

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

А. С. Тулупов¹

Институт проблем рынка РАН (Москва, Россия)

УДК 332.142.6

ОЦЕНКА РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ОБЗОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ²

Современные тенденции общественного развития трансформируют риск загрязнения окружающей среды в основополагающую категорию, без учета которой невозможно осуществление хозяйственной деятельности. По сути, показатель экологического риска становится в один ряд с такими важнейшими экономическими категориями, как прибыль, себестоимость, рентабельность, валовой внутренний или региональный продукт и др. При этом многообразии существующих в мировой практике подходов к оценке экологических рисков и их составляющих (вероятности и экологического вреда), а также различная специфика деятельности хозяйствующих субъектов требуют системного рассмотрения методологических принципов и методического обеспечения, выявления проблем и направлений совершенствования применяемого расчетного инструментария. Цель исследования — проведение обзора мирового опыта оценки риска загрязнения окружающей среды в части его методологического и методического обеспечения. Методы исследования — эколого-экономический анализ, контент-анализ, информационное моделирование. Результаты исследования: выделены недостатки и противоречия в области понимания и оценки категории риска загрязнения окружающей среды, разработана широко системологическая классификация видов и характеристик экологических рисков, проведено упорядочение методологических принципов и методического обеспечения оценки данной типологии рисков, показаны направления совершенствования оценочных подходов. Область применения: экологические аудит, экспертиза и страхование, а также нормативные документы министерств (Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Министерство здравоохранения РФ, Министерство экологии и природопользования Московской области) и ведомств (Ростехнадзор, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Росводресурсы, Рослесхоз, Роснедра и др.), научные и учебные издания по оценке риска природной и антропогенной нагрузки.

¹ Тулупов Александр Сергеевич — д.э.н., профессор, заведующий лабораторией Института проблем рынка РАН; e-mail: tul@bk.ru, ORCID: 0000-0001-8114-5460.

² Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-110-50345 (Экспансия) «Оценка риска загрязнения окружающей среды: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения».

Ключевые слова: экологический риск, вероятность загрязнения, ущерб от загрязнения, экологический вред, методология, методика.

Цитировать статью: Тулупов, А. С. (2021). Оценка риска загрязнения окружающей среды: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, (6), 3–27. <https://doi.org/10.38050/0130010520216.1>.

A. S. Tulupov

Market Economy Institute RAS (Moscow, Russia)

JEL: B41, Q51, Q56, R11

ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT: REVIEW AND SYSTEMATIZATION OF METHODOLOGY AND METHODOLOGICAL SUPPORT¹

Modern trends in social development transform environmental pollution risk into a fundamental category without which economic activity is impossible. In essence, the environmental risk indicator is on a par with such important economic categories as profit, cost, profitability, gross domestic or regional product, etc. At the same time, let us pay attention to a variety of approaches existing in the world practice for assessing environmental risks and their components (contamination likelihood and environmental harm) together with multifaceted specifics of economic entities activities. All these require a systemic consideration of methodological principles and methodological support, identifying the problems and areas in improving the applied calculation tools. The purpose of the study is to review the world experience in terms of methodology and methodological support of environmental risk assessment. The research methods incorporate environmental and economic analysis, content analysis, information modeling. The key findings of the study highlight the shortcomings and contradictions in understanding and assessing environmental risk, develop a broad systemological classification of the types and characteristics of environmental risks methodology, streamline and methodological support of these risks and show the directions to improve the assessment approaches. The scope of application encompasses environmental audit and expertise, eco-insurance, as well as regulatory documents of ministries (RF Ministry of Natural Resources and Environment, RF Ministry of Health, the Moscow Region Ministry of Ecology and Nature Management) and departments (Rosstekhnadzor, Rosprirodnadzor, Rospotrebnadzor, Rosvodresursy, Rosleskhoz, Rosnedra, etc.), scientific and educational publications on environmental risk assessment.

Keywords: environmental risk, contamination likelihood, pollution damage, environmental harm, methodology, technique.

¹ The reported study was funded by RFBR, project number 20-110-50345 (Expansion) «Environmental risk assessment: review and systematization of methodology and methodical support».

Введение

В мировой науке исследования в области риска загрязнения окружающей среды активизировались по мере нарастания экологических проблем — в 70-х гг. прошлого столетия. В процессе своего развития общество от концепции нулевого риска, или абсолютной безопасности (ALAPA — As Low As Practically Achievable), когда полностью исключалась возможность аварии, пришло к концепции приемлемого или допустимого риска (ALARA — As Low As Reasonably Achievable), подтверждающей наличие рисков и предусматривающей необходимость идентификации, оценки и выработки мер по их снижению. Методология оценки экологического риска (Environment Risk Assessment, ERA) впервые была введена в хозяйственную практику в США в 1970-х гг. В 1980 г. было организовано крупнейшее в мире Международное общество по анализу риска — The Society for Risk Analysis и начал издаваться первый профессиональный журнал по анализу риска — Risk Analysis.

В России развитие инструментария оценки экологических рисков происходило не так стремительно, как в США, Канаде, странах Евросоюза, Японии и Австралии — только с 80-х гг., а включение данного вида рисков в процесс принятия хозяйственных решений на официальном уровне началось в 90-х гг. XX в.

Наиболее существенный вклад в развитие теории и практики оценки экологических рисков и их составляющих внесла плеяда таких замечательных отечественных и зарубежных ученых, как О. Ф. Балацкий, С. Н. Бобылев, К. Г. Гофман, А. А. Гусев, В. И. Данилов-Данильян, В. И. Денисов, Н. Н. Лукьянчиков, О. Е. Медведева, Л. Г. Мельник, Г. А. Моткин, А. Ф. Мудрецов, А. В. Неверов, А. Л. Новоселов, Ю. В. Овсиенко, К. В. Папенков, Р. А. Перелет, Б. Н. Порфирьев, И. М. Потравный, Е. В. Рюмина, Н. П. Тихомиров, В. Д. Урсул, Т. С. Хачатуров, Н. В. Чепурных, А. В. Шевчук, Д. А. Диксон, Р. Костанза, Р. Коуз, Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, Р. Мюррей, А. Пигу, Л. Ф. Скура, Р. А. Карпентер, П. Б. Шерман.

На сегодняшний день принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды закреплены в документах самого высокого ранга (Указ Президента РФ, 2018, 2020; Стратегия, 2021, 2017а, 2017б), а положения о необходимости оценки экологических рисков и учета численных параметров при принятии хозяйственных решений присутствуют во многих официальных документах (Распоряжение Правительства РФ, 2021, пункт VII.8 «Экологические риски»; Распоряжение Правительства РФ, 2015, пункт VI.3 «Экологические риски»; Минпромторг России, 2010, пункт 7.5. «Техногенные и экологические риски»), причем

относящихся не только напрямую к экологической, но и практически всем сферам жизнедеятельности. При этом даже в официальных документах признается несовершенство существующей системы знаний по оценке экологических рисков. Так, в преамбуле к действующим рекомендациям (Минприроды РФ, 2011) прямым текстом сказано буквально следующее: «Концепция анализа и оценки экологической опасности (ЭО) и экологического риска (ЭР) — сравнительно новая область науки об окружающей среде. Методико-методологические принципы таких оценок все еще недостаточно разработаны».

Целью настоящего исследования является проведение обзора методологических принципов и методического обеспечения, применяемых в мировой практике для оценки риска загрязнения окружающей среды.

Реализация поставленной цели потребовала решения следующих задач:

1. Рассмотреть систему взглядов на базовые категории «риск», «экологический риск», «вероятность», «экологические последствия» и похожие понятия данной области знаний.
2. Проанализировать применяемые методологические подходы оценки экологического риска, вероятностей, ущерба от загрязнения.
3. Провести анализ методического обеспечения оценки экологического риска и его составляющих: вероятностей и ущерба от загрязнения.

Главными научными инструментами работы явились экономический анализ, включая эколого-экономический вид такого анализа; системный анализ и его разновидности — контент-анализ, информационное моделирование; а также статистический анализ.

Материалы статьи могут быть использованы в качестве основы при создании отраслевых, региональных и общероссийских методических документов, научных и учебных изданий по оценке риска загрязнения окружающей среды и ориентированы на удовлетворение потребностей научно-исследовательских и учебных институтов, министерств (например, Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Министерство экологии и природопользования Московской области), ведомств (Ростехнадзор, Росводресурсы и др.), страховых компаний, а также организаций, проводящих экологический аудит, экологическую экспертизу, оценку воздействия на окружающую среду. Кроме того, настоящее исследование будет стимулировать развитие смежных направлений и областей знаний, таких как теория вероятностей, теория ущерба, оценка экономической эффективности, экологическое страхование.

Экологический риск

Методология оценки экологических рисков базируется на фундаментальных положениях теории риска, возникшей в развитие теории

вероятностей около 300 лет назад. Под риском в общем случае в национальном стандарте РФ (Росстандарт, 2010а, п. 3.18), ранее (Госстандарт, 2002а, п. 3.1.1), понимается «сочетание вероятности события и его последствий». Кроме данного краткого определения в (Росстандарт, 2010а) дается еще одно определение риска как «вероятности проявления нежелательных эффектов, наступающих в результате воздействия известного или возможного стрессора с учетом тяжести наносимого ущерба». Здесь же отмечается, что «более точно риск определяют как вероятность нанесения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда». Данное определение присутствует и в (Федеральный закон, 2002, ст. 2). В (Росстандарт, 2019b) риск определяется как «сочетание (произведение) вероятности (или частоты) нанесения ущерба и тяжести этого ущерба». В (Федеральный закон, 1997, ст. 1) риск аварии включает числовые характеристики случайной величины ущерба или «значения вероятности (частоты) и соответствующей степени тяжести последствий реализации различных сценариев аварий для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды».

Согласно Руководящим указаниям по оценке экологического риска (United States Environmental Protection Agency, 1998) Агентства по охране окружающей среды США (далее — Агентство) оценка экологического риска представляет собой «процесс исчисления вероятности (likelihood) того, что негативные экологические последствия могут произойти или проявиться в результате воздействия одного или более факторов (stressors)». Методы оценки экологического риска (ранжирование по категориям, полевые наблюдения, выполнение сравнения характера воздействия в одной точке с оценкой последствия и др.) изложены Агентством в директивах EPA 540-R-97-006 и EPA 630-R-95-002F. Данный инструментарий оценки экологических рисков применяется для поддержки реализации американских национальных стандартов (ANSI/ASQC E4—94, ASTM E943-04a, ASTM E1527—00, ASTM E1528—00, ASTM E1903-97 (2002) и законов (например, (Cercla-Superfund, 1980).

В Европейском союзе указания по оцениванию экологических рисков содержатся в Регламенте ЕС (Concerning, 2006), в Канаде — в руководстве FCSAP (Ecological Risk Assessment Guidance, 2012), Ирландии — в руководстве по обеспечению безопасности и здоровья населения (Health and Safety Authority, 2006), Австралии — в национальном руководстве Handbook (Standards Australia, 2006) и едином для Австралии и Новой Зеландии стандарте «Риск-менеджмент» (Standards Australia/New Zealand, 2004).

В России, согласно основополагающему в области природопользования и охраны окружающей среды закону (ФЗ, 2002, ст. 1), экологический риск — это «вероятность наступления события, имеющего неблагоприят-

ятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера». В литературных источниках и официальных документах (законы, ГОСТы, РД) существует множество других трактовок данного термина и похожих понятий — риск загрязнения окружающей среды, риск негативной нагрузки, антропогенный риск, риск здоровью населения и др. Так, в официально действующих рекомендациях (Минприроды РФ, 2011) экологический риск трактуется как «вероятность неблагоприятных для окружающей среды, экологических ресурсов и экосистем, определенных территорий последствий антропогенных воздействий, которые сопровождаются ухудшением состояния природной среды и деградацией экосистем». В (Росстандарт, 2010а, п. 4.1.) под оценкой экологического риска подразумевается «качественная и/или количественная оценка реальных или потенциальных воздействий загрязняющих веществ на объекты окружающей среды».

Исходя из существующих определений и оценочных подходов наглядно видно, что экологический риск рассматривается преимущественно в виде двухкомпонентной величины, состоящей из вероятности возникновения экологически неблагоприятного события (ситуации, происшествия, аварии и др.) и возможных при этом последствий (потерь, вреда, убытков) в различных сферах жизнедеятельности человеческого общества. При этом общие методы оценки рисков трансформируются с учетом специфики экологических рисков, заключающейся прежде всего в том, что негативные воздействия при реализации экологических рисков, как правило, носят опосредованный характер — общество оказывает негативные воздействия на окружающую среду, а загрязненные и трансформированные, изменившие свои свойства компоненты окружающей среды (вода, воздух, земля), в свою очередь, негативно воздействуют на человека и его хозяйственную деятельность. Кроме опосредованных воздействий и наличия комплексных каскадных эффектов экологические риски характеризуются достаточно длительным во времени проявлением последствий загрязнения.

Вероятность экологически неблагоприятного события

Рассматривая экологический риск в виде двухкомпонентной величины, заметим, что методы оценки вероятности как случайного события, выражаемого при оценке в виде действительного числа в интервале от 0 до 1, можно разделить на три группы.

Апостериорные (статистические), подразумевающие обработку массива репрезентативных данных о частоте проявлений опасных событий и процессов в прошлом методами математической статистики с экстраполяцией полученных зависимостей на будущие периоды. Методы обработки статистических данных подробно представлены в зарубежных стан-

дапрах (International Organization for Standardization, 2006a, 2006b), отечественной версией которых являлся до последнего времени (Госстандарт, 2008), на смену которому недавно пришел (Росстандарт, 2019a), являющийся в настоящее время действующим документом. В статистических расчетах наиболее часто применяется биномиальный закон, законы распределения Бернулли, Вейбулла, Парето, логарифмически-нормальный закон статистических распределений случайных величин и др.

Статистические методы оценки довольно часто применяют в зарубежной практике, поскольку в развитых странах еще в 80-х гг. начали создаваться базы данных по авариям, имеющим в том числе негативные последствия для окружающей среды. Так, одной из первых в Великобритании была создана система сбора данных по крупным опасным происшествиям MHIDAS (Major Hazard Incident Data Acquisition System). На сегодняшний день наиболее востребованными базами данных являются нидерландская FACTS, а также американская NTSB. Также заслуживает внимания система отчетности по крупным авариям MARS (Major Accidents Reporting System), функционирующая под эгидой Европейской комиссии в Объединенном исследовательском центре в Испре (Италия). Данные базы данных достаточно полно отражают необходимую информацию для проведения расчетных процедур.

В России отсутствуют подобные крупные базы данных, а имеющиеся данные, формирующиеся по информации субъектов хозяйственной деятельности, характеризуются низкой достоверностью и неполнотой, поскольку предприятия не заинтересованы в предоставлении реальной информации о последствиях воздействия на окружающую среду. Федеральная служба государственной статистики не ведет надлежащего статистического учета таких данных. Поэтому для расчетов вероятностей пользуются рядами наблюдений за небольшой промежуток времени, при которых параметры распределений крайне неустойчивы, вследствие чего при построении зависимостей применительно к имеющимся эмпирическим данным приходится применять много допущений. Отсюда неопределенность и неравнозначность в оценках вероятности событий различными методами. В условиях неполноты статистических данных в российской практике оценки вероятностей преобладают экспертно-аналитические методы оценки.

Ко второй группе методов отнесем аналитические, подразумевающие выявление и оценку факторов, определяющих возникновение вероятности экологически неблагоприятных событий. Заметим, что на сегодняшний день не существует общепринятого упорядоченного перечня факторов, характеризующих уровень риска загрязнения окружающей среды, в том числе вероятность неблагоприятного события. Применяемые в различных странах методы и подходы не унифицированы, содержат различные номенклатуры факторов, причем не только применительно к различным

процессам и явлениям, что может являться объяснением такой разнородности, но и к одинаковым ситуациям с однородной спецификой.

В ГОСТе (Росстандарт, 2010а), являющемся развитием ГОСТа (Росстандарт, 2005), для определения вероятности экологического инцидента предлагается рассматривать следующие факторы: число источников, способствующих выбросам; стабильность условий процесса; возможность нейтрализации потоков выбросов; возможность предотвращения дополнительных выбросов; возможность механических повреждений, вызванных коррозией; гибкость процесса производства продукции; возможность оператора реагировать на аварийную ситуацию; срок эксплуатации оборудования; условия эксплуатации; перечень опасных веществ, которые могут быть выброшены в нормальных или в ненормальных условиях; значение нагрузки (высокая концентрация, высокая скорость течения); флуктуации состава потока.

Понятно, что перечень таких факторов не точен и далеко не полный. Кроме того, корректнее говорить не о выбросах, характеризующих загрязнение атмосферного воздуха, а об общем поступлении вредных веществ, характеризующих не только выбросы, но и сбросы, а также образование отходов и возможность воздействия на земельные ресурсы.

Практическое применение и сравнительный анализ методов оценки вероятностей показали, что в качестве факторов влияния наряду с химическим составом или физической природой поступающего вредного вещества (агента), объемом поступления, используемым оборудованием, в том числе степенью выработанности его ресурса, и другими техническими и технологическими параметрами в ряде случаев необходим более полный учет социальных факторов влияния. В (Тулупов, 2014) разработан перечень факторов, оказывающих влияние на возникновение экологически неблагоприятного события на промышленных предприятиях: класс опасности вредных веществ, участвующих в производственном процессе (1), соответствие требованиям, нормам и правилам (2), используемая технология (3), количество аварий, нештатных ситуаций (4), авторитет руководителя (5), самостоятельность, ответственность руководящих работников (6), восприимчивость к нововведениям (7), средний уровень образования работников (8), средний стаж работы работников по профессии (9), количество нарушений дисциплины труда (10), количество нарушений производственной дисциплины (11), влияние природных явлений — сейсмичность, наводнения, сели, оползни и др. (12), уровень опасности расположенных поблизости внешних техногенных источников опасности (13), терроризм, военные действия (14).

Помимо учета внешних источников опасности — факторы (12)–(14), учитываются социальные факторы: (8)–(11) — характеризующие персонал, а также (5)–(7) — качество управления. При этом для каждого выделенного фактора сформулирована последовательность состояний, соот-

ветствующих дискретным значениям (ступеням) шкалы влияния на вероятность возникновения опасности (Тулупов, 2014).

Отметим важность подробного выделения перечня воздействующих факторов и репрезентативного экономического обоснования их влияния на итоговое значение вероятности и соответственно общую величину экологического риска.

К третьей группе методов оценки вероятности отнесем экспертные, опирающиеся на знания и интуицию высококвалифицированных экспертов. К услугам экспертов прибегают, когда недостаточно статистических данных по происшествиям или при оценке редких, нестандартных рисков.

При этом важно отметить, что представленное деление методов определения вероятности на апостериорные, аналитические и экспертные — условно, поскольку при решении конкретной задачи определения вероятностей данные подходы могут сочетаться. Например, при недостаточном количестве статистических данных могут объединяться и анализироваться имеющиеся данные по похожим событиям. А значения факторов, определяющих итоговое значение вероятности, могут определяться как экспертными, так и статистическими методами.

Так, относимые преимущественно к качественным графические методы «анализа дерева отказов (неисправностей)» (FTA — Fault Tree Analysis) и «дерева событий» (ETA — Event Tree Analysis), изложенные в ГОСТе (Госстандарт, 2002b; Росстандарт, 2009), при соблюдении условия наличия статистических данных хотя бы по одному узлу (звену) возникновения аварийной ситуации могут быть отнесены к количественным, поскольку появляется возможность проведения расчетов. Данный пример можно распространить и на метод «анализ барьеров безопасности», описанный в ГОСТе (Росстандарт, 2011), замененном на (Росстандарт, 2019d), а также ГОСТе (Росстандарт, 2010c), обновленном на (Росстандарт, 2012).

С использованием как аналитического, так и экспертного подхода нами разработана методика оценки степеней взаимного влияния факторов вероятностей. Алгоритм такой оценки можно представить в следующем виде: 1. Разработка анкет по ранжированию обобщенных факторов, а внутри каждого из них — соответствующих локальных. 2. Проведение экспертного опроса. 3. Выявление результирующих коллективных ранжирований. 4. Определение рангов локальных факторов внутри общей их совокупности. 5. Определение расположения каждого локального фактора на сплошной шкале ранжирования по степени влияния. 6. Линеаризация шкалы ранжирования факторов. 7. Нормирование полученного ранжирования к единице. 8. Разделение оценок степени влияния факторов на градации. 9. Определение численных значений степеней влияния факторов.

При определении итоговой величины вероятности экологического инцидента применен метод взвешенного суммирования произведений весовой характеристики каждого фактора и его конкретного дискретного зна-

чения за анализируемый период по разработанной шкале возможных значений (Tulupov, Myaskov, 2019). При этом применены абсолютные шкалы исчисления, что особенно актуально в сложившихся условиях отсутствия общепринятого списка факторов, поскольку позволяет вводить новые выявленные факторы и исчислять степени их влияния, не изменяя при этом значения вычисленных величин уже учитываемых критериев, как это приходилось делать ранее при относительном шкалировании показателей.

Практическая апробация показала, что предлагаемый инструментарий пофакторного исчисления вероятностей загрязнения окружающей среды позволяет получать количественно сопоставимую оценку выделенных факторов влияния и общей величины вероятностей наступления неблагоприятных экологических событий для широкого перечня видов деятельности, специфики негативных воздействий, а также внутренних и внешних условий функционирования хозяйствующих субъектов.

Экологический вред

Анализ мирового опыта определения второй важнейшей составляющей экологического риска — последствий, выражаемых такими терминами, как ущерб от загрязнения окружающей среды, экологический ущерб, эколого-экономический ущерб, ущерб от экологических нарушений, ущерб окружающей среде, вред от нарушения природоохранного законодательства, вред от загрязнения и др., позволил выделить три группы оценочных методов:

1. Затратные — оценивающие стоимость потерь с помощью калькуляции затрат на восстановление в исходное состояние (восстановительная стоимость), в том числе оценкой эквивалентных объектов (Comprehensive, 1980; Directive, 2004; National, 1999; ФЗ, 2002). Причем затраты на восстановление могут быть оценены с помощью стандартных методов оценки стоимости, скорректированных на величину дополнительных затрат на приведение в исходное состояние (рыночная стоимость, кадастровая оценка, рентный, метод торгов или аукционов и др.).

2. Аналитические — позволяющие определять стоимость экологической составляющей с помощью ее вычленения из общей совокупности факторов посредством применения экономико-математического инструментария, моделей, в том числе посредством статистической обработки данных, сравнения состояния до и после инцидента (элиминирования факторов), а также сопоставлением похожих чистых и загрязненных территорий (контрольных районов). К этой группе также относится метод гедонистического ценообразования.

3. Экспертно-социологические (субъективные) — позволяющие получать оценки на базе проведения опросов высококвалифицированных экспертов или потребительских предпочтений населения (WTP — willingness

to pay — готовность платить, WTA — wiliness to accept compensation — готовность получать компенсацию, метод Дельфи, мозговой штурм, анализ иерархий).

Подробное описание подходов к оценке, в том числе активно развивающихся на Западе концепции «общей экономической ценности» (total economic value), и оценке «экосистемных услуг» (ecosystem services) (Bobylev et al., 2018; Costanza et al., 1997; Daily, 1997), а также конкретных методов в рамках выделенных подходов представлено в (Тулупов и др., 2021).

К основным факторам, определяющим масштаб (величину) ущерба, относятся: масса вредного вещества, его степень опасности, тип территории или реципиентов, подверженных негативному воздействию. Причем в ряде оценочных подходов данные показатели конкретизированы введением дополнительных критериев — время года, период до начала ликвидации последствий, рельеф местности, скорость ветра и др., что позволяет более детально проводить оценку последствий загрязнения компонентов окружающей среды. В ГОСТе (Росстандарт, 2010а) выделены следующие факторы, оказывающие влияние на величину последствий: продолжительность потенциального повреждения, сила воздействия вещества или характеристика опасности вещества, местоположение установки (близость расположения примыкающих объектов), процент растворимости в окружающей среде, метеорологические условия.

Важно отметить, что российская система оценки ущерба от загрязнения схожа с западной в части применения затратного подхода, но имеет и свою отличительную специфику в части применения специализированного методического обеспечения. Причем как подход калькуляции затрат на восстановление, так и применение методик закреплены на законодательном уровне. Существующие методики исчисления ущерба можно подразделить на универсальные и прикладные (регионального или отраслевого) характера, предназначенные для расчета ущерба от загрязнения как отдельного компонента природной среды (вода, воздух, отходы, биоразнообразие, лесные ресурсы), так и комплексные (позволяющие вести расчеты для нескольких или всех компонентов). Кроме этого, в зависимости от количества данных, необходимых для расчета, существующие методики можно подразделить на подробные (метод прямого счета) и приближенные (укрупненный метод).

В созданной нами информационно-аналитической системе методического обеспечения оценки вреда от нарушения природоохранного законодательства (Тулупов, Витухин, 2016) собран полный перечень из нескольких сотен таких методик, разработанных различными авторскими коллективами, министерствами и ведомствами за период 1967–2021 гг. При этом система позволяет в зависимости от конкретных цели и задач исследования предоставить пользователю для проведения расчетных процедур необходимые материалы.

Риск загрязнения окружающей среды как количественная мера экологической опасности

Сочетание рассмотренных показателей вероятности возникновения экологически неблагоприятных событий и последствий негативных воздействий на компоненты окружающей среды составляет итоговую величину риска загрязнения, выражаемую в виде функции или произведения как количественно (в стоимостных единицах измерения), так и качественно (низкий, средний, высокий или приемлемый и неприемлемый).

Как правило, комбинацию показателей вероятности и последствий рассматривают графически (см., например, Росстандарт, 2010а, рис. 2; Ростехнадзор, 2016а, табл. 4-2; Стандарт ПАО «Газпром», 2020, табл. 1,3,5 — принцип «светофора»). Например, в ГОСТе (Росстандарт, 2010, рис. 2) предлагается деление на две градации: низкие и высокие значения. Развитием данного подхода является работа (Тулупов, 2014), где разработан инструментарий построения диаграмм зонирования с выявлением в зависимости от конкретного случая количества градаций деления шкал вероятностей и ущерба. Интервальные значения уровня опасности определяются путем разбиения объектов на подмножество Парето.

Практическая апробация данного подхода показала, что для каждого хозяйствующего субъекта или конкретного случая определения экологического риска данная диаграмма индивидуальна и характеризуется своим количеством интервалов и цифровыми значениями их границ. Данное обстоятельство объясняется тем, что оцениваемые в диаграмме параметры по своему содержанию неаддитивны, несопоставимы, т.е. невозможно раз и навсегда определить соотношение между степенями влияния изменения параметров вероятности и ущерба на результирующую оценку уровня опасности.

На рис. 1 представлена диаграмма зонирования экологического риска для полигонов твердых коммунальных отходов (полигоны ТКО) Московской области, построенная в работе (Мудрецов, Тулупов, 2013).

Как видно из рисунка, интервалы рассчитанных значений вероятностей и ущербов образуют 9 зон — чем тонировка зоны темнее, тем выше экологический риск. Каждый из пятнадцати обследованных полигонов, согласно проведенным расчетам, попадает в свою зону риска. При этом до 20% полигонов обладают высоким уровнем экологического риска. Подавляющему большинству полигонов ТКО присущ средний уровень риска загрязнения окружающей среды (величина ожидаемого ущерба до 600 млн руб. при вероятности его причинения $0,5 \div 0,7$). Полигонов с низким уровнем экологического риска в обследованной совокупности не выявлено.

Данный подход наглядно объясняет отнесение хозяйствующих субъектов к той или иной категории рисков только на основе рассмотрения одной его составляющей: вероятности или последствий.

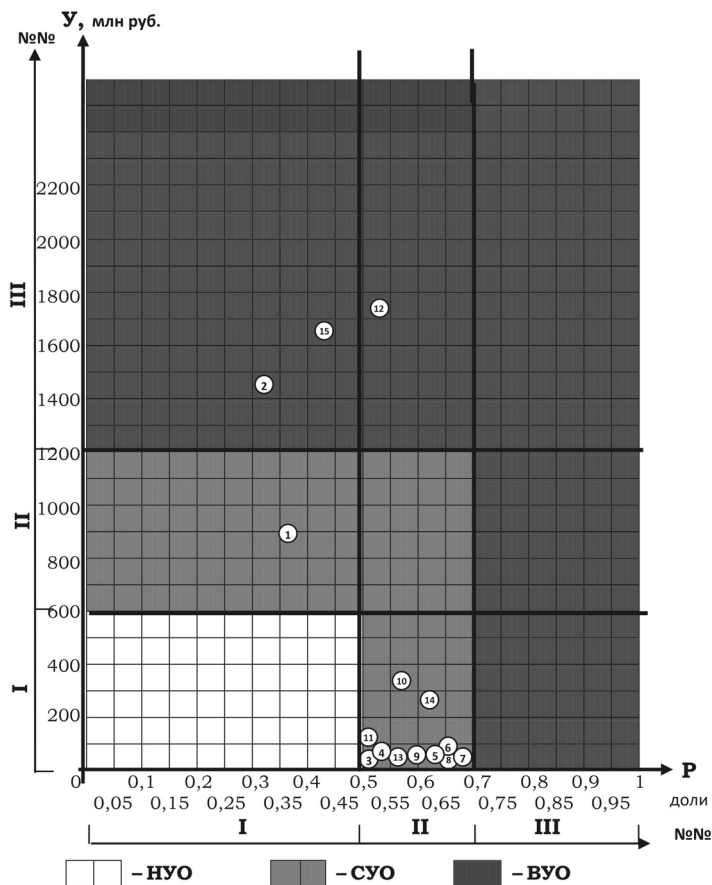


Рис. 1. Распределение полигонов ТКО Московской области по диаграмме зонирования вероятность (P) — ущерб (Y)

Так, много претензий высказывается к официально установленным критериям отнесения объектов, оказывающих негативное влияние на окружающую среду, к категориям рисков (Постановление, 2021, 2020), ранее — (Постановление, 2017, 2015). В критериях (Постановление, 2020) отнесение к перечню из 1–4 категорий, характеризующих соответственно объекты со значительным, средним, умеренным и низким риском, осуществляется только по факторам, характеризующим масштаб последствий (вид технологии, присутствие в производственном процессе того или иного вида вредных веществ, нахождение в водо- или природоохран- ных зонах). Отсутствие информации о частоте или вероятностях возник- новения неполадок можно объяснить тем, что даже при низком значении

вероятности, но значительном масштабе экологических последствий, итоговая величина риска будет высокой (значительной), как это было бы при совместно высоких значениях как вероятности, так и экологического ущерба (что наглядно иллюстрирует рис. 1). Аналогию можно привести с работой атомных станций, вероятность неполадок в работе которых ничтожно мала. Но при наступлении пусть даже редкого нештатного события масштабы негативных последствий могут быть колоссальными. Поэтому мы считаем не всегда обоснованными нападки на официальные документы с формулировкой, согласно которой в них «отсутствует процедура оценки экологического риска». Также отметим, что в официальных документах далеко не все данные по величинам экологического вреда обоснованы, поскольку строятся, видимо, больше на экспертных ведомственных оценках. Тем не менее, идеология отнесения хозяйствующих субъектов с большими потерями к высоким экологическим рискам без исчисления вероятностей — верна.

Многогранность рискологических проявлений, многообразие оцениваемых субъектов хозяйственной деятельности (предприятий, людей, общества), каждый из которых имеет свою специфику функционирования и множество внешних факторов влияния, а также различная постановка цели и задач конкретных случаев оценки предопределяют классификацию экологических рисков. В некоторых работах встречаются разрозненные классификации экологических рисков по отдельным признакам. При этом отсутствует единая общепринятая широко системологическая классификация.

Нами предлагается классифицировать риск загрязнения окружающей среды по следующим основаниям деления:

- среде формирования: природный(естественный), техногенный (искусственный);
- иницилирующему источнику: внутренний, внешний;
- уровню рассмотрения или масштабу охвата: глобальный, международный, страновой, региональный и др. виды территорий (городской, отдельной местности, районный и т.д.), отраслевой, по субъекту хозяйственной деятельности (предприятию, фирме), экосистеме, социуму, человеку;
- сфере формирования: промышленный, бытовой;
- виду деятельности проявления (согласно классификатору видов деятельности);
- отрасли возникновения (согласно отраслевому классификатору);
- характеру возникновения: аварийный, штатный (эксплуатационный);
- частоте: систематический, периодический, разовый;
- прогнозированию: прогнозируемый (ожидаемый), частично и не прогнозируемый (неожиданный);

- величине: допустимый, весомый и катастрофический;
- единицам измерения: натуральный и стоимостной;
- проявлению, наступлению: фактический (наступивший, произошедший или реализовавшийся), частично наступивший и потенциальный (ненаступивший или ожидаемый);
- ощущению, восприятию: мнимый, латентный (скрытый, неосязаемый, неявный) и явный (ощутимый);
- подробностям рассмотрения: совокупный, реципиентный (формализованный);
- управлению: управляемый, частично компенсируемый (нивелируемый) и неуправляемый.

Актуальность выделения классификационных аспектов также обусловлена необходимостью разграничения экологических рисков в общем массиве возможных рисков, выявления взаимосвязи и соотношения экологических рисков с другими типами рисков, более точной идентификации и оценки факторов исследуемого вида рисков.

Методическое обеспечение

Методики оценки риска загрязнения окружающей среды можно разделить на общие, предназначенные для определения общего риска аварий и распространяющие свой инструментарий в том числе на экологические последствия, а также оценивающие непосредственно экологические риски. Данные методики могут быть как общего (универсального), так и прикладного характера, направленные на оценку риска загрязнения в конкретных отраслях, областях, сферах деятельности или на территориях.

Так, руководство по безопасности (Ростехнадзор, 2016а), заменяющее ранее действующее руководство по безопасности (Ростехнадзор, 2015) и методические указания (Ростехнадзор, 2010), направлено на определение возможных ущербов от аварии как вследствие негативного воздействия на имущество и людей (человека), так и окружающую среду. Причем под ущербом понимаются «потери (убытки) в производственной и непроизводственной сферах жизнедеятельности человека, а также при негативном изменении окружающей среды, причиненные в результате аварии». Таким образом, это общая универсальная методика. Поэтому для выявления экологических рисков в расчетных процедурах необходимо ограничиваться только экологически неблагоприятными возможными последствиями. Методика строится на следующих методах оценки риска аварии: проверочный лист (Check-List), «что будет, если?..» (What — If), идентификация опасностей (HAZID — HAZard Identification или PNA — Preliminary Hazard Analysis), анализ вида и последствий отказов, анализ вида, последствий и критичности отказа (FMECA — Failure Mode, Effects and Critical Analysis), анализ опасности и работоспособности технологической системы

(технологического блока) (HAZOP — HAZard and OPerability Study), анализ барьеров безопасности, анализ «слоев защиты» (LOPA—Layers of Protection Analysis), количественная оценка риска аварий (QRA — Quantitative Risk Assessment). Также присутствуют следующие методы оценки вероятностей: анализ дерева отказов (FTA — Fault Tree Analysis) и анализ дерева событий (ETA — Event Tree Analysis).

Риск аварии на опасных производственных объектах (далее — ОПО) предлагается подразделять на четыре подгруппы: малый, средний, высокий и чрезвычайно высокий. При этом критерием отнесения являются следующие факторы: количество человек, у которых могут быть нарушены условия жизнедеятельности при наиболее опасном по последствиям сценарии аварии (НОА); число погибших и наличие третьих лиц в зонах смертельного поражения при НОА; условная вероятность эскалации аварии, а также гибели при аварии более 10 человек из числа третьих лиц; кратность превышения индивидуального риска гибели персонала от аварий по сравнению среднеотраслевым уровнем; возможный аварийный разлив нефти и нефтепродуктов, а также материальный ущерб при НОА.

Среди применяемых методик оценки аварийного риска выделим также (Ростехнадзор, 2018а, 2017, 2016b, Минэнерго России, 2019). При этом некоторые официальные документы в своей структуре содержат подобные методики. Например, методические рекомендации (Ростехнадзор, 2018b) в приложении 4 содержат методику оценки влияния несоответствий на уровень безопасности. Для построения сценариев здесь используются данные из деклараций безопасности, а критерии приемлемого/неприемлемого риска функционирования определяются из диаграммы, похожей на рассмотренную нами (рис. 1), со своими градациями финансового ущерба (5 градаций, при этом приемлемой считается до 10 млн руб.) и частоты реализации опасностей (7 градаций с приемлемой от 10^{-3} и меньше случаев в год).

Для оценки непосредственно экологических рисков предназначена методика (Минприроды РФ, 1992), действующая и в настоящее время. Также выделим содержащие процедуры оценки аварийного риска методические рекомендации (Госгортехнадзор РФ, 2000), являющиеся дополнением к (ФЗ, 1997), методики в отдельных сферах хозяйственной деятельности — руководство по безопасности (Ростехнадзор, 2016с), являющееся развитием двух методических руководств (Госгортехнадзор РФ, 2002; ОАО АК «Транснефть», 1999). В качестве примера отраслевых документов оценки также приведем руководство (РАО «Газпром», 1996) и стандарты данной организации (Стандарт ПАО «Газпром», 2020, 2009). По территориальному критерию приведем ГОСТ (Росстандарт, 2014), направленный на оценку рисков для градопромышленных территорий.

Отдельно обратим внимание на риск здоровью населения (health risks), который в зарубежной и отечественной практике, как правило, рассматри-

вается отдельно от экологических рисков (ecological risks), хотя оба типа рисков рассматриваются в эколого-ориентированных документах. Например, ГОСТы по оценке экологического риска (Росстандарт, 2010а, 2005) состоят из трех разделов: анализ загрязнения, экологические риски и оценка влияния рисков загрязнения на здоровье человека. Таким образом, подтверждается экологическая природа рисков для здоровья человека. Согласно (ФЗ, 2002, ст. 2), риск для здоровья — «вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания». Выделим следующие действующие оценочные документы: руководство (Минздрав РФ, 2004), Методические рекомендации (Минздрав РФ, 2003); Роспотребнадзор, 2018, 2012а, 2012b), а также ГОСТ (Росстандарт, 2010b), содержащий раздел оценки риска химических смесей для здоровья, ГОСТ (Росстандарт, 2019b), содержащий раздел оценки потенциальных рисков для здоровья населения от факторов окружающей среды, связанных с прошлым экологическим ущербом, и действующую методику (Минприроды РФ, 1992), где состояние здоровья населения комплексно оценивается с показателями загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, вод и почв).

Заключение

Проведенное исследование показало необходимость унификации подходов к оценке риска загрязнения окружающей среды, поскольку присутствуют значительные расхождения в итоговых результатах расчетов, получаемых при применении различных подходов к одинаковым хозяйствующим субъектам и однотипным событиям. Данное утверждение относится как к процедуре оценки вероятности возникновения экологически неблагоприятных инцидентов, так и расчету последствий повышенного уровня загрязнения.

Причем при определении вероятности необходим переход к более широкому применению статистических методов, что можно осуществить ведением полной официальной статистики возникновения экологически неблагоприятных происшествий. Для реализации данного направления совершенствования расчетных процедур необходимо не только ведение общих баз данных, но и дополнение официальной отчетности хозяйствующих субъектов расширенной номенклатурой показателей по авариям и нештатным ситуациям. Важную роль здесь может привнести улучшение качества экологического мониторинга посредством увеличения количества постов наблюдений и номенклатуры отслеживаемых загрязняющих веществ (поллютантов, стрессоров).

Для повышения релевантности расчетных процедур необходимо применение единого перечня факторов, обуславливающих возникновение

происшествий с более полным учетом социальных факторов влияния, причем с закрепленным перечнем величин их вклада в итоговое значение частоты неблагоприятных событий.

При оценке экологического вреда необходимо применение активно развивающихся в настоящее время на Западе подходов к оценке экосистемных услуг. Важен учет не только ресурсных, но и более широкого перечня функций, выполняемых компонентами окружающей среды, включая нерыночные блага.

Обоснованное исчисление составляющих риска загрязнения окружающей среды позволит своевременно и на новом качественном уровне применять механизмы нивелирования и предотвращения экологически неблагоприятных происшествий, стимулировать хозяйствующих субъектов к снижению негативной антропогенной нагрузки, компенсировать уже причиненный экологический вред в полном объеме, а также даст импульс развитию экономики природопользования в целом и смежным областям знаний, таким как теория риска, теория ущерба, оценка экономической эффективности, экологическое страхование.

Список литературы

Госстандарт (2002a). *Менеджмент риска. Термины и определения риска*. (Стандарт ГОСТ Р 51897-2002).

Госстандарт (2002b). *Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем*. (Стандарт ГОСТ Р 51901.1-02).

Госстандарт (2008). *Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения*. (Стандарт ГОСТ Р 50779.10-2000).

Госгортехнадзор РФ (2002). *Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах*. (РД).

Госгортехнадзор РФ (2000). *Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта* (РД 03-357-00).

Минздрав РФ (2004). *Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду* (Р 2.1.10.1920-04).

Минздрав РФ (2003). *Методические рекомендации «Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду»* (МосМР 2.1.9.004-03).

Минприроды РФ (2011). *Рекомендации. Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случаях загрязнения)*. (Р 52.24.756-2011).

Минприроды РФ (1992). *Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия*. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/

Минпромторг России (2010). *Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации*. Приказ № 319 от 23.04.2010.

Минэнерго России (2019). *Методические указания по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа*. (Приказ № 123 от 19.02.2019).

Мудрецов, А. Ф., Тулупов, А. С. (2013). Оценка экологической опасности полигонов твердых бытовых отходов. *Региональные проблемы преобразования экономики*, 3, 242–247.

ОАО АК «Транснефть» (1999). *Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах*. (Приказ № 152 от 30.12.1999).

Постановление Правительства РФ «О федеральном государственном экологическом контроле (надзоре)» (2021) от 30.06.2021 (№ 1096).

Постановление Правительства РФ «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (2020) от 31.12.2020 (№ 2398).

Постановление Правительства РФ «О критериях отнесения производственных объектов, используемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к определенной категории риска для регионального государственного экологического надзора и об особенностях осуществления указанного надзора» (2017) от 22.11.2017 (№ 1410).

Постановление Правительства РФ «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (2015) от 28.09.2015 (№ 1029).

Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» (2021) от 11.02.2021 (№ 312-р).

Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Концепции развития приграничных территорий субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа» (2015) от 28.10.2015, действующая редакция от 20.04.2019 (№ 2193-р).

РАО «Газпром» (1996). *Отраслевое руководство по анализу и управлению риском, связанным с техногенным воздействием на человека и окружающую среду при сооружении и эксплуатации объектов добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородного сырья с целью повышения их надежности и безопасности*. <https://docs.cntd.ru/document/471811749>

Роспотребнадзор (2018). *Методические рекомендации «Оценка профессионального риска на химических производствах»*. (МР 2.2.0138–18).

Роспотребнадзор (2012а). *Методические рекомендации «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума»*. (МР 2.1.10.0059–12).

Роспотребнадзор (2012б). *Методические рекомендации «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей»*. (МР 2.1.10.0062–12).

Росстандарт (2019а). *Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей*. (Стандарт ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019).

Росстандарт (2019б). *Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков*. (Стандарт ГОСТ Р 12.0.010-2009).

Росстандарт (2019с). *Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения*. (Стандарт ГОСТ Р 54003-2010).

Росстандарт (2019д). *Менеджмент риска. Технологии оценки риска*. (Стандарт ГОСТ Р 58771-2019).

Росстандарт (2014). *Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий.* (Стандарт ГОСТ Р 22.8.09-2014).

Росстандарт (2012). *Нефтяная и газовая промышленность, морские добычные установки. Способы и методы идентификации опасностей и оценки риска. Основные положения.* (Стандарт ГОСТ Р ИСО 17776-2012).

Росстандарт (2011). *Менеджмент риска. Методы оценки риска.* (Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011).

Росстандарт (2010а). *Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Защита экологических природных зон. Общие аспекты и мониторинг.* (Стандарт ГОСТ Р 54135-2010).

Росстандарт (2010б). *Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Химические вещества и материалы.* (Стандарт ГОСТ Р 54140-2010).

Росстандарт (2010с). *Менеджмент риска. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации опасностей и оценки риска для установок по добыче нефти и газа из морских месторождений.* (Стандарт ГОСТ Р ИСО 17776-2010).

Росстандарт (2009). *Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей.* (Стандарт ГОСТ Р 27.302—2009).

Росстандарт (2005). *Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента.* (Стандарт ГОСТ Р 14.09-2005).

Ростехнадзор (2018а). *Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа»* (Приказ № 647 от 26.12.2018).

Ростехнадзор (2018б). *Методические рекомендации по применению динамических моделей пересмотра периодичности проведения плановых проверок гидротехнических сооружений при осуществлении федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений.* (Приказ № 613 от 12.12.2018).

Ростехнадзор (2017). *Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на угольных шахтах»* (Приказ № 192 от 05.06.2017).

Ростехнадзор (2016а). *Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»* (Приказ № 144 от 11.04.2016).

Ростехнадзор (2016б). *Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности»* (Приказ № 272 от 29.06.2016).

Ростехнадзор (2016с). *Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и магистральных нефтепродуктопроводов».* (Приказ № 228 от 17.06.2016).

Ростехнадзор (2015). *Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»* (Приказ № 188 от 13.05.2015).

Ростехнадзор (2010). *Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов* (РД 03-418-01).

Стандарт ПАО «Газпром» (2020). *Идентификация опасностей и управление рисками в области производственной безопасности.* (СТО Газпром 18000.1-002-2020).

Стандарт ОАО «Газпром» (2009). *Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»*. (СТО Газпром 2-2.3-351-2009).

Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (2021). Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 02 июля 2021 г. № 400.

Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года (2017а). Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 208 от 13 мая 2017 г.

Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (2017б). Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 176 от 19 апреля 2017 г.

Тулупов, А. С. (2014). Расчетно-методический инструментарий страхования риска загрязнения окружающей среды. *Экономика и математические методы*, 50(1), 24–36.

Тулупов, А. С., Витухин, А. Д. (2017). Методическое обеспечение оценки вреда от нарушения природоохранного законодательства. *Экологический вестник России*, 1, 32–35.

Тулупов, А. С., Мудрецов, А. Ф., Витухин, А. Д., & Авраменко А. А. (2021). Оценка вреда от нарушения природоохранного законодательства: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения. *Вестник Московского университета. Экономика*, 21(1), 3–25. <https://doi.org/10.38050/01300105202111>

Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (2018) от 07.05.2018 (№ 204).

Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» (2020) от 21.07.2020 (№ 474).

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997) от 21.07.97, действующая редакция от 11.06.2021 (№ 116-ФЗ).

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002) от 10.01.2002, действующая редакция от 27.12.2019 (№ 7-ФЗ).

Федеральный закон «О техническом регулировании» (2002) от 27.12.2002, действующая редакция от 02.07.2021 (№ 184-ФЗ).

Bobylev, S. N., Bukhareva, E. N., Danilkin, A. A., Dgebuadze, Y. Y., Droozdov, A. V., Filenko, O. F., Grabovsky, V. I., Khoroshev, A. V., Kraev, G. N., Perelet, R. A., Smelyansky, I. E., Striganova, B. R., Tishkov, A. A., & Zamolodchikov, D. G. (2018). *Ecosystem services of Russia: prototype national report*. BCC Press.

Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA-Superfund), P. L. 96–510, U. S. Environmental Protection Agency (1980).

Concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (2006). Regulation (EC) № 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 386.

Daily, G. C. (1997). *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press.

Directive of the European Parliament and of the Council (2004). Directive 2004/35/CE of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/35/oj>

Ecological Risk Assessment Guidance (2012). *Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP)*. Azimuth Consulting Group Inc., Vancouver.

Health and Safety Authority of Ireland (2006). *Guidelines on Risk Assessments and Safety Statements*. https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Safety_and_Health_Management/A_Guide_to_Risk_Assessments_and_Safety_Statements.html

International Organization for Standardization (2006a). *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability* (ISO Standard No. 3534-1:2006).

International Organization for Standardization (2006b). *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics* (ISO Standard No. 3534-2:2006).

National Oceanic and Atmospheric Administration. (1999). Habitat equivalency analysis: an overview. Policy and technical paper series, No. 95-1. Technical paper 99-1. Damage Assessment and Restoration Program, Damage Assessment Center. Silver Springs, Maryland.

Standards Australia (2006). *Environmental Risk Management: Principles and process*. (HB 203:2004).

Standards Australia/New Zealand (2004). *Risk management*. (AS/NZS 4360:2004).

Statistical methods. Vocabulary and symbols. Part 1. General statistical terms and terms used in probability.

Tulupov, A. S., Myaskov, A. V. (2019). Inspiring mining impact mitigation using insurance tool kit. *Gornyi Zhurnal*, 7, 77–79. <https://doi.org/10.17580/gzh.2019.07.05>

United States Environmental Protection Agency (1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment (EPA/630/R-95/002F). Federal Register. Vol. 63, № 93.

References

Gosstandart (2002a). *Risk management. Terms and definitions of risk*. (Standard GOST R 51897-2002).

Gosstandart (2002b). *Risk management. Risk analysis of technological systems*. (Standard GOST R 51901.1-02).

Gosstandart (2008). *Statistical methods. Probability and the basics of statistics. Terms and definitions*. (Standard GOST R 50779.10-2000).

Gosgortehnadzor RF (2002). *Methodological guide for assessing the risk of accidents on main oil pipelines*. (RD).

Gosgortehnadzor RF (2000). *Methodological recommendations for the preparation of the declaration of industrial safety of a hazardous production facility*. (RD 03-357-00).

Minzdrav RF (2004). *Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment*. (P 2.1.10.1920-04).

Minzdrav RF (2003). *Methodological recommendations “Criteria for assessing the risk to public health of priority chemicals that pollute the environment”*. (MosMR 2.1.9.004-03).

Minprirody RF (2011). *Recommendations. Criteria for assessing the risk of toxic contamination of land surface waters in emergency situations (in cases of pollution)*. (R 52.24.756-2011).

Minprirody RF (1992). *Criteria for assessing the environmental situation of territories for identifying zones of an environmental emergency and zones of environmental disaster*. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/

Minpromtorg RF (2010). *Strategy for the development of the automotive industry of the Russian Federation for the period up to 2020*. Order No. 319 of 23.04.2010.

Minenergo RF (2019). *Methodological guidelines for calculating the probability of failure of a functional node and a unit of the main technological equipment and assessing the consequences of such a failure*. (Order No. 123 of 19.02.2019).

Mudretsov, A. F., & Tulupov, A. S. (2013). Assessment of the environmental hazard of landfills of solid household waste. *Regional problems of transforming the economy*, 3, 242–247.

“Transneft”, JSC (1999). *Methodological guide for assessing the risk of accidents on main oil pipelines*. (Order No. 152 of 30.12.1999).

RF Government Decision “On Federal State Environmental Control (Supervision)” (2021) of 30.06.2021 (No. 1096).

RF Government Decision “Criteria for assigning objects that have a negative impact on the environment to objects of categories I, II, III and IV” (2020) dated 31.12.2020 (No. 2398).

RF Government Decision “On the criteria of production facilities used by legal entities and individual entrepreneurs, having a negative impact on the environment to a certain category of risk for the regional state environmental supervision and the peculiarities of the implementation of supervision” (2017) from 22.11.2017 (No. 1410).

RF Government Decision “Criteria for classifying objects that have a negative impact on the environment for objects I, II, III and IV categories” (2015) from 28.09.2015 (№ 1029).

RF Government Order “On approval of the Strategy of development of the forest complex of the Russian Federation until 2030” (2021) of 11.02.2021 (No. 312-p).

RF Government Order “On approval of the concept of development of border territories of the constituent entities of the Russian Federation, members of the far Eastern Federal district” (2015) of 28.10.2015, current version of 20.04.2019 (No. 2193-R).

RAO Gazprom (1996). *Industry guidelines for the analysis and management of risks associated with man-made impacts on humans and the environment during the construction and operation of facilities for the production, transport, storage and processing of hydrocarbon raw materials in order to improve their reliability and safety*. <https://docs.cntd.ru/document/471811749>

Rospotrebnadzor (2018). *Methodological recommendations “Assessment of occupational risk in chemical industries”*. (MR 2.2.0138-18).

Rospotrebnadzor (2012a). *Methodological recommendations “The state of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Assessment of the public health risk from exposure to traffic noise”*. (MR 2.1.10.0059-12).

Rospotrebnadzor (2012b). *Methodological recommendations “The state of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Quantitative assessment of non-carcinogenic risk when exposed to chemicals based on the construction of evolutionary models”*. (MR 2.1.10.0062-12).

Rosstandart (2019a). *Statistical methods. Vocabulary and symbols. Part 1. General statistical terms and terms used in probability*. (Standard GOST R ISO 3534-1-2019).

Rosstandart (2019b). *Occupational health and safety management systems. Identification of hazards and risk assessment*. (Standard GOST R 12.0.010-2009).

Rosstandart (2019c). *Environmental management. Assessment of the past environmental damage accumulated in the locations of organizations. General provisions*. (Standard GOST R 54003-2010).

Rosstandart (2019d). *Risk management. Risk assessment technologies*. (Standard GOST R 58771-2019).

Rosstandart (2014). *Safety in emergency situations. Requirements for calculating the level of safety, risk and damage from flooding of urban industrial territories*. (Standard GOST R 22.8.09-2014).

Rosstandart (2012). *Oil and gas industry offshore production facilities. Methods and methods of hazard identification and risk assessment. The main provisions*. (Standard GOST R ISO 17776-2012).

Rosstandart (2011). *Risk management. Methods of risk assessment*. (Standard GOST R ISO/IEC 31010-2011).

Rosstandart (2010a). *Environmental management. Guidelines for the application of organizational security measures and risk assessment. Protection of ecological natural zones. General aspects and monitoring*. (Standard GOST R 54135-2010).

Rosstandart (2010b). *Guidelines for the application of organizational security measures and risk assessment. Chemicals and materials*. (GOST R 54140-2010).

Rosstandart (2010c). *Risk management. Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment for petroleum and natural gas offshore production installations*. (Standard GOST R ISO 17776-2010).

Rosstandart (2009). *Reliability in technology. Analysis of the fault tree*. (Standard GOST R 27.302-2009).

Rosstandart (2005). *Environmental management. Guidelines for risk assessment in the field of environmental management*. (Standard GOST R 14.09-2005).

Rostechnadzor (2018a). *Safety Manual "Methodology for assessing the risk of accidents at hazardous production facilities of gas trunk pipeline transport"* (Order No. 647 of 26.12.2018).

Rostechnadzor (2018b). *Methodological recommendations on the use of dynamic models for reviewing the frequency of scheduled inspections of hydraulic structures in the implementation of federal state supervision in the field of safety of hydraulic structures*. (Order No. 613 of 12.12.2018).

Rostechnadzor (2017). *Safety Manual "Methodological recommendations for conducting hazard analysis and risk assessment of accidents at coal mines"* (Order No. 192 of 05.06.2017).

Rostechnadzor (2016a). *Safety Manual "Methodological bases for conducting hazard analysis and assessing the risk of accidents at hazardous production facilities"* (Order No. 144 of 11.04.2016).

Rostechnadzor (2016b). *Safety Manual "Methodology for assessing the risk of accidents at hazardous production facilities of the oil and gas processing, oil and gas chemical industry"* (Order No. 272 of 29.06.2016).

Rostechnadzor (2016c). *Safety Manual "Methodological recommendations for conducting a quantitative analysis of the risk of accidents at hazardous production facilities of main oil pipelines and main oil product pipelines"* (Order No. 228 of 17.06.2016).

Rostechnadzor (2015). *Safety Manual "Methodological bases for conducting hazard analysis and assessing the risk of accidents at hazardous production facilities"* (Order No. 188 of 13.05.2015).

Rostechnadzor (2010). *Guidelines for conducting risk analysis of hazardous production facilities* (RD 03-418-01).

Gazprom Standard (2020). *Identification of hazards and risk management in the field of industrial safety* (STO Gazprom 18000.1-002-2020).

Standard of JSC Gazprom (2009). *Methodological guidelines for conducting risk analysis for hazardous production facilities of Gazprom gas transportation enterprises* (STO Gazprom 2-2. 3-351-2009).

National Security Strategy of the Russian Federation (2021). Approved by Decree of the President of the Russian Federation No. 400 of July 02, 2021.

The Strategy of economic security of the Russian Federation for the period up to 2030 (2017a). Approved by the Decree of the President of the Russian Federation No. 208 of May 13, 2017.

The Strategy of environmental safety of the Russian Federation for the period up to 2025 (2017b). Approved by the Decree of the President of the Russian Federation No. 176 of April 19, 2017.

Tulupov, A. S. (2014). Calculation and methodological tools for environmental pollution risk insurance. *Economics and Mathematical Methods*, 50(1), 24–36.

Tulupov, A. S., & Vitukhin, A. D. (2017). Methodological support for the assessment of harm from violation of environmental legislation. *Ecological Bulletin of Russia*, 1, 32–35.

Tulupov, A. S., Mudrezov, A. F., Vitukhin, A. D., & Avramenko, A. A. (2021). Assessment of damage from the violation of environmental legislation: Review and systematization of methodological approaches and methodology support. *Moscow University Economic Bulletin*, 21(1), 3–25. <https://doi.org/10.38050/01300105202111>

RF Presidential Edict “On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024” (2018) dated 07.05.2018 (No. 204).

RF Presidential Edict “On the national development of the Russian Federation for the period till 2030” (2020) of 21.07.2020 (No. 474).

Federal law “On industrial safety of hazardous production facilities” (1997) of 21.07.97, current version of 11.06.2021 (No. 116-FZ).

Federal law “On environmental protection” (2002) 10.01.2002, current version of 27.12.2019 (No. 7-FZ).

Federal Law “On Technical Regulation” (2002) of 27.12.2002, current version of 02.07.2021 (No. 184-FZ).