment of the consumption of vegetables in subjects of the Russian Federation // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 6. P. 41—46 (in Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-41-46>]
3. Мамедов М.И. Перспективы защищенного грунта в России // Овощи России. 2014. № 4 (25). С. 4—9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-4-9>. [Mamedov M. I. Prospects of protected ground in Russia // Vegetable crops of Russia. 2014. No. 4. P. 4—9. (in Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-4-9>]
4. Башкин В.Н. Управление экологическим риском. М.: Научный мир. 2005. 368 с. [Bashkin V. N. Ecological risk management. M.: Nauchny Mir. 2005. 368 p. (in Russ.)]
5. Башкин В.Н. Агрогеохимия азота // Пушчино: ОНТИ НЦБИ. 1987. 270 с. [Bashkin V.N. Agrogeochemistry of nitrogen // Pushchino: ONTI NCBI. 1987. 270 p. (in Russ.)]
6. Nagajyoti P.C., Lee K.D. & Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environ Chem Lett 8, 199—216 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
7. Clemens S, Ma JF. Toxic Heavy Metal and Metalloid Accumulation in Crop Plants and Foods. Annu Rev Plant Biol. 2016 Apr 29;67:489-512. doi: 10.1146/annurev-arplant-043015-112301. Epub 2016 Jan 21. PMID: 27128467.
8. Goyer RA. Toxic and essential metal interactions. Annu Rev Nutr. 1997;17:37-50. doi: 10.1146/annurev.nutr.17.1.37. PMID: 9240918.
9. Kopittke PM, Blamey FP, Asher CJ, Menzies NW. Trace metal phytotoxicity in solution culture: a review. J Exp Bot. 2010 Feb;61(4):945-54. doi: 10.1093/jxb/erp385. Epub 2010 Jan 6. PMID: 20054033

10. Hughes MF. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicol Lett.* 2002 Jul 7;133(1):1-16. doi: 10.1016/s0378-4274(02)00084-x. PMID: 12076506
11. Li WC, Tse HF. Health risk and significance of mercury in the environment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015 Jan;22(1):192-201. doi: 10.1007/s11356-014-3544-x. Epub 2014 Sep 16. PMID: 25220768.
12. Järup L, Akesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2009 Aug 1;238(3):201-8. doi: 10.1016/j.taap.2009.04.020. Epub 2009 May 3. PMID: 19409405.
13. R.L. Canfield, C.R. Henderson, D.A. Cory-Slechta, C. Cox, T.A. Jusko and B. P. Lanphear. "Intellectual impairment in Children with Blood Lead Concentrations below 10 µg Per Deciliter," *New England Journal of Medicine*, Vol. 348, No. 16, 2003, pp. 1517—1526. doi: 10.1056/NEJMoa022848
14. Mergler D, Anderson HA, Chan LH, Mahaffey KR, Murray M, Sakamoto M, Stern AH; Panel on Health Risks and Toxicological Effects of Methylmercury. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *Ambio.* 2007 Feb;36(1):3-11. doi: 10.1579/0044-7447(2007)36[3:meahei]2.0.co;2. PMID: 17408186.
15. Meharg AA, Norton G, Deacon C, Williams P, Adomako EE, Price A, Zhu Y, Li G, Zhao FJ, McGrath S, Villada A, Sommella A, De Silva PM, Brammer H, Dasgupta T, Islam MR. Variation in rice cadmium related to human exposure. *Environ Sci Technol.* 2013 Jun 4;47(11):5613-8. doi: 10.1021/es400521h. Epub 2013 May 23. PMID: 23668419.
16. Åkesson A, Barregard L, Bergdahl IA, Nordberg GF, Nordberg M, Skerfving S. Non-renal effects and the risk assessment of environmental cadmium exposure. *Environ Health Perspect.* 2014 May;122(5):431-8. doi: 10.1289/ehp.1307110. Epub 2014 Feb 25. PMID: 24569905; PMCID: PMC4014752.
17. EFSA (Eur. Food Saf. Auth.). Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food // *EFSA J.* 2009. Vol. 980. P. 1—139.
18. Clemens S, Aarts MG, Thomine S, Verbruggen N. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends Plant Sci.* 2013 Feb;18(2):92-9. doi: 10.1016/j.tplants.2012.08.003. Epub 2012 Sep 12. PMID: 22981394.
19. Zhao FJ, Ma Y, Zhu YG, Tang Z, McGrath SP. Soil contamination in China: current status and mitigation strategies. *Environ Sci Technol.* 2015 Jan 20;49(2):750-9. doi: 10.1021/es5047099. PMID: 25514502.
20. EFSA (Eur. Food Saf. Auth.). Scientific opinion on lead in food // *EFSA J.* 2010. No. 8. P. 1570.
21. EFSA (Eur. Food Saf. Auth.). Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food // *EFSA J.* 2012. No. 10. P. 2985.
22. FAO (Food Agric. Organ. UN), WHO (World Health Organ.). Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Tech. Report Ser. 960, WHO, Geneva, Switz. 2010. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_960_eng.pdf
23. Veltman K, Huijbregts MA, Hendriks AJ. Cadmium bioaccumulation factors for terrestrial species: application of the mechanistic bioaccumulation model OMEGA to explain field data. *Sci Total Environ.* 2008 Dec 1;406(3):413-8. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.05.049. Epub 2008 Aug 22. PMID: 18722646.
24. Alonso E, González-Núñez M, Carbonell G, Fernández C, Tarazona JV. Bioaccumulation assessment via an adapted multi-species soil system (MS.3) and its application using cadmium // *Ecotoxicol Environ Saf.* 2009. Vol. 72. No 4. 1038—1044. doi: 10.1016/j.ecoenv.2008.08.004
25. Chary NS, Kamala CT, Raj DS. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2008 Mar; 69(3):513-24. doi: 10.1016/j.ecoenv.2007.04.013. Epub 2007 Jun 6. PMID: 17555815.
26. L. C. Chien, T. C. Hung, K. Y. Choang, C. Y. Yeh, P. J. Meng, M. J. Shieh and B. C. Ha, "Daily Intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for Fishermen in Taiwan," *Science of the Total Environment*, Vol. 285, No. 1-3, 2002, pp. 177185. doi: 10.1016/S0048-9697(01)00916-0
27. Zheng N, Wang Q, Zheng D. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Sci Total Environ.* 2007 Sep 20;383(1-3):81-9. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.05.002. Epub 2007 Jun 15. PMID: 17573096.
28. Zheng N, Wang QC, Zheng DM. [Transfer characteristics of mercury, lead, cadmium, zinc and cuprum from soil to vegetable around zinc smelting plant]. *Huan Jing Ke Xue.* 2007 Jun;28(6):1349-54. Chinese. PMID: 17674748.

29. Yang Q.W, Lan C.Y, Wang H.B, Zhuang P, Shu W.S. Cadmium in soil—rice system and health risk associated with the use of untreated mining wastewater for irrigation in Lechang, China // *Agric Water Manag.* 2006. Vol. 84 (1—2). P. 147—152.
30. Millis PR, Ramsey MH, John EA. Heterogeneity of cadmium concentration in soil as a source of uncertainty in plant uptake and its implications for human health risk assessment. *Sci Total Environ.* 2004 Jun 29;326(1-3):49-53. doi: 10.1016/j.scitotenv.2003.12.009. PMID: 15142764.
31. Bashkin V.N. *Modern Biogeochemistry: Environmental Risk Assessment* // 2d Edition Springer Publishers. 2006. 444 pp.
32. Li Z, Ma Z, van der Kuijp TJ, Yuan Z, Huang L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Sci Total Environ.* 2014 Jan 15;468-469:843-53. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.08.090. Epub 2013 Sep 25. PMID: 24076505.
33. Fryer M, Collins C.D. Ferrier H., Colvile R.N., Nieuwenhuijsen M.J. Human exposure modelling for chemical risk assessment: a review of current approaches and research and policy implications // *Environ Sci Pol.* Vol. 9. 2006. No. 3. P. 261—274. DOI: 10.1016/j.envsci.2005.11. 011
34. Sun Qu. K., Wang S.R., Huang L., Bi J. Monte Carlo simulation based health risk assessment of heavy metal pollution: a case study in Qixia mining area, China // *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2012. No. 18. P. 733—750. DOI: 10.1080/10807039.2012.688697
35. Ordóñez A., Álvarez R., Charlesworth S., De Miguel E., Loredo J. Risk assessment of soils contaminated by mercury mining, Northern Spain // *J Environ Monit.* 2011. No. 13(1). P. 128—136. DOI: 10.1039/c0em00132e
36. USEPA. *Guidelines for the health risk assessment of chemical mixtures* [R]. US Environmental Protection Agency, Washington, DC (1986).
37. *Risk assessment guidance for Superfund. Human health evaluation manual, (part A)* [R], vol. 1, Office of emergency and remedial response, Washington, DC (1989).
38. *Guidelines for exposure assessment* [R]. USEnvironmental Protection Agency, Washington, DC (1992).
39. *Example exposure scenarios* [R]. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC (2003) [EPA/600/R-03/036].
40. Hu, X., Zhang, Y., Ding, Z.H., Wang, T.J., Lian, H.Z., & Sun, Y.Y. (2012). Bio-Accessibility and Health Risk of Arsenic and Heavy Metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM2.5 in Nanjing, China. *Atmospheric Environment*, 57, 146—152. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.056>
41. USEPA. *Supplemental guidance for developing soil screening levels for Superfund sites* [R]. Soil Waste and Emergency Response, Washington, DC (2002).
42. Carrington C.D., Bolger P.M. Uncertainty and risk assessment // *Hum Ecol Risk Assess.* 1998. Vol. 4. No. 2. P. 253—257. doi.org/10.1080/10807039891284325
43. Mesa-Frias M, Chalabi Z, Vanni T, Foss AM. Uncertainty in environmental health impact assessment: quantitative methods and perspectives. *Int J Environ Health Res.* 2013;23(1):16-30. doi: 10.1080/09603123.2012.678002. Epub 2012 Apr 19. PMID: 22515647.
44. Mari M, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. Exposure to heavy metals and PCDD/Fs by the population living in the vicinity of a hazardous waste landfill in Catalonia, Spain: health risk assessment. *Environ Int.* 2009 Oct;35(7):1034-9. doi: 10.1016/j.envint.2009.05.004. Epub 2009 Jun 10. PMID: 19515422.
45. Molak V. *Fundamentals of risk analysis and risk management* // Lewis Publishers, New York (1997). DOI: 10.1201/9780367803056. COPY. ABSTRACT
46. Осипова Н.А., Язиков Е.Г., Янкович Е.П. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека // *Фундаментальные исследования.* 2013. № 8 (часть 3). С. 681—686. [Osipova N.A., Yazikov E.G., Yankovich E.P. Heavy metals in soil and vegetables as a risk factor for health of consumers // *Basic research.* 2013. No. 8 (part 3). P. 681—686 (in Russ.)]
47. Prasad M.N.V., Hagemeyer J. (eds.). *Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems* // Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 1999.
48. Белоголова Г.А., Соколова М.Г., Пройдакова О.А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растение // *Агрохимия.* 2011. № 9. С. 58—76. [Belogolova G.A., Sokolova M.G., Prokhodakova O.A. Effect of soil bacteria on the distribution of chemical elements in the soil-plant system // *Agrochemistry.* 2011. No. 9. P. 58—76 (in Russ.)]
49. Pishchik V.N., Vorobyev N.I., Chernyaeva I.I., Timofeeva, A.P Kozhemyakov, Y.V. Alexeev. Y., Lukin S.M. Experimental and mathematical simulation of plant growth promoting rhizobacteria and plant interaction under cadmium stress // *Plant Soil.* Vol. 243. 2002. No. 2. P. 173—186. DOI: 10.1023/A:1019941525758

50. Белимов А.А., Кунакова А.М., Сафронова В.И., Степанов В.В., Юдкин Л.Ю., Алексеев Ю.В., Кожемяков А.П. Использование ассоциативных бактерий для инокуляции ячменя в условиях загрязнения почвы свинцом и кадмием // *Микробиология*. 2004. Т. 73. № 1. С. 118—125 [Belimov A. A., Kunakova A.M., Safronova V.I. Stepanov V.V., Yudkin L. Yu. Employment of rhizobacteria for the inoculation of barley plants cultivated in soil contaminated with lead and cadmium // *Microbiology*. Vol. 73. 2004. No. 1. P. 118—125 (in Russ.)]
51. Шабает В.П., Бочарникова Е.А., Остроумов В.Е. Ремедиация загрязненной кадмием почвы при применении стимулирующих рост растений ризобактерий и природного цеолита // *Почвоведение*. 2020. № 6. С. 733—760 DOI: 10.31857/S0032180X20060118 [Shabaev V.P., Bocharnikova E.A., Ostroumov V. E. Remediation of cadmium-polluted soil using plant growth-promoting rhizobacteria and natural zeolite // *Soil science*. 2020. No 6. P. 733—760 (in Russ.) DOI: 10.31857/S0032180X20060118]
52. Шабает В.П. Эффективность применения азотфиксирующей бактерии при выращивании растений в различных почвенных условиях // *Агрохимия*. 2020. № 11. С. 41—52. DOI: 10.31857/S0002188120110083 [Shabaev V.P. Efficiency of using n₂-fixing bacterium under growing plants in various soil conditions // *Agrochemistry*. 2020. No 11. P. 41—52 (in Russ.) DOI: 10.31857/S0002188120110083]
53. Krupa, P., Kozdrój, J. Ectomycorrhizal Fungi and Associated Bacteria Provide Protection Against Heavy Metals in Inoculated Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Seedlings. *Water Air Soil Pollut* 182, 83—90 (2007). <https://doi.org/10.1007/s11270-006-9323-7>
54. Awad F., Romheld V. Mobilization of heavy metals from contaminated calcareous soils by plant born, microbial and synthetic chelators and their uptake by wheat plants // *J. Plant Nutrit.* 2000. Vol. 23. P. 1847—1855. DOI: 10.1080/01904160009382147
55. Zaidi S, Usmani S, Singh BR, Musarrat J. Significance of *Bacillus subtilis* strain SJ-101 as a bioinoculant for concurrent plant growth promotion and nickel accumulation in *Brassica juncea*. *Chemosphere*. 2006 Aug;64(6):991-7. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.12.057. Epub 2006 Feb 17. PMID: 16487570.
56. Кравченко Л.В., Шапошников А.И., Макарова Н.М., Азарова Т.С., Тихонович И.А. Динамика численности антифунгальных штаммов *Pseudomonas* в ризосфере огурцов, выращиваемых в условиях гидропоники на минеральном тепличном субстрате // *Микробиология*. 2006. Т. 75. № 3. С. 404—409. [Kravchenko L.V., Shaposhnikov A.I., Makarova N.M., Azarova T.S., Tikhonovich I.A. Dynamics of abundance of antifungal strains of pseudomonas in the rhizosphere of hydroponic cucumbers grown on greenhouse mineral substrate // *Microbiology*. 2006. Vol. 75. No 3. P. 404—409 (in Russ.)]
57. Белимов А.А., Тихонович И.А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3. С. 10—15. [Belimov A.A., Tikhonovich I.A. Microbiological Aspects of resistance and accumulation of heavy metals by plants // *Agricultural biology*. 2011. No. 3. P. 10—15 (in Russ.)]
58. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Кипайкина Н.В. Протекторная роль обработки тидиазуоном проростков огурца при действии тяжелых металлов и охлаждения // *Физиология растений*. 2003. Т. 50. № 3. С. 305—307. [Lukatkin A.S., Bashmakov D.I., Kipaikina N.V. Rotective role of thidiazuron treatment on cucumber seedlings exposed to heavy metals and chilling // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2003. T. 50. No 3. C. 305—307 (in Russ.)]
59. Быков А.А., Башкин В.Н. Об экстремальных природных явлениях и оценке природных и экологических рисков // *Проблемы анализа риска*. Т. 15. 2018. № 3. 4—5. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2018-15-3-4-5> [Bykov A.A., Bashkin V.N. On extreme natural phenomena and the assessment of natural and environmental risks // *Issues of Risk analysis*. Vol. 15. 2018. No 3. P. 4—5 (In Russ.) <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2018-15-3-4-5>]

Сведения об авторах

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: биогеохимия, (гео)экологические риски, газовая промышленность

ResearcherID: J-4621-2018

Scopus Author ID: 7005340339

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2-1, ИФХБПП РАН

E-mail: vladimrbashkin@yandex.ru

Галиулина Роза Адхамовна: научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт фундаментальных проблем биологии РАН

Количество публикаций: более 300

Область научных интересов: геоэкология

Scopus Author ID: 6602432775

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2, ИФПБ РАН

E-mail: rosa_g@rambler.ru

Статья поступила в редакцию: 22.06.2021

Принята к публикации: 14.07.2021

Дата публикации: 31.08.2021

The paper was submitted: 22.06.2021

Accepted for publication: 14.07.2021

Date of publication: 31.08.2021

УДК 332.145
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-66-78>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Оценка рисков корпоративно-финансовой безопасности региона (на примере Республики Коми)

Кызыуров М. С.,

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

Аннотация

В статье представлен авторский подход к оценке рисков корпоративно-финансовой безопасности региона.

Целью статьи является разработка, обоснование и апробация авторского подхода к оценке и измерению рисков корпоративно-финансовой безопасности на мезоуровне.

В ходе исследования использовались такие методы, как индикативный метод, метод сравнения, анализ, синтез. В работе анализируются концептуальные подходы к понятию риска безопасности, рассматриваются отличительные характеристики дефиниции «риск» от понятий «угроза» и «опасность».

Далее автором исследуется вопрос о перечне основных рисков в области корпоративно-финансовой безопасности, в результате чего предлагается риск-система, включающая 7 основных рисков, которые оцениваются с помощью методики, основанной на синтезе индикативного и минимаксного методов с применением нормирующей функции и столбальной шкалы. Для каждого из рисков выбираются индикаторы, а также обосновываются их пороговые величины, которые используются для сравнения с фактическими значениями показателей, на основе чего и измеряется уровень риска. Апробация предложенного в статье подхода осуществлена на примере Республики Коми. В результате риск-диагностики выявлены существенные риски корпоративно-финансовой безопасности региона, а также предложены некоторые рекомендации для решения проблемы улучшения условий ведения бизнеса в регионе.

Полученные результаты работы могут быть использованы органами государственной власти при решении задач государственного управления и мониторинга рисков корпоративно-финансовой безопасности региона.

Ключевые слова: корпоративно-финансовая безопасность, риски, оценка рисков, регион, Республика Коми, индикаторы, бизнес.

Для цитирования: Кызыуров М. С. Оценка рисков корпоративно-финансовой безопасности региона (на примере Республики Коми) // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 66–78, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-66-78>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Assessment of Risks of Corporate and Financial Security of the Region (on the Example of the Komi Republic)

Mihail S. Kyzurov,

Vyatka State University,
Moskovskaya str., 36, Kirov,
610000, Russia

Abstract

The article presents the author's approach to assessing the risks of corporate and financial security of the region. The purpose of the article is to develop, substantiate and test the author's approach to assessing and measuring risks of corporate and financial security at the meso-level. The research used methods such as indicative method, comparison method, analysis, synthesis. The paper analyzes conceptual approaches to the concept of security risk, examines the distinctive characteristics of the definition of "risk" from the concepts of "threat" and "danger". Further, the author examines the issue of the list of main risks in the field of corporate financial security, as a result of which a risk system is proposed that includes 7 main risks, which are assessed using a methodology based on the synthesis of an indicative approach and a minimax method using a normalizing function and a 100-point scale. For each of the risks, indicators are selected, and their threshold values are justified, which are used for comparison with the actual values of indicators, on the basis of which the level of risk is measured. Approbation of the approach proposed in the article was carried out on the example of the Komi Republic. As a result of the risk diagnostics, significant risks of the corporate and financial security of the region were identified, and some recommendations were proposed for solving the problem of improving the conditions for doing business in the region. The obtained results of the work can be used by public authorities in solving the problems of public administration and monitoring the risks of the corporate and financial security of the region.

Keywords: corporate and financial security, risks, risk assessment, region, Komi Republic, indicators, business.

For citation: Kyzurov M.S. Assessment of risks of corporate and financial security of the region (on the example of the Komi Republic) // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 66–78, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-66-78>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Понятие и виды рисков корпоративно-финансовой безопасности
2. Методология оценки рисков корпоративно-финансовой безопасности
3. Результаты

Заключение

Литература

Введение

Важнейшим элементом финансово-бюджетной безопасности региона является корпоративно-финансовая безопасность, особая роль которой обусловлена теми функциями и задачами, которые выполняет бизнес в экономике. Именно бизнес обеспечивает домохозяйства необходимым количеством благ, используемых в процессе жизнедеятельности, а также предоставляет товары и оказывает услуги по заказу государства через механизм государственных закупок. Развитие предпринимательства, в особенности малого, является одной из главных задач государства. От того, насколько развит бизнес в регионе, зависят уровень его благосостояния, промышленного и инновационного развития, показатели уровня и качества жизни населения. В современной рыночной системе предпринимательство занимает центральное положение, оно обеспечивает социальную и политическую стабильность в обществе, можно согласиться с утверждением П. Дракера, который сравнивает бизнес с «позвоночником экономики» [5].

В современной России имеются значительные проблемы в сфере развития малого и среднего предпринимательства, существуют риски, препятствующие нормальному развитию нашей страны и ее регионов. В наиболее развитых странах мира большая часть населения занята в сфере малого бизнеса. Доля малого бизнеса в ВВП Италии составляет 68%, Китая — 60%, ФРГ — 53%, а России — лишь 21% [18, с. 9]. При этом количество субъектов малого предпринимательства в США в расчете на одну тысячу человек составляет 90 человек, а в России, согласно официальным статданным за 2020 год, — 39. В зарубежной литературе подчеркивается важность малого бизнеса для развития экономики, в частности, ряд авторов отмечают стимулирование развития новых технологий и инноваций именно малыми предприятиями за счет их гибкости и высокой конкуренции на рынках товаров и услуг, которые приводят к необходимости постоянно совершенствовать предлагаемые продукты и процессы по их выпуску на рынок [9, с. 334]. Кроме того, малые предприятия обеспечивают занятость населения, так как постоянно создают все новые рабочие места, обеспечивая устойчивый рост экономики [2, с. 133; 8, с. 244;

9, с. 333]. Таким образом, для преодоления отставания в области экономики и современных технологий России необходимо улучшать условия ведения предпринимательства в стране, органы управления и государственной власти должны своевременно реагировать на возникающие риски, чтобы не допустить их перерастания в значительные угрозы экономической безопасности.

Сложная экономическая ситуация, в которой оказалась Россия в последние десять лет в результате появления новых угроз и рисков безопасности, таких как: коронавирусная инфекция, принявшая характер пандемии, и связанные с ней ограничения, санкции в отношении ряда отраслей и российских компаний, принятые рядом западных стран, экономический застой, проявляющийся в стагнации экономики, быстрые темпы инфляции на фоне продолжающегося снижения реальных доходов и покупательной способности населения, деиндустриализация и разрушение промышленности, отток капитала из страны, а также многие другие риски и угрозы, — привели к ухудшению делового климата на территории страны, сокращению количества действующих предприятий в результате финансовой несостоятельности и увеличения доли теневой экономики из-за высокой налоговой нагрузки на бизнес.

Для повышения уровня корпоративно-финансовой безопасности необходимо создание действенного механизма, направленного на идентификацию, измерение и воздействие на имеющиеся риски.

1. Понятие и виды рисков корпоративно-финансовой безопасности

В научной литературе ведутся дискуссии по поводу того, что представляет собой риск. Норвежские исследователи L. Fjaeran и T. Aven понимают под риском неопределенность, проявляющуюся в двувариативной комбинации последствий [6, с. 175]: с одной стороны, существует гипотетическая вероятность положительного исхода события, с другой — реализация негативного для хозяйствующего субъекта варианта.

Чаще всего понятие «риск» сравнивают с понятием «угроза». В научной литературе популярен подход, в соответствии с которым риск отличается

от угрозы тем, что он в ситуации неопределенности может привести не только к негативному результату, но также и к позитивным последствиям, в то время как угроза всегда несет в себе вред и негативные последствия [3, с. 65].

Давая характеристику риску, итальянские исследователи Ф. Батистелли и М. Галантино отмечают следующие характерные особенности, отличающие риски:

- 1) неопределенность будущего результата;
- 2) результаты необязательно являются негативными, они могут приносить пользу или вред для различных субъектов;
- 3) является следствием человеческих решений [3, с. 69].

Применительно к характеристике рисков в сфере безопасности обычно в литературе используется другой подход, в соответствии с которым риски так же, как и угрозы, рассматриваются в негативном ключе, отличаясь от последних более низкой степенью опасности вызываемых ими последствий [16, с. 19]. При этом подходе риски рассматриваются как вероятность наступления негативных событий, появления непредвиденных расходов хозяйствующих субъектов, потерь [17, с. 83].

Еще одна точка зрения состоит в том, что сущность рисков применительно к категории безопасности состоит в измерении уровня опасности угроз: риски показывают, насколько те или иные угрозы представляют опасность для общества, государства, личности, предприятий и организаций, природы и т. д. [20, с. 12]. Таким образом, в случае соотнесения дефиниций «риск», «опасность» и «угроза» под риском понимается степень опасности угрозы. На наш взгляд, именно этот подход следует использовать при характеристике рисков в области предпринимательства. Сама по себе угроза корпоративно-финансовой безопасности не наносит ущерб предприятиям до тех пор, пока она не реализована. Соответственно, выявление и измерение рисков позволяет вовремя предотвратить наступление негативных последствий для бизнес-сообщества и экономики региона в целом.

В научной литературе существуют различные подходы к перечню рисков в области корпоративно-финансовой безопасности.

А. О. Аяндибу и Д. Хоутон среди рисков в области предпринимательства, имеющих отношение к финансовой сфере, выделяют: отсутствие доступа к финансам, проявляющееся в невозможности получения кредита предпринимателем; высокие процентные ставки по кредитам; недостаточную государственную поддержку малого бизнеса; преступления; риски, связанные с падением спроса на товары, работы и услуги; высокий уровень конкуренции; коррупцию; слишком высокую налоговую нагрузку на бизнес; длительную рецессию в экономике; нехватку квалифицированной рабочей силы; высокую инфляцию; риски, связанные с недостатками в системе управления предприятиями (отсутствие деловых навыков, неадекватное исследование рынка, отсутствие опыта, связанного с управлением рисками) и т. д. [2, с. 136].

Д. Агустия, Н. П. Мухаммад и Я. Перматасари считают, что основным бизнес-риском является риск банкротства вследствие невозможности компании выполнить свои обязательства перед контрагентами [1, с. 1]. При этом риск банкротства представляет опасность не только для акционеров и руководящего звена компании, но также и для кредиторов, которые могут не получить своих денег, работников предприятия, которые в случае банкротства могут потерять работу, общества, так как в результате ликвидации предприятия предложение на рынке товаров (работ, услуг), производимых (выполняемых, оказываемых) предприятием населению, снизится.

А. У. Рейман, М. Анвар полагают, что самым опасным риском для предпринимателя является высокий уровень конкуренции на рынках товаров и услуг [10, с. 207].

Л. Козубикова, Л. Хомолка, Д. Кристалас акцентируют внимание на исследовании финансовых рисков, связанных с отсутствием банковского финансирования малого и среднего бизнеса [7, с. 36]. Кроме того, указанные авторы в качестве риска предпринимательской деятельности выделяют плохую структуру капитала малых и средних компаний, проявляющуюся в высокой долговой нагрузке на бизнес [7, с. 37]. Высокая долговая зависимость компаний региона, в свою очередь, приводит к повышению процентных ставок по кредитам, что не-

гativamente сказывается на финансовой устойчивости предприятий.

Еще одним риском, выделяемым в зарубежной научной литературе, является утрата конкурентоспособности предприятиями из-за научно-технологического отставания от конкурентов [4]. На наш взгляд, данный риск имеет особую важность в силу экспоненциального ускорения научно-технологического развития, особенно в области цифровых технологий.

З. М. Бикметова в качестве основных рисков финансовой безопасности предприятия называет следующие:

- 1) структурный риск (риск структуры капитала);
- 2) риск потери финансовой устойчивости;
- 3) риск снижения ликвидности и потери платежеспособности;
- 4) риск снижения прибыли;
- 5) риск банкротства [11, с. 372; 12, с. 67].

Т. А. Власенкова, Т. М. Панченко и А. П. Цыпин среди финансовых рисков предприятия называют риск упущенной выгоды, риск потери финансовых ресурсов, риск недополучения прибыли [13, с. 275].

Во всех рассмотренных подходах речь идет об исследовании рисков с позиции одного отдельного предприятия. В научной литературе практически отсутствуют исследования, посвященные проблемам корпоративной безопасности на мезоуровне.

Для оценки уровня корпоративно-финансовой безопасности на уровне региона, на наш взгляд, необходимо разработать систему индикаторов, позволяющих оценить состояние бизнес-процессов не на уровне отдельных предприятий, а в целом.

Система рисков корпоративно-финансовой безопасности на уровне региона, на наш взгляд, выглядит следующим образом:

- 1) риск убыточности ведения бизнеса в регионе;
- 2) риск невозможности для организаций региона отвечать по своим финансовым обязательствам;
- 3) риск снижения ликвидности предприятий региона;
- 4) риск нехватки финансирования деятельности предприятий региона;
- 5) риск ликвидации субъектов малого и среднего бизнеса из-за сложности ведения бизнеса в регионе;

б) риск снижения количества работников, занятых в сфере малого бизнеса;

7) инфляционный риск, включающий увеличение себестоимости производства и затрат на реализацию товаров.

2. Методология оценки рисков корпоративно-финансовой безопасности

Для оценки степени опасности рисков корпоративно-финансовой безопасности региона, на наш взгляд, следует использовать риск-ориентированный подход, в соответствии с которым для каждого из выделенных рисков подбирается соответствующий показатель, который позволяет оценить уровень безопасности.

В целях измерения рисков целесообразно использовать пороговые уровни, которые показывают степень отклонения фактических значений показателей от величины, при котором риски безопасности отсутствуют. Предлагаем использовать три пороговых уровня.

1. Первый уровень соответствует значениям показателя, при котором обеспечивается максимальный уровень безопасности, нет сигналов о том, что уровень безопасности понизится в дальнейшем и реализуется угроза.

2. Второй уровень предполагает стабильное состояние системы, когда нет существенных рисков системе безопасности, однако показатель находится на уровне, близком к нижней границе безопасности, соответственно, в случае возникновения неблагоприятных обстоятельств риск может вырасти.

3. Третий уровень. Нахождение на отметке ниже второго порогового уровня означает, что существуют риски в системе безопасности, игнорирование которых ведет к реализации угрозы. На этом уровне все риски по степени можно подразделить на четыре зоны:

- 1) риски небольшой опасности;
- 2) риски высокой опасности;
- 3) риски кризисного уровня;
- 4) риски катастрофического уровня.

На первом этапе диагностики рисков формируется перечень рисков, определяются индикаторы, с помощью которых происходит измерение степени

опасности по каждому из направлений. Далее разрабатываются пороговые величины каждого из индикаторов.

В целом индикативная система корпоративно-финансовой безопасности региона выглядит следующим образом. В табл. 1 представлены основные риски корпоративно-финансовой безопасности на мезоуровне, индикаторы, используемые для оценки степени опасности риска, а также пороговые уровни для каждого из индикаторов.

Далее приводится краткая характеристика каждого из приведенных индикаторов.

Рассмотрим индикаторы корпоративно-финансовой безопасности регионов.

1. Индикатор «Доля убыточных предприятий, %» — относительный показатель, рассчитываемый путем деления количества убыточных предприятий региона на общее количество предприятий, используется для оценки риска убыточности ведения бизнеса в регионе. Пороговое значение индикатора определено экспертным способом на основе работ С. Ю. Глазьева [15], О. Б. Ганина и М. В. Шляпиной на уровне 25% [14, с. 86].

2. Индикатор «Величина просроченной кредиторской задолженности к ВРП, %» — индикатор, представляющий собой отношение суммы кредиторской задолженности физических и юридических лиц к величине ВРП, %. Показатель используется для оценки риска невозможности организаций региона отвечать по своим финансовым обязательствам. Пороговая величина определена на уровне 3,8 исходя из среднероссийских значений за 5 последних лет.

3. Индикатор «Сводный коэффициент текущей ликвидности (коэффициент покрытия)» — индикатор, рассчитываемый как среднее арифметическое коэффициентов текущей ликвидности по видам деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», «добыча полезных ископаемых», «обрабатывающие производства», «строительство», «торговля». Коэффициент текущей ликвидности представляет собой отношение суммы оборотных активов предприятий региона к общему объему краткосрочных обязательств и является индикатором, с помощью которого определяется уровень опасности угрозы снижения способности организаций региона погашать текущие обязательства. Поро-

Таблица 1. Индикативная система корпоративно-финансовой безопасности региона

Table 1. Indicative system of corporate and financial security of the region

Риск	Название индикатора	Пороговое значение	Верхний порог	Нижний порог
Риск убыточности ведения бизнеса в регионе	Удельный вес убыточных организаций	≤ 25	$\leq 15,6$	$\leq 62,5$
Риск невозможности организаций региона отвечать по своим финансовым обязательствам	Просроченная кредиторская задолженность к ВРП, %	$\leq 3,8$	$\leq 2,4$	$\leq 9,5$
Риск снижения ликвидности предприятий региона	Сводный коэффициент текущей ликвидности (покрытия) предприятий региона	≥ 200	≥ 240	≥ 40
Риск нехватки финансирования деятельности предприятий региона	Сводный коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами региона	≥ 10	≥ 12	≥ 2
Риск ликвидации субъектов малого и среднего бизнеса из-за сложности ведения бизнеса в регионе	Количество субъектов малого предпринимательства на 1000 человек	≥ 40	≥ 48	≥ 8
	Количество субъектов среднего предпринимательства на 100 000 человек	≥ 13	≥ 16	≥ 3
Риск снижения количества работников, занятых в сфере малого бизнеса	Количество работников, занятых в сфере малого бизнеса, на 1000 человек	≥ 100	≥ 120	≥ 20
Инфляционный риск, включающий увеличение себестоимости производства и затрат на реализацию товаров	Индекс цен производителей промышленных товаров	≤ 104	$\leq 102,5$	≤ 110

говое значение индикатора определено на уровне 200 исходя из сложившейся международной практики.

4. Индикатор «Сводный коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами» — индикатор, представляющий собой среднее арифметическое коэффициентов обеспеченности собственными оборотными средствами по видам деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», «добыча полезных ископаемых», «обрабатывающие производства», «строительство», «торговля». Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами рассчитывается с помощью деления суммы всех собственных оборотных средств организаций региона на сумму фактической стоимости всех оборотных средств, находящихся в наличии у предприятий региона, и является индикатором, позволяющим измерить уровень угрозы нехватки у организаций региона средств, необходимых для финансирования их текущей деятельности. Общепризнанным является пороговое значение на уровне 10%.

5. Индикатор «Количество субъектов малого предпринимательства на 1000 человек» — индикатор, показывающий уровень развития малого бизнеса в регионе, определяется на основе данных из Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства. Для расчета показателя необходимо сложить количество всех субъектов малого предпринимательства в регионе, разделить его на количество жителей региона и умножить на 1000. Низкие значения показателя свидетельствуют о недостаточном развитии малого бизнеса в регионе. Пороговое значение индикатора установлено на уровне 40 исходя из среднероссийских значений индикатора за 5 лет.

6. Индикатор «Количество субъектов среднего предпринимательства на 100 000 человек» — индикатор, показывающий уровень развития среднего бизнеса в регионе, определяется на основе данных из Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства. Для расчета показателя необходимо сложить количество всех субъектов среднего предпринимательства в регионе, разделить эту цифру на количество жителей региона и умножить получившееся число на 100 000. Низкие значения показателя свидетельствуют о недостаточном раз-

витии среднего бизнеса в регионе. Пороговое значение индикатора установлено на уровне 13 исходя из среднероссийских значений индикатора за 5 лет.

7. Индикатор «Количество работников, занятых в сфере малого бизнеса, на 1000 человек» является индикатором развития малого бизнеса в регионе, рассчитывается на основе данных из Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства и показывает уровень занятости в сфере малого бизнеса. Пороговое значение индикатора составляет 100 человек, что равняется 10% от общего количества занятых.

8. Индикатор «Индекс цен производителей промышленных товаров (ИЦП), %» — индексный показатель, который объединяет в себе индексы цен по видам экономической деятельности «добыча полезных ископаемых», «обрабатывающие производства», «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха», «водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений». Показатель исчисляется с помощью данных о суммарной стоимости обследуемых видов деятельности в ценах отчетного периода и суммарной стоимости этих видов деятельности в ценах предыдущего периода. По отдельным видам экономической деятельности индексы цен рассчитываются из сумм стоимостей тех товарных групп и самостоятельных товаров, которые входят в этот вид деятельности. Рост цен на сырье и материалы приводит к ускорению темпов инфляции в других секторах экономики региона. В конечном счете величина индекса производителей влияет и на индекс потребительских цен. Пороговое значение индикатора также определено на уровне 104% исходя из целевого уровня по инфляции, определенного Банком России.

На втором этапе для каждого из регионов на основе официальных статистических данных определяются фактические значения по индикаторам, которые используются в дальнейшем для расчета балльных оценок по каждому из индикаторов с помощью методики, базирующейся на соединении индикативного метода с ранжированием с использованием минимаксного подхода и приведением фактических значений индикатора к нормированным. Кроме того, для оценки рисков предлагается

использовать стобальную шкалу [19, с. 367]. Расчет балльных оценок по индикаторам является третьим этапом диагностики корпоративно-финансовой безопасности регионов.

На следующем, четвертом этапе с помощью среднего арифметического полученных балльных оценок рассчитывается итоговый уровень корпоративно-финансовой безопасности региона. На пятом этапе для региона определяются наиболее значимые риски, происходит ранжирование регионов по уровню безопасности.

Представленная методика оценки рисков корпоративно-финансовой безопасности была апробирована на примере Республики Коми.

В табл. 2 представлены фактические значения показателей, необходимые для расчета балльных оценок. По индикаторам «Удельный вес убыточных организаций» и «Просроченная кредиторская задолженность к ВРП, %» были взяты данные за период с 2015 по 2019 г. из-за отсутствия официальных статданных за 2020 г., по остальным индикаторам значения индикаторов рассчитывались за период с 2016 по 2020 г. Расчет значений индикаторов осу-

ществлялся на основе официальных статистических данных Росстата и Федеральной налоговой службы России.

На основе представленных данных были рассчитаны балльные оценки по индикаторам с помощью нормирующей функции, предложенной нами в другой работе [19, с. 367—368]. Для того чтобы проанализировать риски в динамике и исключить фактор случайности, балльные оценки были рассчитаны на основе средних значений индикаторов за пятилетний период. Балльные оценки по индикаторам, а также итоговый уровень корпоративно-финансовой безопасности представлены в табл. 3.

После расчета балльных оценок корпоративно-финансовой безопасности региона осуществляется определение уровня риска по каждому из индикаторов на основе специально разработанной шкалы измерения рисков, включающей шесть уровней. С помощью данной шкалы осуществляется ранжирование рисков корпоративно-финансовой безопасности региона по степени опасности. Шкала рисков представлена в табл. 4.

Таблица 2. Значения индикаторов корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми за 5 лет

Table 2. Values of indicators of corporate and financial security of the Komi Republic for 5 years

№	Название индикатора	Значения индикатора						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	5 лет
1	Удельный вес убыточных организаций	38,4	39,4	43,2	48,4	38,7	40,4	42,0
2	Просроченная кредиторская задолженность к ВРП, %	3,7	3,9	3,6	3,5	3,8		3,7
3	Сводный коэффициент текущей ликвидности (покрытия) предприятий региона		174,3	199,2	251,0	233,3	225,6	216,7
4	Сводный коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами региона		10,8	-11,4	1,5	19,1	8,3	5,7
5	Количество субъектов малого предпринимательства на 1000 человек		36	35	35	33	32	34
6	Количество субъектов среднего предпринимательства на 100 000 человек		9	8	7	7	7	7
7	Количество работников, занятых в сфере малого бизнеса, на 1000 человек		94	87	82	75	70	79
8	Индекс цен производителей промышленных товаров		113	114,3	106,2	99,6	99,5	106,5

Источник: рассчитано автором на основе данных Росстата и ФНС России.

Таблица 3. Балльные оценки корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми

Table 3. Scores of corporate and financial security of the Komi Republic

№	Название индикатора	Балл за 5 лет	Балл за 1 год
1	Удельный вес убыточных организаций	44	48
2	Просроченная кредиторская задолженность к ВРП, %	82	80
3	Сводный коэффициент текущей ликвидности (покрытия) предприятий региона	88	93
4	Сводный коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами региона	37	64
5	Количество субъектов малого предпринимательства на 1000 человек	65	60
6	Количество субъектов среднего предпринимательства на 100 000 человек	36	34
7	Количество работников, занятых в сфере малого бизнеса, на 1000 человек	59	50
8	Индекс цен производителей промышленных товаров	47	100
Итоговый балл		57	66

Источник: рассчитано автором.

Таблица 4. Шкала измерения рисков

Table 4. Risk measurement scale

Уровень риска	Количество баллов
Полное отсутствие рисков	90—100
Стабильность	80—89
Низкий риск	60—79
Высокий риск	40—59
Критический риск	20—39
Катастрофический риск	1—19

Источник: составлено автором.

Для обеспечения визуализации уровня рисков по каждому из анализируемых индикаторов была составлена лепестковая диаграмма, которая представлена на рисунке.

3. Результаты

Представленные на диаграмме данные свидетельствуют о том, что в 2020 г. по сравнению со средним уровнем за 5 лет уровень корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми заметно повысился. Если в среднем за 5 лет по проекции индикаторов отмечен высокий уровень риска, то в 2020 г. общий уровень безопасности соответствует зоне низкого

риска. Однако по ряду направлений в республике значений показателя находятся на низком уровне. Кроме того, несмотря на тенденцию к росту общего уровня корпоративно-финансовой безопасности, лишь по 4 из 8 индикаторов произошло повышение балльных оценок, по остальным четырем показателям в 2020 г. произошло снижение уровня безопасности. При этом лишь по двум из восьми индикаторов балльные оценки в среднем за 5 лет и в 2020 г. находятся в пределах пороговых значений, что свидетельствует о нахождении в зоне стабильности. Так, в регионе отмечен довольно высокий уровень по индикатору «сводный коэффициент текущей ликвидности (покрытия) предприятий региона», а также невысокий уровень просроченной кредиторской задолженности. При этом в 2020 г. по сравнению со средним уровнем за 5 лет по индикатору «сводный коэффициент текущей ликвидности (покрытия) предприятий региона» уровень безопасности повысился, в целом отмечается позитивная динамика, а риск снижения ликвидности предприятий региона отсутствует.

По индикатору «просроченная кредиторская задолженность к ВРП, %» данные за 2019 г. также превышают значения показателя в среднем за 5 лет, что указывает на небольшой рост уровня риска по индикатору, при этом динамика по показателю не имеет устойчивой тенденции к сни-



Рисунок. Риски корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми

Figure. Risks of corporate and financial security of the Komi Republic

жению уровня безопасности. Так, в 2016 и 2019 гг. значения индикатора увеличились на 0,2 и 0,3% соответственно, а в 2017 и 2018 гг., напротив, снижались. За весь рассматриваемый период уровень просроченной кредиторской задолженности находился в диапазоне от 3,5 до 3,9%, что, на наш взгляд, не представляет большой опасности для бизнес-сообщества региона, соответственно, риск невозможности организаций региона отвечать по своим финансовым обязательствам в настоящее время отсутствует.

По индикатору «Количество субъектов малого предпринимательства на 1000 человек» зафиксирован низкий уровень риска, при этом в регионе отмечена негативная тенденция к снижению уровня безопасности по индикатору. Если в 2016 г. в регионе на каждую тысячу человек действовало 36 субъектов малого предпринимательства, то к 2020-му фактические значения показателя снизились

до 32 субъектов. При сохранении существующей тенденции уровень риска ликвидации субъектов малого бизнеса из-за сложности ведения бизнеса в регионе в 2021—2022 гг. может повыситься до высокого.

О том, что в Коми происходит ухудшение условий для ведения малого и среднего бизнеса, также свидетельствуют данные по индикаторам «Количество работников, занятых в сфере малого бизнеса на 1000 человек» и «Количество субъектов среднего предпринимательства на 100 000 человек», по обоим показателям в 2020 г. уровень безопасности снизился. При этом среди всех восьми индикаторов наибольший уровень риска наблюдается именно по индикатору, характеризующему количество субъектов среднего предпринимательства — по данному показателю отмечен критический уровень риска при сохранении негативной тенденции к снижению показателя. Такая же тенденция наблю-

дается и по индикатору, характеризующему количество работников, занятых в сфере малого бизнеса: если в 2016 г. на каждую тысячу человек в этой сфере работало 94 человека, то в 2020 г. по индикатору был зафиксирован минимальный уровень — 70 человек. В 2020 г. по всей стране возросли риски по развитию малого и среднего бизнеса, что было обусловлено распространением коронавирусной инфекции и последовавшими за этим ограничениями, наложенными Правительством России на деятельность предприятий. Однако на основе данных статистики следует заключить, что COVID-19 не является основной причиной закрытия предприятий региона, так, устойчивая тенденция к ликвидации субъектов малого и среднего предпринимательства наблюдалась и в предшествующие началу пандемии годы. Соответственно, закрытие предприятий обусловлено не распространением коронавирусной инфекции, а является, на наш взгляд, следствием структурных проблем в экономике региона, таких как структурная деформация промышленности, проявляющаяся в значительном развитии обрабатывающих производств в отличие от добывающих; низкие объемы инвестиций в реальный сектор экономики; отставание в области развития инноваций и низкий уровень развития высокотехнологичных производств.

По индикатору «Индекс цен производителей промышленных товаров» в последние два года отмечается низкий уровень риска, в 2019 и 2020 гг. себестоимость произведенных товаров незначительно снижалась в пределах 0,4—0,5%. Однако подобная ситуация, на наш взгляд, вызвана опережающим ростом цен в предыдущие периоды. Так, в 2017 г. значения индекса составили 114,3%, в 2016-м — 113%, а в 2015 г. — 110,6%. Соответственно, среднее значение индикатора за 5 лет соответствует зоне высокого риска.

По индикатору «Сводный коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами региона» в среднем за 5 лет был зафиксирован критический уровень риска. При этом по данному индикатору наблюдается разнонаправленная динамика. Так, в 2019 г. был зафиксирован уровень показателя, соответствующий максимальному уровню безопасности, — 19,1, а в 2017 г. значения индикатора находились в зоне отрицательных значений.

По итогам 2020 г. в регионе отмечен низкий уровень риска нехватки финансирования деятельности предприятий региона.

Заключение

Проведенный анализ состояния корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми позволил выявить и ранжировать существенные риски безопасности, в числе которых следует выделить:

- 1) риск ликвидации субъектов малого и среднего бизнеса из-за сложности ведения бизнеса в регионе;
- 2) риск нехватки финансирования деятельности предприятий региона;
- 3) риск убыточности ведения бизнеса в регионе;
- 4) риск снижения количества работников, занятых в сфере малого бизнеса;
- 5) риск невозможности организаций региона отвечать по своим финансовым обязательствам;
- 6) инфляционный риск, включающий увеличение себестоимости производства и затрат на реализацию товаров.

На наш взгляд, рассмотренные риски представляют существенную опасность не только для корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми, но и для экономической безопасности в целом. В 2020 г., несмотря на ограничения, наложенные на бизнес в период распространения коронавирусной инфекции, общий уровень безопасности повысился, однако по ряду показателей ситуация усугубилась. Особую обеспокоенность вызывает устойчивая негативная тенденция, заключающаяся в ликвидации субъектов малого и среднего бизнеса. Именно предпринимательство является основой рыночной экономики, дальнейшее закрытие предприятий в Республике Коми грозит превращением региона в отсталый, депрессивный субъект России, несмотря на все те природные богатства, которыми богата республика. Улучшение условий ведения бизнеса в регионе, поддержка предпринимательской инициативы жителей республики, открытие новых предприятий, прежде всего обрабатывающей промышленности, являются важнейшей задачей государства, решение которой необходимо для экономического процветания региона. Для решения этой проблемы видится необходимым задействование широкого набора как стратегических, так и тактических мер и инструментов.

Наиболее важными из них, на наш взгляд, являются:

1) льготное кредитование субъектов малого и среднего бизнеса, особенно вновь создаваемых организаций;

2) применение налоговых льгот к вновь создаваемым субъектам малого и среднего бизнеса, включая использование нулевой ставки налога на прибыль в течение первых двух лет работы организации;

3) проведение политики, направленной на диверсификацию экономики, создание особой экономической зоны производственно-промышленного типа в области деревообрабатывающей промышленности, являющейся отраслью специализации Республики Коми, что будет способствовать созданию новых производств с высокой добавленной стоимостью выпускаемой продукции, притоку инвестиций в реальный сектор экономики региона;

4) принятие на уровне региона Стратегии развития предпринимательства в Республике Коми, которая бы предусматривала конкретные шаги, инструменты и меры создания в регионе современной бизнес-среды.

Представленный в работе подход к оценке рисков корпоративно-финансовой безопасности показал свою эффективность в ходе его апробации на примере Республики Коми, были выявлены существенные риски безопасности региона, осуществлена их оценка.

Предложенный в статье методологический подход может быть использован уполномоченными органами государственной власти при решении задач управления, осуществлении функций по мониторингу и оценке рисков корпоративно-финансовой безопасности Республики Коми и других регионов Российской Федерации.

Представленные в работе научные результаты способствуют решению проблемы совершенствования системы управления рисками корпоративно-финансовой безопасности.

Литература [References]

1. Augustia D., Muhammad N.P. Permatasari Ya. Earnings management, business strategy, and bankruptcy risk: evidence from Indonesia // *Heliyon*. 2020. 6 (2). 9 p. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03317.
2. Ayandibu A. O., Houghton J. The role of small and medium scale enterprise in local economic development (LED) // *Journal of Business and Retail Management Research (JBRMR)*. 2017. 11. P. 133—139.
3. Battistelli F., Galantino M.G. Dangers, risks and threats: An alternative conceptualization to the catch-all concept of risk // *Current Sociology*. 67(1). P. 64—78. DOI: 10.1177/0011392118793675.
4. Dellermann D., Fliaster A., Kolloch M. Innovation risk in digital business models: the German energy sector // *Journal of Business Strategy*. 2017. 38 (5). P. 35—43. DOI: 10.1108/JBS-07-2016-0078.
5. Drucker P.F. *Innovation and entrepreneurship Practice and Principles*. New York: Harper & Row. 1985. 277 p.
6. Fjæran L., Aven T. Effective stakeholder involvement requires a common understanding of the risk concept // *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability (ESREL)*. 2019. P. 171—179. DOI: 10.3850/978-981-11-2724-3_0039-cd.
7. Kozubíková L., Homolka L., Kristalas D. The effect of business environment and entrepreneurs' gender on perception of financial risk in the SMEs sector // *Journal of Competitiveness*. 2017. 9 (1). P. 36—50. DOI: 10.7441/joc.2017.01.03
8. Maksimov V., Wang S. L., Luo Ya. Reducing poverty in the least developed countries: The role of small and medium enterprises // *Journal of World Business*. 2017. 52 (2). P. 244—257. DOI: 10.1016/j.jwb.2016.12.007.
9. Neagu C. The importance and role of small and medium-sized businesses // *Theoretical and Applied Economics*. 2016. 23 (3). P. 331—338.
10. Rehman A., Anwar M. Mediating role of enterprise risk management practices between business strategy and SME performance // *Small Enterprise Research*. 2019. 26. P. 207—227. DOI: 10.1080/13215906.2019.1624385
11. Бикметова З. М. Механизм обеспечения финансовой безопасности предприятия // *Инновационное развитие экономики*. 2018. № 1 (43). С. 370—380. [Bikmetova Z. M. The mechanism of ensuring the financial security of the enterprise // *Innovative development of the economy*. 2018. No. 1 (43). P. 370—380 (In Russ.)]
12. Бикметова З. М. Разработка механизма обеспечения финансовой безопасности предприятия // *Экономика и управление: научно-практический журнал*. 2018. № 2 (140). С. 65—71. [Bikmetova Z. M. Development of a mechanism for ensuring the financial security of an

- enterprise // Economics and management: research and practice journal. 2018. No. 2 (140). P. 65—71 (In Russ.)]
13. Власенкова Т. А., Панченко Т. М., Цыпин А. П. Индикаторный метод как инструмент обеспечения финансовой безопасности хозяйствующего субъекта // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 271—283.
DOI: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2020-20-3-271-283> [Vlasenkova T.A., Panchenko T.M., Tsypin A.P. Indicator method as an instrument to ensure financial security of an economic entity. Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Economics. Management. Law, 2020, vol. 20, iss. 3, pp. 271—283 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2020-20-3-271-283>]
 14. Ганин О. Б., Шляпина М. В. Финансовые аспекты обеспечения экономической безопасности региона // Пермский финансовый журнал. 2017. № 2 (17). С. 74—94. [Ganin O. B., Shlyapina M. V. Financial aspects of ensuring the economic security of the region // Perm Financial Review. 2017. No. 2 (17). P. 74—94 (In Russ.)]
 15. Глазьев С. Ю. Основа обеспечения экономической безопасности страны: альтернативный реформационный курс // Российский журнал. 1997. № 1. С. 12—17. [Glazyev S.Yu. The basis for ensuring the country's economic security: an alternative reformation course // Russian Journal. 1997. No. 1. P. 12—17 (In Russ.)]
 16. Коваленко Т. В., Гринченко Е. В. Кадровая безопасность как элемент экономической безопасности предприятия // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. Т. 6. 2017. № 3 (5). С. 19—22. [Kovalenko T. V., Grinchenko E. V. Human resource' security as the element of enterprise's economic security // Innovative technologies in machine building, education and the economy. Vol. 6. 2017. No. 3 (5). P. 19—22 (In Russ.)]
 17. Кривякин К. С., Изотова А. Р., Федоров В. М. Методический подход к оценке рисков информационной безопасности предприятия // Экономинфо. Т. 15. 2018. № 2. С. 82—90. [Krivyakina K. S., Izotova A. R., Fedorov V. M. Methodological approach to risks assessment the enterprise information security // Econoinfo. Vol. 15. 2018. No. 2. P. 82—90 (In Russ.)]
 18. Курбанов А. Б. Роль малого бизнеса в инновационной деятельности // Economics. 2020. № 1 (44). С. 8—10. DOI:10.24411/2410-289X-2020-10102 [Kurbanov A. B. The role of small business in innovation // Economics. 2020. No. 1 (44). P. 8-10. DOI: 10.24411 / 2410-289X-2020-10102 (In Russ.)]
 19. Кызыуров М. С. Оценка финансовой безопасности населения региона (на примере Республики Коми) // Экономическая безопасность. Т. 4. 2021. № 2. С. 363—380. DOI: 10.18334/ecsec.4.2.112136 [Kyzuyurov M. S. Assessment of the financial security of the region's population (on the example of the Republic of Komi) // Economic security. Vol. 4. 2021. No. 2. P. 363—380. DOI: 10.18334/ecsec.4.2.112136 (In Russ.)]
 20. Нарциссова С. Ю., Соловьев А. А., Маклаков В. В., Розанова Е. В. Специфика риска и экологическая безопасность современности: Монография. М.: Академия МНЭПУ, 2020. 341 с. [Narcissova S.Yu., Soloviev A. A., Maklakov V. V., Rozanova E. V. Specificity of risk and environmental safety of our time: Monograph. M.: Academy of MNEPU, 2020. 341 p. (In Russ.)]

Сведения об авторе

Кызыуров Михаил Станиславович: младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет»

Количество публикаций: 12

Область научных интересов: экономическая безопасность, финансово-бюджетная безопасность, финансы, экономика региона

Scopus Author ID: 57216909373

ORCID: 0000-0002-9891-2993

Контактная информация:

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

E-mail: mkyzyurov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 21.07.2021

Принята к публикации: 12.08.2021

Дата публикации: 31.08.2021

The paper was submitted: 21.07.2021

Accepted for publication: 12.08.2021

Date of publication: 31.08.2021



BRIF '21

22 - 24

сентября 2021

Практические кейсы по управлению рисками в области устойчивого развития

Регистрируйтесь
на www.ibrif.ru



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 издательства.

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, фабрикации или фальсификации данных

В случае обнаружения недобросовестного поведения со стороны автора, обнаружения плагиата, фабрикации или фальсификации 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 фабрикацией 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>