

Том 15, 2018, № 2
Vol. 15, 2018, No. 2

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Управление рисками
и мусорная катастрофа

Volume Headline:

Risk management
and garbage catastrophe



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Том 15, 2018, № 2
Vol. 15, 2018, No.2

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация
«Российское научное общество анализа риска»



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



Финансовый издательский дом
«Деловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель)

кандидат политических наук, заместитель Председателя Совета Федерации
Федерального Собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя)

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

Шарков Андрей Валентинович

генеральный директор АО ФИД «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России»,
Президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (главный редактор)

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель главного редактора)

академик РАН, доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра анализа и управления рисками
и заведующий лабораторией анализа и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики,
Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН

Башкин Владимир Николаевич

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН

Голембиовский Дмитрий Юрьевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной
математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова

Елохин Андрей Николаевич

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ПАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович

доктор технических наук, профессор, ректор Международного института проблем риска

Каранина Елена Валерьевна

доктор экономических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания, заведующий кафедрой финансов
и экономической безопасности ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Колесников Евгений Юрьевич

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Поволжского государственного
технологического университета, Председатель Российского научного общества анализа риска в Республике Марий Эл

Макашина Ольга Владиленовна

доктор экономических наук, профессор, профессор Департамента общественных финансов, Финансовый
университет при Правительстве РФ

Малышев Владлен Платонович

доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник ФКУ «Центр стратегических исследований гражданской защиты
МЧС России»

Махутов Николай Андреевич

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу
риска и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических и статистических наук, Университет
провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Морозко Нина Иосифовна

доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Денежно-кредитные отношения и монетарная политика»,
Финансовый университет при Правительстве РФ

Ревич Борис Николаевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья
населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Родионова Марина Евгеньевна

кандидат социологических наук, PhD, профессор Российской Академии Естествознания, доцент Департамента социологии,
заместитель проректора по проектам Финансового университета при Правительстве РФ

Сорогин Алексей Анатольевич

кандидат технических наук, директор по специальным проектам АО ФИД «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ

Соложенцев Евгений Дмитриевич

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Соснов Игорь Владимирович

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

Содержание

Колонка редактора

- 4 О мусорной экологической катастрофе
А. А. Быков, Главный редактор

Управление рисками

- 6 Система управления рисками крупных компаний. Практика оценки рисков в ОАО «РЖД» и направления развития
В. А. Гапанович, ОАО «Российские железные дороги», г. Москва
И. Б. Шубинский, О. Б. Проневич, В. Э. Швед,
АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», г. Москва
- 22 Информационное обеспечение мониторинга и рисков развития социально-природно-техногенных систем
В. В. Москвичёв, Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал, г. Красноярск
В. В. Ничепорчук, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск
В. П. Потапов, Институт вычислительных технологий СО РАН, Кемеровский филиал, г. Кемерово
О. В. Тасейко, Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал,
Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева,
г. Красноярск
М. И. Фалеев, Центр стратегических исследований МЧС России, г. Москва
- 34 Внедрение вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в практику планирования гражданской обороны
А. В. Шевченко, ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ», пос. Развилка, Московская область

Риск экологический

- 50 Риски мусорной экологической катастрофы России
Ю. И. Соколов, Российское научное общество анализа риска, г. Москва
- 64 Негативные экологические последствия разработки месторождений полезных ископаемых в России в прошлом веке: проблемы бывшего ГОК «Тувакобальт»
В. И. Забелин, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл

Оценка риска

- 72 Оценка и учет инвестиционных рисков при прогнозных исследованиях развития ТЭК
Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск
- 78 Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера
М. И. Захарова, Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

Риск кредитный

- 86 Оценка вероятности дефолта компании на основе системно-динамической модели
Д. С. Куренной, Д. Ю. Голембиовский, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

- 93 Аннотации статей на английском языке

- 95 Инструкция для авторов

О мусорной экологической катастрофе

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

А. А. Быков,
Главный редактор

Уважаемые коллеги!

Главная тема настоящего номера журнала — «Управление рисками и мусорная катастрофа». Причиной такого выбора стала подборка статей как по управлению рисками, так и по экологической проблематике воздействия на окружающую среду отходов жизнедеятельности городов и разрабатываемых месторождений.

Остановимся на основополагающих моментах «мусорной экологической катастрофы», более подробно разбираемых в статье нашего постоянного и авторитетного аналитика — Ю. И. Соколова. Это сейчас очень животрепещущая тема, вызвавшая большой общественный резонанс.

В России проблема размещения и утилизации бытовых отходов стоит очень остро, представляя реальную угрозу экологической безопасности страны. Города России окружены плотным кольцом мусорных полигонов и несанкционированных свалок, нередко расположенных в водоохраных зонах, в охранных зонах магистральных трубопроводов, в санитарных зонах скважин питьевого водоснабжения. Свалки мусора размещаются все ближе к жилым зонам, часто располагаясь в самих зонах, а полигоны твердых коммунальных отходов, имеющие все разрешительные документы, осуществляют свою деятельность с нарушением природоохранного законодательства.

Несанкционированное размещение мусора, ставшее криминальным бизнесом с оборотом в десятки миллиардов рублей, сегодня больше всего беспокоит и раздражает людей. По данным, приводимым Ю. И. Соколовым, на территории страны уже накопилось от 32 до 60 млрд тонн неутрализованного мусора. Весь мусор в нашей стране занимает 4 млн га, что сопоставимо с площадью Швейцарии или Голландии. Каждый год эта площадь возрастает на 10%, что сопоставимо с суммарной площа-

дью двух столиц России. Ежегодно на каждого россиянина приходится более 400 кг отходов. За год в стране собирается более 70 миллионов тонн бытовых отходов, почти все из которых оседают на полигонах и свалках. А в густонаселенных регионах — в Московской области, например, — его складывать уже практически некуда.

Лидерами по накоплению бытовых отходов являются Москва, Подмосковье, Ростовская область, Башкирия, Омская область, Алтайский край, Приморье, Свердловская область, Санкт-Петербург и Челябинская область.

Борьба с мусором, конечно, идет, чему может служить примером полигон твердых коммунальных отходов «Кучино» в подмосковной Балашихе, который принимал отходы более полувека. Свалка «прославилась» летом 2017 года во время «прямой линии» с Президентом России Владимиром Путиным. После этого ее закрыли, а на самом полигоне начались работы по рекультивации.

Рекультивация мусорных полигонов — это достаточно сложный комплекс мероприятий: исследование свалочного тела; оценка уровня воздействия полигона на окружающую среду; целый ряд геологических, гидрогеологических, геофизических и ландшафтно-геохимических работ. Рекультивация, таким образом, мероприятие очень дорогое и длительное. Так, для рекультивации одного полигона «Кучино» потребуется от 4 до 5 млрд рублей, а эта свалка не самая большая в стране. Подмосковный полигон «Тимохово» — площадь 110 га, «Игумновский» полигон под Нижним Новгородом — 70 га, Челябинский полигон — 85 га. Средняя стоимость рекультивации среднего полигона (20 гектаров) — это примерно от 600 до 800 млн рублей.

На всю страну функционируют около 40 мусоросжигательных и 243 мусороперерабатывающих завода, 53 мусоросортировочных комплекса. Этих предприятий явно недостаточно. Для переработки

ежегодно образуемых твердых бытовых отходов количество таких предприятий необходимо утроить. На это требуются большие средства и время — строительство современного экологически безопасного мусороперерабатывающего завода требует объема инвестиций как минимум в 65 млн долларов.

Получается, что на данный момент, по мнению Ю.И. Соколова, существует единственное решение — закрытие старых полигонов и строительство новых. Несмотря на такой вывод, в статье рассматриваются возможности и методы обращения с отходами, обладающие преимуществами по сравнению с простым складированием. Термическая переработка — один из самых распространенных методов утилизации отходов, хотя доля сжигаемого мусора разнится в разных странах: США сжигают 13% отходов, ЕС — 27%, Китай — 30%, Япония — 80%. В мире примерно 1500 успешно функционирующих заводов по сжиганию мусора. Некоторые из них находятся в центре самых крупных мегаполисов: в Лондоне, Париже, Берлине, Токио.

Среди технологий термической переработки наиболее распространенными во всем мире являются прямое сжигание (на колосниковой решетке и в кипящем слое), пиролиз и газификация. Сжигание на движущейся колосниковой решетке (при температуре 850—1200 градусов) остается самой отработанной и одновременно востребованной технологией в силу возможности утилизировать большие объемы отходов, в том числе без их предварительной подготовки.

При термической обработке обеспечиваются наибольшая сравнительная глубина переработки (80—85%), минимизация вредных выбросов в атмосферу и сокращение объема захораниваемых отходов (50—90%). Также отсутствует риск загрязнения сточных вод и появляется возможность утилизировать большие объемы твердых коммунальных отходов (в том числе смешанных отходов) на небольшой площади при любых погодных условиях.

Недостаток мусоросжигания заключается в том, что при горении образуются шлак и зола. Шлак составляет около 10% по объему и 30% по массе от исходного вещества и обладает IV классом опасности (таким же, как и сами твердые коммунальные отходы). Его можно использовать в дорожном строительстве (такие прецеденты есть в некоторых европейских странах). Зола, оседающая на фильтрах мусоросжигающего завода, составляет порядка 3% от массы исходного вещества, обладает более высо-

кой токсичностью (III класс опасности), и потому для нее нужны или специализированные полигоны, или особые цеха по ее обезвреживанию. Основные загрязнители, которые выбрасывают в воздух мусоросжигательные заводы, — это оксид и диоксид азота, аммиак, оксиды металлов и бензол.

Гринпис утверждает, что сжигание мусора наносит вред окружающей среде и здоровью граждан. Представители различных других природоохранных организаций считают, что без обеспечения разделения мусора будет сжигаться все подряд, в том числе опасные отходы — пластиковая упаковка, батарейки, и выбросы такого завода будут не менее токсичны, чем у традиционных. Вывод: «Не строить мусоросжигательные заводы, пока не будет отдельного сбора мусора». Но чтобы наладить отдельный сбор мусора и создать необходимую инфраструктуру, потребуются десятилетия. Кроме того, на данный момент существует большое количество научных исследований, подтверждающих относительную безопасность мусоросжигательных заводов для населения. Например, швейцарские специалисты утверждают, что на их мусоросжигающих заводах жгут несортированный мусор, и вредных выбросов от этого больше не становится. Исследование британских ученых по сжиганию отходов в Великобритании показало, что наличие заводов по термической переработке отходов не приводит к повышению концентраций тяжелых металлов и взвешенных частиц в радиусе 10 км.

На сегодняшний день Минприроды России не видит в разделении отходов и переработке полноценную альтернативу мусоросжигательным заводам. По мнению главы ведомства, проблема заключается даже не в том, что россияне не готовы к отдельному сбору мусора, а в нехватке предприятий, готовых перерабатывать сортированные отходы. Самим же предприятиям, по словам министра, не хватает отходов, чтобы рассчитать экономику, спланировать работу и иметь гарантии того, что предприятие будет загружено и сможет получать прибыль. Поэтому строительство уже запланированных мусоросжигательных заводов неизбежно.

На смену приоритетов в борьбе с мусором можно рассчитывать только после 2025 года. К этому времени должен быть завершен переход на новую систему обращения с отходами, введен запрет на захоронение перерабатываемого мусора и налажена работа территориальных схем во всех регионах России.

УДК: 614.8.084

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Система управления рисками крупных компаний. Практика оценки рисков в ОАО «РЖД» и направления развития

В. А. Гапанович,ОАО «Российские железные дороги»,
г. Москва**И. Б. Шубинский,****О. Б. Проневич,****В. Э. Швед,**АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»,
г. Москва

Аннотация

В статье рассмотрены некоторые методы управления рисками на производственных объектах и проблемы оценки остаточного риска. Проведен краткий обзор областей применения стандартизированных методов оценки рисков, а также анализ результатов оценки пожарных и профессиональных рисков на железнодорожном транспорте. Предложен подход к управлению остаточным риском на основе факторов, его образующих.

Ключевые слова: риск, остаточный риск, скрытый отказ, человеческий фактор, количественная оценка, матрица рисков, интегральная оценка.

Содержание

Введение

1. Основные риски железнодорожного транспорта и их классификация
2. Методы оценки рисков. Возможности и ограничения. Интегральная оценка риска
3. Иерархический подход к оценке рисков в крупных компаниях
4. Анализ результатов практического применения методов оценки профессиональных рисков в ОАО «РЖД»
5. Остаточный риск

Заключение

Литература

Введение

2016 год ознаменовал переход от системы управления организацией, в которой управление рисками было задачей исключительно внутренней политики предприятия, к системе, в которой риски становятся предметом взаимодействия с государственными регуляторами. Сегодня развернута масштабная программа по применению риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля [1]. Это открывает перед компаниями возможность влиять на интенсивность проведения контрольных мероприятий. Основным критерием выбора формы, продолжительности и периодичности проверок является уровень риска. В этих условиях первоочередной задачей является поддержание допустимого уровня риска, своевременное выявление и устранение причин недопустимых рисков.

Для такой большой компании, как ОАО «РЖД», имеющей множество объектов, попадающих под внимание надзорных органов, а также множество факторов, влияющих на собственные цели холдинга, важно разработать систе-

му управления рисками и обеспечить баланс между затратами на управление внешними и внутренними рисками.

Отправной точкой при разработке такой системы управления является перечень рисков, в настоящее время регламентированных законодательными актами Российской Федерации. При этом для железнодорожного транспорта основополагающим документом является Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г., утвержденная В.В. Путиным в 2008 г., в соответствии с которой выделены 4 группы рисков: макроэкономические, социальные, операционные, природно-климатические и техногенные.

Множество видов рисков, которые необходимо оценивать, а также различные цели оценки одного и того же вида риска (для целей государственного надзора и целей компании) бросают холдингу настоящий вызов в части построения моделей оценки рисков. Задача применения метода оценки конкретного вида риска существенно отличается от задачи построения методологии оценки рисков крупной компании. При решении этой задачи важно учитывать, что метод, успешно примененный в одной области, может быть совершенно не эффективен в другой.

В связи с этим в данной работе освещается опыт ОАО «РЖД» в области оценки различных видов рисков, а также исследуются проблемы менеджмента выявленных рисков.

1. Основные риски железнодорожного транспорта и их классификация

С 2014 г., в соответствии с поручением В.В. Путина от 27 декабря 2014 г. № Пр-3013, одним из инструментов развития компаний с государственным участием в Российской Федерации становится система управления рисками. К 2016 г. в ОАО «РЖД» был накоплен опыт оценки рисков для собственных целей компании. Государственное нормативное обеспечение вопроса оценки рисков также не стояло на месте, и в 2016 г. вышло Постановление Правительства Российской Федерации от 17 августа 2016 г. № 806, установившее переход на риск-ориентированную систему контроля для 38 видов государственного надзора. При этом в настоящее время существует порядка 32 наименований рисков, регламентированных

федеральными законами и другими нормативными актами Российской Федерации (пожарный, экологический, коммерческий риски и т.д.). Часть этих рисков являются также рисками особого внимания на железнодорожном транспорте (рис. 1).

Это означает, что развитие системы управления рисками в ОАО «РЖД» должно осуществляться с учетом существующих и появляющихся федеральных нормативных требований. И первой задачей на данный момент является классификация рисков.

Классификация рисков ОАО «РЖД» должна быть осуществлена с учетом существующей структуры управления холдингом, а также задачами, решаемыми на каждом уровне управления. Эффект от системы управления рисками должен носить синергический характер, эффективным должен быть каждый элемент каждого уровня управления: от структурного подразделения на линейном уровне до департамента корпоративного уровня управления.

В настоящее время для внутренних целей компании сформулировано несколько десятков рисков, связанных с различными областями жизни холдинга: от финансовой деятельности до технического обслуживания локомотивов и инновационного развития.

Эти обстоятельства, а также то, что риски были сформулированы различными не взаимодействующими друг с другом разработчиками нормативных актов, привело к ряду проблем. Часть этих проблем образована тем, что в настоящее время не существует стандарта, регламентирующего порядок классификаций рисков и требований к участникам системы управления рисками о передаче друг другу информации о риске для исключения случаев дублирования. Остро стоит задача классификации рисков с учетом требований регуляторов и интересов холдинга. Для этих целей были разработаны принципы классификации, изложенные в положении о системе управления рисками в ОАО «РЖД». Классификация осуществляется по следующим признакам: источник возникновения, вид цели ОАО «РЖД», степень управляемости, уровень существенности, уровень управления. Пример классификации по трем признакам приведен на рис. 2.

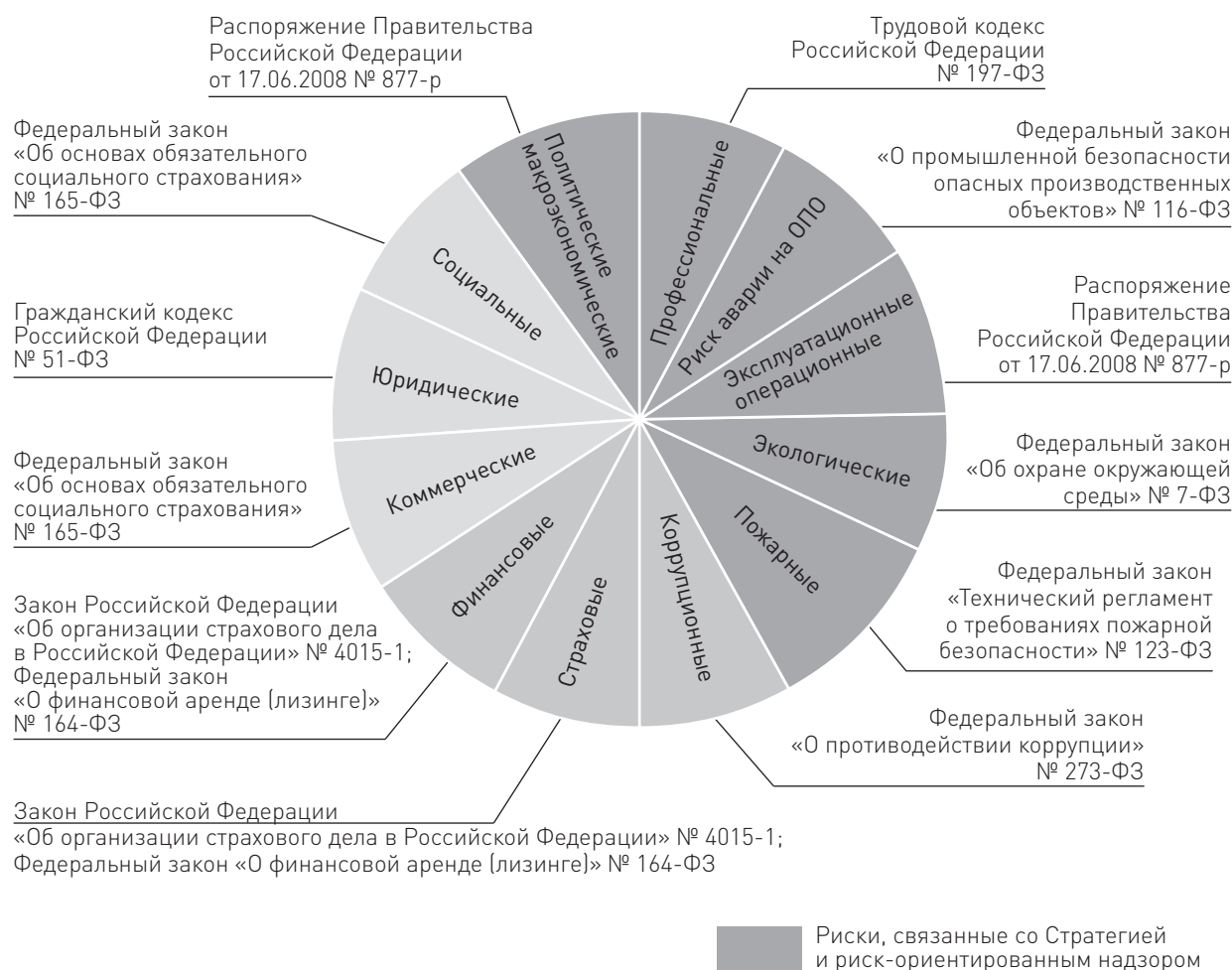


Рис. 1. Основные риски холдинга ОАО «РЖД», регламентированные федеральными законами

2. Методы оценки рисков. Возможности и ограничения. Интегральная оценка риска

В настоящее время существует множество методов оценки риска, часть из них стандартизирована. Многие крупные компании, в т.ч. ОАО «РЖД», ПАО «Газпром» разрабатывают собственные методы и подходы к оценке. Целесообразность существования множества методов и непрерывность их развития обусловлена спецификой предприятий и постоянным развитием технологических систем. Однако, как отмечено в Имплементационном регламенте (ЕС) № 402/2013 Европейской комиссии об общем методе безопасности для выявления и оценки рисков, одним из препятствий для либе-

рализации железнодорожного рынка является отсутствие общего подхода у государств — членов ЕС к оценке и подтверждению соответствия требуемому уровню безопасности. Со схожими проблемами столкнулось ОАО «РЖД», когда пришло время подводить итоги работы по оценке рисков, проводимой с 2011 г. Первым шагом к гармонизации процедуры и методов, служащих для выявления риска, является анализ причин и результатов применения тех или иных методов, которые показали себя наиболее эффективными [2].

ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» рекомендует 31 метод оценки. В ГОСТе приведено описание факторов, влияющих на выбор метода оценки риска.

I. Классификация по источникам возникновения



II. Классификация по области возникновения

III. Классификация по критерию временного периода проявления

Рис. 2. Принцип централизованного подхода к классификации рисков

Основные из них: возможность получения количественных выходных данных, неопределенность результатов оценки. На этапе эксплуатации важно применять методы с высокой степенью определенности результатов оценки и обладать количественной информацией об объектах оценки. Более половины методов, регламентированных ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 (18 из 31 метода), позволяют получить количественные оценки рисков. Из них 9 методов применялись для оценки рисков в ОАО «РЖД» с 2010 г., анализу их возможностей посвящен настоящий раздел.

Применение различных методов оценки рисков в одной и той же компании обусловлено различиями между объектами оценки. Однако решения, принятые на основании этих оценок, должны но-

сить системный характер, а финансирование корректирующих мероприятий — осуществляться по приоритетности для достижения стратегических целей компаний. Для этого результаты оценки рисков различными методами должны быть сопоставимы друг с другом. В табл. 2 приведены единицы измерения результатов оценки рисков, получаемых при применении различных методов. Можно выделить четыре группы результатов оценки рисков:

- 1) вероятность (измеряемая действительным числом от 0 до 1);
- 2) балльная оценка числа риска;
- 3) вероятность, умноженная на натуральные единицы измерения (обычно последствия);
- 4) другие (денежные, показатели оцениваемого процесса).

Количественные методы оценки риска, применяемые в ОАО «РЖД»

Таблица 1

Метод оценки риска	Область применения в ОАО «РЖД»	Стадия внедрения	Причина выбора метода и его возможности
Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	Объекты автоматики и телемеханики	Внедрено	Позволяет наиболее полно использовать объективную статистическую информацию из отраслевых автоматизированных систем и, соответственно, повышает точность расчета риска; позволяет разработать меры по снижению риска
Анализ дерева неисправностей	Безопасность движения	Внедрено	Позволяет учитывать различные последствия события (для пассажиров, персонала, груза, собственника, социальные последствия)
Анализ дерева событий (ETA)	Безопасность движения, объекта пути и искусственных сооружений	Внедрено	Позволяет использовать массивы информации по случаям нарушений безопасности движения, отказам технических средств и человеческому фактору в отраслевых автоматизированных системах
Анализ влияния человеческого фактора (HRA)	Безопасность движения	Переработка методологии	Нет альтернатив
Моделирование методом Монте-Карло	Для оценки финансовой деятельности холдинга	В стадии опытного применения (для значимой выборки)	Позволяет учитывать динамику изменения процентных ставок
Индексы риска	Диагностика и мониторинг технического состояния искусственных сооружений, риски аварий на опасных объектах	Внедрено	Позволяет учитывать три фактора: вероятность возникновения, тяжесть последствий опасного события и эффективность обнаружения
Матрица последствий и вероятностей	Для оценки рисков технических средств, зданий и сооружений, безопасности труда, пожарной безопасности	Внедрено	Единый подход к представлению результатов оценки рисков, связанных с функционированием объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта
Анализ эффективности затрат (СВА)	Системы управления состоянием инженерных сооружений	Концепция	Обеспечение эффективного использования финансовых ресурсов при безусловном обеспечении надежности сооружений, безопасном и бесперебойном пропуске по ним
Марковский анализ	Общесистемный	Концепция (для значимой выборки)	Применяется в случаях, когда состояние объекта ЖТ в будущем зависит только от его состояния в настоящий момент

Различные единицы измерения результатов оценки рисков объектов различных типов создают некоторые ограничения для системы управления рисками. Например, неприемлемо суммирование рисков всех элементов, а значит, нельзя сравнивать между собой структурные элементы, имеющие одинаковый набор типов объектов (при их различных характеристиках).

В работе [3] предложен методический инструмент преобразования различных мер безопасности объектов (элементов) к некоторой единой интегральной мере риска системы. Во многих случаях исследовательская система состоит из разнотипных объектов, единицы измерения рисков которых не совпадают (см. табл. 2). Это исключает возможность прямого суммирования риска и формирова-

Единицы измерения результатов оценки рисков

Таблица 2

Метод оценки риска	Наименование	Единицы измерения
Анализ дерева неисправностей	Вероятность отказа	Действительное число от 0 до 1
Анализ дерева событий (ETA)	Частота (1/а) или вероятность	Действительное число от 0 до 1
Анализ влияния человеческого фактора (HRA)	Вероятность ошибки человека	Действительное число от 0 до 1
Марковский анализ	Вероятность перехода из одной вершины в другую	Действительное число от 0 до 1
Матрица последствий и вероятностей	Произведение частоты возникновения нежелательного события и величины его последствий	Совпадает с единицами измерения последствий
Индексы риска	Число риска	Баллы
Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	Приоритетное число риска	Баллы (от 1 до 1000)
Анализ эффективности затрат (CBA)	Соотношение затрат на проект и его результатов	Денежные
Моделирование методом Монте-Карло	Показатели процесса (среднее, стандартное отклонение)	Совпадает с единицами измерения показателя процессов

ния общей шкалы ущерба. Однако для принятия решения об уровне безопасности системы в целом и сопоставления различных исследуемых систем необходимо иметь хотя бы одну общую меру для всех рисков. Общей мерой оценки рисков при применении любого из современных методов оценки является качественная характеристика уровня риска. Каждый уровень риска может характеризоваться цветовым индикатором.

В соответствии с принципом ALARP всего имеется четыре уровня опасности рисков. Общим полем для объединения результатов оценки являются цвета решений (уровни риска) по каждому из объектов оценки. В порядке повышения их значимости эти уровни отображаются зеленым, желтым, оранжевым и красным цветом (рис. 3).

Функция значимости объектов, «находящихся» в зеленой зоне, должна иметь малые значения

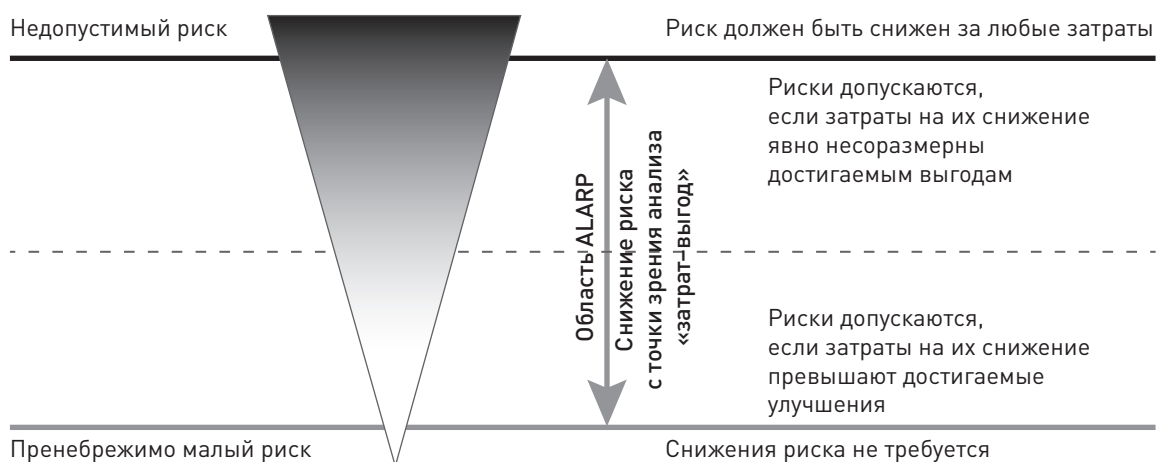
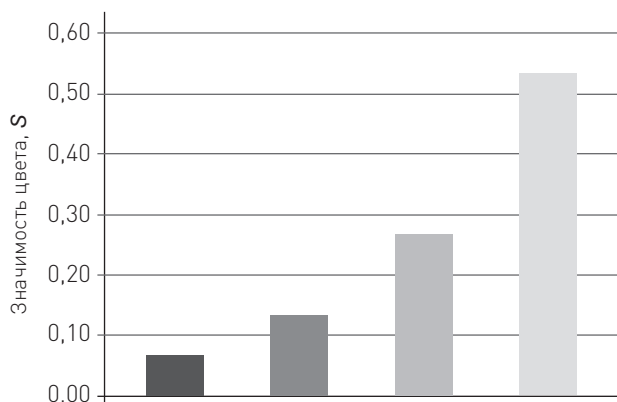


Рис. 3. Оценивание риска на основе принципа ALARP

а) значимость уровня риска



б) функции значимости решений об уровне риска

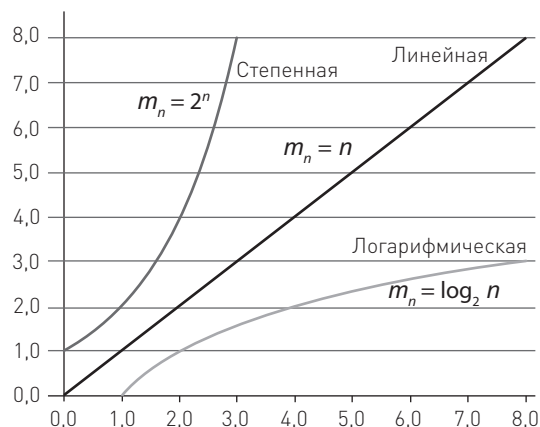


Рис. 4. Количественная мера уровня риска

(от нуля до некой незначительной величины). Вместе с тем оранжевый, а особенно красный цвет означают высшую степень опасности, и функция значимости, характеризующая эти уровни, должна иметь максимально высокие значения (рис. 4а). Возможны три стратегии построения функции значимости в соответствии с принятыми цветами: 1 — линейная, 2 — степенная, 3 — логарифмическая (рис. 4б).

На основе определенной для каждого объекта системы значимости риска S_i интегральная оценка риска системы может быть вычислена по формуле (1):

$$R_{\text{сист}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{\sum_{i=1}^N S_i^{\max}}, \quad (1)$$

где $S_i^{\max}$ — максимальная значимость цвета ячейки (красный = 0,53).

Применение этого метода позволяет достичь баланса между применением методов, позволяющих учитывать особые характеристики объектов оценки, и сопоставимостью результатов оценки различных объектов. Также применение методов интеграции к оценке рисков позволяет использовать одновременно несколько методов, например матрицу последствий и вероятностей и метод технического обслуживания, направленного на обеспечение надежности (рис. 5).

3. Иерархический подход к оценке рисков в крупных компаниях

Важным этапом построения системы управления рисками в ОАО «РЖД» является учет иерархической структуры холдинга. Этот этап делится на четыре задачи:

- выделение иерархических составляющих (определение уровней иерархии);
- установление терминологии, единой для всех уровней;
- определение перечня инструментов оценки и управления рисками;
- разработка алгоритма функционирования системы управления рисками на всех уровнях иерархии.

Выявление иерархических составляющих является отдельной задачей, т.к. количество уровней иерархии определяет количество различных оценок, а также количество операций, которые должны быть выполнены для получения интегральной оценки. При выделении иерархических уровней на предприятии должен быть соблюден баланс между величиной погрешности интегральной оценки (образованной из-за большого уровня вложенности операций) и обобщенностью оценки самого низкого уровня иерархии.

В ОАО «РЖД» используется как горизонтальное, так и вертикальное иерархическое разбиение. На горизонтальном уровне выделены функциональные блоки (энергообеспечение, автоматика и телемеха-

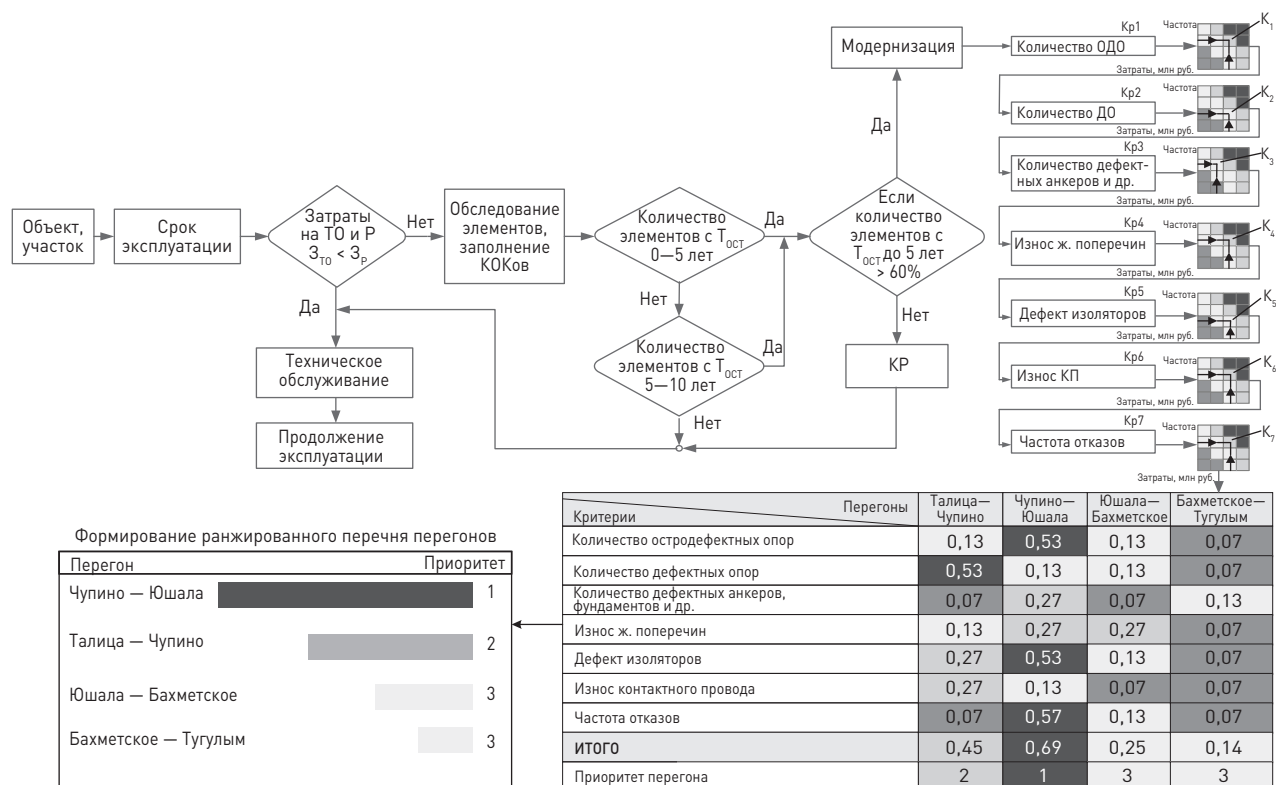


Рис. 5. Применение инструмента преобразования различных мер безопасности объектов (элементов) к единой интегральной мере риска системы в ОАО «РЖД»

ника и т.п.). Каждый функциональный блок имеет вертикальную иерархию: центральный, региональный, линейный уровень управления.

Для эффективного функционирования системы управления рисками необходимо четкое разделение обязанностей между участниками системы, установление источников риска и их владельцев, интеграционная оценка риска. Два понятия являются ключевыми и согласно [4] имеют следующие определения:

- **владелец риска:** лицо или организация, имеющие ответственность и полномочия по менеджменту риска;
- **источник риска:** объект или деятельность, которые самостоятельно или в комбинации с другими обладают возможностью вызывать повышение риска.

Для бесперебойного обеспечения работы уровней системы управления рисками важно соблюдать единство терминологии системы управления рисками на всех уровнях управления. В соответствии

с отечественным и мировым опытом можно выделить три основных термина, закладывающих принципы управления рисками в холдинге:

- **риск:** вероятность причинения 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 [5];
- **вероятность:** степень (мера, количественная оценка) возможности наступления случайного события, являющаяся действительным числом в интервале от 0 до 1 (адаптировано из [6]);
- **методика (метод) измерений** (методика измерений): совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности [7].

Методика измерений является важным понятием с точки зрения основного инструмента управ-

ления риском — метода его оценки. Именно от нее зависит информация, которая ложится в основу управленческого решения по воздействию на риск. Перечень методов оценки риска в соответствии с целями и особенностями оцениваемой системы регламентирован [8], их анализ приведен в разделе 2 настоящей статьи.

ОАО «РЖД» обладает существенной статистической базой данных о нежелательных событиях в отношении объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, а также в области охраны труда. Это позволяет эффективно применять методы оценки риска, использующие хронологические данные для идентификации события или ситуации, произошедших в прошлом и допускающих возможность экстраполяции вероятности их появления в будущем. Одним из таких инструментов является матрица риска. Она позволяет визуализировать поставленную перед системой управления рисками цель об отслеживании стадии ее достижения после проведения управляющих воздействий.

Следующим важным элементом системы управления рисками являются критерии достижения цели. В соответствии с этим принципом сформулирована цель управления риском — изменение риска до допустимого уровня, который организация и причастные стороны готовы сохранить после обработки риска для достижения своих целей. При этом после проведения обработки риска должен быть повторно реализован процесс оценки остаточного риска и определения его допустимости с целью решения вопроса о необходимости дальнейшей обработки риска или перехода к мониторингу и рассмотрению риска [9].

Как уже отмечалось ранее, для того чтобы достичь целевого результата в целом по холдингу, необходимо обеспечение эффективной работы каждого уровня управления. Для этого каждый уровень управления должен быть обеспечен своим инструментом анализа и оценки риска и критерием принятия решения, исходя из информации, полученной каждым уровнем. На основании многолетнего опыта оценки рисков в ОАО «РЖД» выработан алгоритм, включающий три уровня сбора информации о рисках, учитывающий эти особенности (рис. 6).

Центральный уровень сбора информации о рисках. Центральный уровень является агрегатором. Особенности информации на этом уровне являются:

- большая статистическая выборка, позволяющая установить закономерность событий или определить закон распределения случайной величины. На основе достаточного массива данных осуществляется прогноз событий;
- высокий уровень обобщения информации (преобразование информации о наличии множества простых частных событий в информацию о наличии некоего события более высокого уровня, в которое эти частные события входят как отдельные его элементы), позволяющий выявлять общие тенденции, но исключающий возможность планирования точечных корректирующих мероприятий.

На центральном уровне управления целесообразно использовать в качестве основного инструмента матрицу последствий и вероятностей, позволяющую в соответствии с [8] сделать предварительную оценку риска. Результатом этой оценки является рейтинг рисков и их источников, а также перечень видов риска, не требующих дальнейшего рассмотрения. Риски, не соответствующие критериям допуска, передаются в обработку на линейный и региональный уровни управления.

Региональный уровень сбора информации о риске. На этом уровне участники системы управления рисками обладают как информацией об общих тенденциях, полученной от центрального уровня, так и детализированной информацией о причинах нежелательных событий, происходящих на предприятиях линейного уровня управления. Основной задачей этого уровня является интегральная оценка риска нежелательных событий на основе информации о рисках структурных подразделений линейного уровня.

Линейный уровень сбора информации о рисках. Источники риска располагаются на этом уровне управления. Для идентификации факторов риска в структурных подразделениях ОАО «РЖД» принят на вооружение такой инструмент, как аудит. При этом под аудитом понимается систематический, независимый и документируемый процесс получения свидетельств аудита и их объективного оценивания



Рис. 6. Алгоритм функционирования системы управления рисками на всех уровнях иерархии

для установления степени соответствия критериям аудита [10].

Более подробно применение таких инструментов, как матрица рисков и аудита для оценки пожарных рисков по фактическому состоянию объекта рассмотрено в работе [11].

4. Анализ результатов практического применения методов оценки профессиональных рисков в ОАО «РЖД»

С помощью матрицы рисков на основании данных о статистике травм (рис. 7), агрегированных на центральном уровне управления, определен перечень травмоопасных профессий, работников, работающих на инфраструктуре железнодорожного транспорта.

На снижение рисков работников профессий, находящихся в зоне нежелательного риска, в первую очередь и ориентирована система управления рисками. В соответствии со стандартом холдинга СТО РЖД 15.005-2013 «Система внутреннего аудита управления охраной труда и промышленной безопасностью в ОАО «РЖД»» процедуру аудита

реализуют руководители и сотрудники всех уровней управления (аудит первой стороны). Алгоритм аудита дистанций электроснабжения для оценки профессиональных рисков приведен на рис. 8.

Результатами аудита являются выводы о соответствии объектов оценки критериям аудита и вероятность появления травмы из-за выявленных несоответствий. При этом на шкале вероятности (от 0 до 1) заданы интервалы риска: не принимаемый в расчет риск, допустимый риск, нежелательный риск, недопустимый риск. Такой подход позволяет сопоставлять оценки линейного и центральных уровней управления и делать прогноз с учетом фактического состояния источников риска. Также данная система оценки риска сопоставима с системой, заданной Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2017 № 197, определяющим 5 категорий риска по шкале от 0 до 1: низкий риск, умеренный риск, средний риск, значительный риск и высокий риск при значении контрольного параметра более 1.

Оценка профессионального риска в структурных подразделениях ОАО «РЖД» осуществляется на основе данных, собранных по результатам

Событие	Частота травмы · 10 ⁻³	УРОВЕНЬ РИСКА			
Частое	Более 16,2	Допустимый	Нежелательный	Недопустимый	Недопустимый
Вероятное	От 6,31 до 16,2	Допустимый	Нежелательный	Нежелательный	Недопустимый
Случайное	От 2,46 до 6,31	Допустимый	Допустимый	Нежелательный	Недопустимый
Редкое	От 0,96 до 2,46	Не принимаемый в расчет	Допустимый	Нежелательный ЭЧС Монтер пути	Нежелательный
Крайне редкое	От 0,37 до 0,96	Не принимаемый в расчет	Допустимый	Допустимый Рем. ИССО Деж. по проезду	Нежелательный
Мало-вероятное	Менее 0,37	Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет Элмех. ЭЧЭ	Допустимый ОДТ	Нежелательный
Доля смертельных травм		Менее 0,02	От 0,02 до 0,15	От 0,15 до 0,96	Более 0,96

МП — монтер пути

ЭЧС — электромонтер района электроснабжения

ОДТ — оператор дефектоскопных тележек

ЭКС — электромонтер контактной сети

Рис. 7. Матрицы профессиональных рисков на центральном уровне управления



Рис. 8. Алгоритм аудита дистанций электроснабжения для оценки профессиональных рисков

аудита источников риска. Для производственных предприятий характерно то, что источники риска носят неслучайный характер. Существование опасных производственных факторов и связанной с ними возможности травмы обусловлено технологическими процессами, в т. ч. используемым оборудованием. Существенное влияние на безопасность труда оказывают и уровень знаний работников, и дисциплина труда. Ввиду этого система аудита выстроена таким образом, чтобы можно было дать оценку не только вероятности травмы как таковой, но и процессам, реализация которых влияет на безопасность труда.

В 2017 г. на 144 дистанциях электроснабжения ОАО «РЖД» проведена оценка профессиональных рисков электротехнического персонала. При реализации 6 процессов выявлены факторы, повышающие вероятность травмы до нежелательной:

- стажировка (25 дистанций);
- доставка работника до рабочего места (32 дистанции);
- прохождение медицинских осмотров (в т. ч. состояние здоровья (34 дистанции));
- реализация операций технологического процесса (38 дистанций);
- подготовительные работы в линейном подразделении (52 дистанции);
- поддержание надежности и безопасности зданий и сооружений (54 дистанции).

Предприятия, имеющие признаки риска по вышеперечисленным процессам, образуют первую категорию опасности. Здесь стоит отметить, что категории опасности выделены на основе сравнения дистанций между собой. Так, в настоящее время к предприятиям первой категории опасности относятся те, на которых выявлен нежелательный и недопустимый уровень риска. В случае если все недопустимые риски будут устранены, к первой категории опасности будут относиться предприятия с нежелательным уровнем риска.

На рис. 7 приведены сведения о процессах, при реализации которых выявлены признаки риска. На рис. 9а приведены данные, агрегированные на центральном уровне управления (в скобках указано количество дистанций), на рис. 9б приведены характеристики дистанции электроснабжения (линейный уровень).

5. Остаточный риск

Выстраиваемая в ОАО «РЖД» модель управления рисками позволяет как управлять общесистемными факторами, выявляемыми на центральном уровне управления (см. рис. 9а), так и адресно планировать мероприятия по снижению рисков на конкретных структурных подразделениях. Однако не обходится и без подводных камней. Проблемой современных технических систем является наличие большого числа составных элементов, связанных между собой, а также различие в свойствах надежности этих элементов. Это оказывает существенное влияние на доступные способы воздействия на риск. Например, при управлении пожарными рисками невозможно исправить (а зачастую и диагностировать) пожароопасное состояние турбокомпрессора на уровне эксплуатационного депо. Такая работа может быть выполнена только заводами-изготовителями.

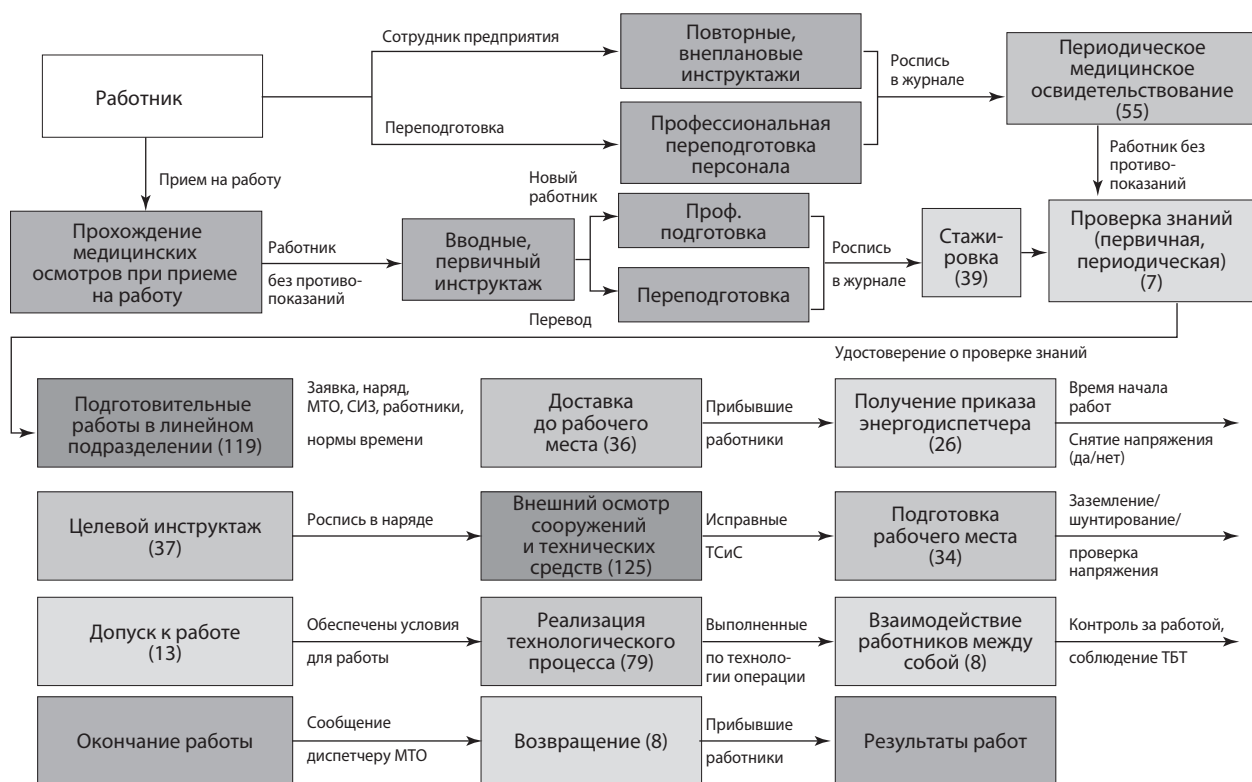
Сложность технических систем, являющихся источниками риска, а также систем, элементом которых является человек, приводит к необходимости формирования типовых перечней видов воздействия на риск, которые можно применять как по отдельности, так и совместно. В области управления профессиональным риском такими видами воздействия могут быть:

- воздействие на человеческий фактор;
- технические мероприятия: установка блокировок и т. п.;
- организационные мероприятия: контроль, режим труда и отдыха;
- техническое обслуживание и ремонт;
- капитальный ремонт.

Результатом воздействий на риск является модификация риска (исключение риска, устранение некоторых источников опасных факторов, изменение последствий).

В соответствии с приведенным выше примером не все виды воздействия могут быть реализованы владельцем риска. Для обозначения риска, характеризующего системы или объект после воздействия, существует стандартизированный термин: остаточный риск — риск, сохраняющийся после воздействия на риск. При этом остаточный риск может включать неидентифицируемый и «удержанный» риски [12].

а) оценка опасности процессов на центральном уровне управления



б) оценка опасности процессов на линейном уровне управления



Рис. 9. Процессы, при реализации которых выявлены признаки риска

Больше всего системы ОАО «РЖД» подвержены влиянию человеческого фактора, возникающему из-за деятельности как работников, так и руководителей.

Совокупное влияние таких факторов образует неидентифицируемый риск, так как их не представляется возможным идентифицировать в рамках существующей системы оценки риска. А значит, чрезвычайно затруднительно оказывать воздействие на такие факторы. Риск, образованный неидентифицируемыми факторами, будет являться остаточным после приведения объектов в состояния, соответствующие критериям аудита. Величина остаточного риска зависит от уровня знаний о системе. Чем меньше «белых пятен», тем меньше величина остаточного риска (рис. 10).

При построении системы управления рисками должен быть установлен перечень видов воздействий на риск, доступных для владельца риска и позволяющих привести систему в состояние приемлемого риска.

Существенное влияние на масштаб неидентифицируемого риска оказывает «техническое зрение», так как современные средства диагностики существенно превосходят возможности человека.

Для примера продемонстрируем распределение пожаров на тяговом подвижном составе из-за со-

стояния узлов локомотива (рис. 11). В соответствии с описанной выше системой анализ проведен в разрезе двух групп факторов. Идентифицируемые факторы — диагностируемые при проведении аудита пожарной безопасности пожароопасные состояния. Неидентифицируемые факторы — человеческий фактор и скрытые отказы.

Учет остаточного риска особенно важен при построении системы управления рисками критически важных систем. В соответствии с [13] одним из постулатов безопасности является тот факт, что остаточный риск всегда остается после принятия защитных мер. Так, по рис. 11 хорошо видно, что даже после устранения всех диагностируемых опасных состояний следует ожидать появления нежелательных событий из-за человеческого фактора и скрытых пожароопасных состояний.

Заключение

Представленный анализ методов оценки рисков в ОАО «РЖД» и результатов их применения позволяет сделать вывод о том, что развитие системы управления рисками в крупных компаниях должно быть итеративным, включать процедуры анализа и мониторинга остаточного риска. При этом к классическому циклу PDCA должен быть добавлен этап «стандартизация», в рамках которого должны быть

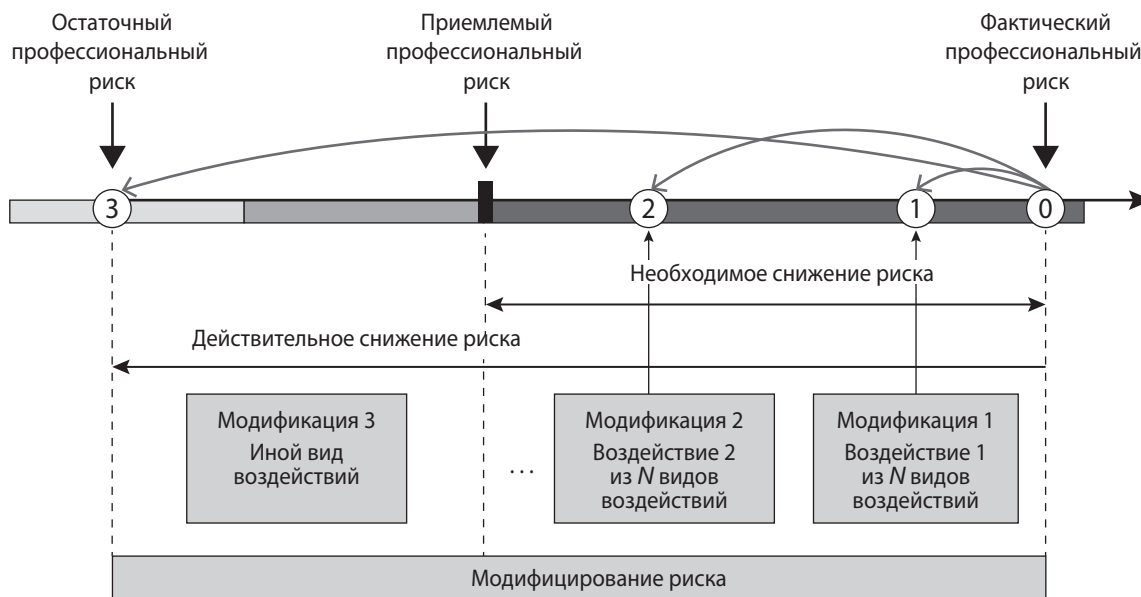


Рис. 10. Остаточный риск



Рис. 11. Анализ причин пожаров в разрезе контролируемых и не контролируемых при проведении аудита факторов

закреплены универсальные термины и наиболее успешные методы оценки рисков.

Особое внимание при построении системы управления рисками необходимо уделять установлению перечня допустимых владельцу риска видов воздействия и способов модификации факторов риска. Разница между возможностями владельцев риска и необходимыми модификациями определяет эффективность системы управления рисками.

Литература

1. Шакалиев А. А., Бурмистров В. А., Климов А. А. Риск-ориентированный подход при организации государственного контроля // Стандарты и качество. 2017, № 11. С. 78—82.
2. Имплементационный регламент (ЕС) № 402/2013 Европейской комиссии об общем методе безопасности для выявления и оценки рисков.
3. Гапанович В. А., Шубинский И. Б., Замышляев А. М. Методы оценки рисков системы из разнотипных элементов // Надежность. 2016. № 2. С. 49—53.
4. ГОСТ Р 51897-2011 Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения.
5. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании».
6. ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93). Вероятность и основы статистики.
7. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», статья 2, термин 11.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска.
9. ГОСТ Р ИСО 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.
10. ГОСТ Р ИСО 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
11. Гапанович В. А., Шубинский И. Б., Проневич О. Б., Швед В. Э. Система управления техногенными рисками в ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2017. № 12. С. 34—40.
12. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство.
13. Шубинский И. Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа. М.: Журнал Надежность, 2012. 296 с., ил.

Сведения об авторах

Гапанович Валентин Александрович: кандидат технических наук, старший советник, член правления ОАО «Российские железные дороги»

Количество публикаций: более 100, в том числе более 50 научных статей в изданиях Перечня ВАК

Область научных интересов: риски, безопасность, надежность, риск-менеджмент, математические методы оценки инновационной деятельности, оценка и анализ железнодорожного транспорта

Контактная информация:

Адрес: 129090, г. Москва, ул. Каланчевская, д. 35

Тел.: +7 (499) 262-16-43

E-mail: gapanovichva@center.rzd

Шубинский Игорь Борисович: доктор технических наук, профессор, член ряда общественных академий наук, эксперт научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»

Количество публикаций: более 350

Область научных интересов: риски, надежность, функциональная безопасность, информационная безопасность

Контактная информация:

Адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 48

Тел.: +7 (499) 137-70-42

E-mail: igor-shubinsky@yandex.ru

Проневич Ольга Борисовна: начальник отдела АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»

Количество публикаций: 8

Область научных интересов: риски, количественная оценка вероятности нежелательных событий, статистический анализ, анализ нечисловых данных, человеческий фактор

Контактная информация:

Адрес: 107078, г. Москва, Орликов пер., д. 5, стр. 1

Тел.: +7 (499) 262-88-83 *13516

E-mail: L-oiseau@yandex.ru

Швед Виктория Эдуардовна: главный специалист АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»

Количество публикаций: 3

Область научных интересов: риски, статистические методы исследования, риск-менеджмент, надежность технических систем

Контактная информация:

Адрес: 107078, г. Москва, Орликов пер., д. 5, стр. 1

Тел.: +7 (499) 262-88-83 *13516

E-mail: v.shved@vniias.ru

УДК 004.005.584.1:502/504

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Информационное обеспечение мониторинга и рисков развития социально-природно-техногенных систем

В. В. Москвичёв,Институт вычислительных технологий СО РАН,
Красноярский филиал,
г. Красноярск**В. В. Ничепорчук,**Институт вычислительного моделирования СО РАН,
г. Красноярск**В. П. Потапов,**Институт вычислительных технологий СО РАН,
Кемеровский филиал,
г. Кемерово**О. В. Тасейко,**Институт вычислительных технологий СО РАН,
Красноярский филиал,
Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева,
г. Красноярск**М. И. Фалеев,**Центр стратегических исследований МЧС России,
г. Москва

Аннотация

Рассмотрена методология и технологии формирования информационных ресурсов для информационно-аналитических систем территориального управления рисками развития и безопасностью социально-природно-техногенных систем. Предложена структура информационных потоков пространственных данных мониторинга, положенная в основу формирования централизованного хранилища данных и методов информационного обмена. Сформулированы требования к информационным ресурсам для оценки рисков.

Ключевые слова: С-П-Т система, информационный обмен, технологии анализа данных.

Содержание

Введение

1. Проблемность задач информационного обеспечения ИСТУ РБ
2. Общее описание информационной системы территориального управления рисками и безопасностью
3. Структура и описание информационных ресурсов
4. Процессы актуализации данных в хранилище

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время в России и в мире проявляются тенденции роста числа опасностей и угроз природного и техногенного характера и связанных с ними рисков для населения и территорий [1—4]. В этих условиях базовой стратегической целью развития страны и регионов является сохранение народонаселения, повышение его жизненного уровня и обеспечение безопасности жизнедеятельности. Достижение этой цели предусматривает принятие научно обоснованных решений на всех уровнях управления территориальными образованиями, инфраструктурой жизнеобеспечения, объектами техносферы, природопользованием в рамках единой социально-природно-техногенной системы (С-П-Т система). В качестве С-П-Т системы может рассматриваться определенная территория, например, субъект РФ, муниципальное образование, промышленная агломерация и др. Необходимость анализа уровня безопасности и перспектив развития С-П-Т системы требует проведения фундаментальных междисциплинарных исследований текущего состояния, процессов развития и взаимовлияния общества, техносферы и природной среды [5].

В работе представлен анализ проблем информационного обеспечения при создании автоматизированной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) [5], включая комплексный мониторинг пространственных данных, процессы и технологии функционирования подсистем, структуру информационных ресурсов и алгоритмы их актуализации для оценки и управления рисками.

1. Проблемность задач информационного обеспечения ИСТУ РБ

Оценка рисков и безопасности территорий, определение приоритетов управления рисками предполагает формирование гетерогенных информационных ресурсов (ИР) с использованием различных технологий и данных различных информационных систем [6]. Решение проблемы создания информационного обеспечения управления безопасностью территорий требует использования больших массивов данных в следующих направлениях:

- мониторинг объектов техносферы, включая характеристики стратегически и критически важных объектов техносферы, инфраструктуры жизнеобеспечения населения и динамику их функционирования;
- мониторинг природных опасностей и состояния окружающей среды, включая архивные данные и результаты оперативного контроля атмосферы, гидросферы, биосферы и геосферы;
- мониторинг социальной сферы — медико-биологические, демографические, экономические характеристики территорий, различные сценарии социально-экономического развития территорий.

Значительное число параметров, характеризующих состояние С-П-Т систем, их зависимость от многочисленных факторов, сложность комплексного анализа параметров предопределяют необходимость разработки системы, ориентированной на информационную поддержку управления рисками и безопасностью промышленных агломераций, регионов, муниципальных образований. Преимущества информационной поддержки территориального управления с использованием ИСТУ РБ показаны в таблице.

Преимущества 3-го уровня заключаются в повышении достоверности и оперативности информации, используемой в процессах управления, сни-

жении затрат на обработку данных, учет интересов всех организаций, проводящих мониторинг С-П-Т систем [7, 8].

Построение моделей функционирования сложной С-П-Т системы в рамках ИСТУ РБ предполагает использование технологий data science при определении расчетных зависимостей для описания ее стохастической динамики во времени с целью обоснования основных критериев и показателей развития региона под действием внешних и внутренних неблагоприятных факторов с учетом характеристик эффективности и стратегических рисков развития [4, 9].

Решение задач информационного обеспечения процессов мониторинга и рисков развития С-П-Т систем сопряжено с рядом проблем:

- с доступностью информации, необходимой для принятия решений по управлению территориальной безопасностью;
- с многообразием методов оценки рисков, применяемых в различных сферах деятельности, и, как следствие, использованием большого количества разнообразных исходных данных;
- с необходимостью интегральной оценки социальных, природных и технических компонент системы (территории), с учетом синергетических эффектов взаимодействия;
- с недостаточной проработанностью методов информационной поддержки управления безопасностью территорий, в том числе на основе межведомственного взаимодействия.

Для статистически достоверной аналитической оценки долгосрочных перспектив развития территории, расчетов вероятности и масштабов чрезвычайных ситуаций (ЧС) требуются базы данных временных рядов с длительными наблюдениями. Многообразие факторов, которые необходимо учитывать при решении этих задач, требует привлечения большого количества данных, аккумулируемых в настоящее время в системах мониторинга различных ведомств. Интеграция информационных ресурсов в ИСТУ РБ требует решения организационных и технических проблем. Необходима разработка нормативных документов и технических стандартов межведомственного информационного обмена, включающих требования по защите информации, стандартам и регламентам обмена.

Уровни информационной поддержки управления рисками и безопасностью С-П-Т систем

Таблица

Задача	Характеристика информационных ресурсов	Реализация управления
Уровень 1. Современное состояние информационной поддержки управления		
Внутриведомственная оценка и управление безопасностью	<i>Закрытая часть:</i> корпоративная информационная система, детализированные данные мониторинга <i>Открытая часть:</i> государственный доклад, агрегированные данные, простая статистическая обработка <i>Организация ИР:</i> локальные базы данных, вертикаль органов управления	Планирование мероприятий по снижению рисков на основе внутреннего финансирования. Формулировка предложений территориальным органам управления
Уровень 2. Единичные примеры межведомственной интеграции		
Межведомственная оценка и управление безопасностью	<i>Закрытая часть:</i> слабоструктурированные данные межведомственного информационного обмена <i>Открытая часть:</i> протоколы заседаний с анализом ситуации <i>Организация ИР:</i> дублирование информации локальными базами данных, горизонтальное взаимодействие органов управления	Планирование комплексных мероприятий, финансирующихся из бюджета территорий
Уровень 3. Предлагаемый подход		
Комплексная оценка и управление безопасностью	<i>Закрытая часть:</i> нет. Регламентированный доступ для всех участников процесса управления С-П-Т системами <i>Открытая часть:</i> комплексные распределенные информационные ресурсы; микросервисные методики обработки данных, технологии интеллектуального и визуального анализа информации. Автоматизированные процессы актуализации данных. <i>Организация ИР:</i> распределенные базы данных, единая информационная модель описания и процессов их обработки, сетевые технологии, мини-кластеры для обработки больших данных и гетерогенных потоков	Планирование, обоснование и контроль проведения превентивных мероприятий стратегического и оперативного характера, логически увязанных по вертикали муниципальное образование — субъект — РФ в целом. Научно обоснованное принятие управленческих решений

Наряду с единой системой справочников и классификаторов целесообразно использование распределенного хранения информационных ресурсов на основе облачных технологий с организацией необходимых видов сервиса.

В настоящее время разработаны и практически применяются ряд методов оценки и технологий управления рисками. Большое количество нормативных и методических документов разработано в области оценки техногенных рисков потенциально опасных объектов [10—11]. Внедрен стандарт оценки пожарных рисков мест массового пребывания людей [12, 13]. Рекомендации по учету ДТП и повышению безопасности автотранспорта утверждены постановлением Правительства РФ [14]. Широко применяются методы оценки рисков в страховой деятельности [15].

Развитие методов оценки объектовых и территориальных рисков позволило обеспечить создание атласов природных и техногенных опасностей и рисков [16, 17]. При этом важное значение приобретают по-

нятия «коллективный риск», «социальный риск», используемые при разработке деклараций безопасности промышленных объектов и при ранжировании территорий по степени риска [18]. Однако существующее многообразие научных концепций риска затрудняет однозначное определение территориальных рисков, систематизацию методов количественной оценки рисков, требований к структуре и объему используемых информационных ресурсов [19]. Необходимо обоснование количественных значений приемлемых рисков территорий, определение приоритетных направлений снижения рисков с учетом межведомственного взаимодействия.

Информационное обеспечение ИСТУ РБ реализуется с использованием методов системного анализа, технологий больших данных, науки о данных и проектирования. Для оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем предусматривается использование аналитических, имитационных и сложных нелинейных моделей обработки регулярно обновляемых данных комплексного мониторинга.

2. Общее описание информационной системы территориального управления рисками и безопасностью

Поскольку оценка территориальных рисков предполагает сбор и обработку больших объемов данных, целесообразно поэтапное формирование информационных ресурсов. Используемые технологии сбора и консолидации данных должны позволять оперативно подключать новые источники данных: базы данных корпоративных систем мониторинга, контроля состояния потенциально опасных объектов, формализованные отчеты о мероприятиях по управлению рисками. Формируемые распределенные хранилища данных, обеспечивающие широкий доступ ведомств к информации комплексного мониторинга, позволят избежать дублирования и противоречий в регистрации опасных событий, наблюдаемых в настоящее время.

ИСТУ РБ создается для информационного обеспечения принятия решений территориального управления на основе данных мониторинга, модельных и прогнозных оценок рисков. Количественная оценка рисков развития С-П-Т систем требует сбора, обработки и анализа больших массивов данных. Значительное число параметров, характеризующих состояние таких систем, их зависимость от многочисленных факторов, сложность комплексного анализа параметров предопределяют необходимость использования современных технологий сбора, обработки, анализа и представления данных. Система должна основываться на технологиях нового поколения, учитывающих распределенность и объемы информационных потоков.

Информационная система направлена на решение следующих основных задач:

- 1) оценивание различных видов рисков, в том числе технологических, индивидуальных, социальных, экологических и других;
- 2) получение комплексных характеристик состояния социально-природно-техногенных систем различного масштаба;
- 3) ранжирование территорий по уровням рисков с использованием технологий интеллектуальной обработки пространственных данных на основе геопорталов;
- 4) информационная поддержка формирования программ и мероприятий, нацеленных на снижение уровня риска, с разработкой рекомендаций по по-

вышению эффективности управления территориальными образованиями.

ИСТУ РБ промышленного региона должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) универсальность структуры информационных ресурсов, позволяющая интегрировать новые источники данных с использованием общей системы справочников и классификаторов;
- 2) использование унифицированных алгоритмов обработки данных, реализующих как стандартные методики оценивания рисков и расчета ущербов, так и гибкие аналитические модели, позволяющие представить результаты обработки в виде, максимально удобном для принятия управленческих решений;
- 3) обеспечение автоматической актуализации данных мониторинга и динамического отображения результатов анализа, формирование рекомендаций по управлению рисками;
- 4) возможность встраивания новых элементов, технологических решений, вычислительных алгоритмов и процедур;
- 5) открытость и доступность информационных ресурсов и вычислительных процедур для потенциальных потребителей.

Общая схема функционирования ИСТУ РБ представлена на рис. 1. Система должна интегрировать большое количество информационных ресурсов ведомственных и объектовых систем мониторинга техногенной, природной и социальной сферы. Преимуществом системы является использование современных технологий интеллектуального анализа данных, включая BIG DATA, позволяющих формировать управленческие решения на основе выявленных синергетических закономерностей. Проведение оценок рисков с использованием таких закономерностей позволит обосновать превентивные мероприятия по снижению рисков С-П-Т систем, удовлетворяющие требованиям максимальной эффективности и малой ресурсоемкости.

Оценивание рисков и состояния безопасности территории основывается на использовании многофакторных моделей [3, 19]. Одним из методов, используемых для получения интегральных характеристик сложных систем, является использование наборов индексов, показателей и индикаторов. Подобная методология, основанная на системном анализе характеристик территорий, разработана для

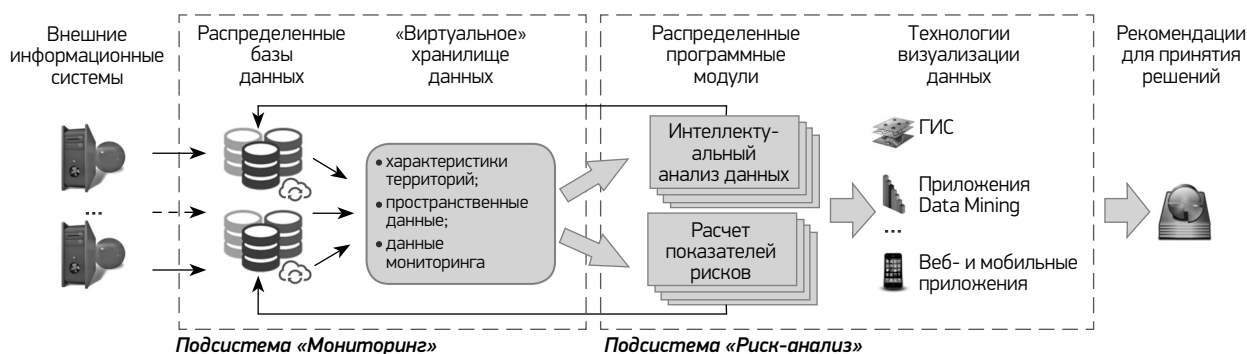


Рис. 1. Схема функционирования информационной системы

оценки устойчивого развития территорий [21, 22], социального благополучия [23].

Структурная модель хранилищ исходных данных проектируется с учетом расширения перечня источников данных, добавления аналитических показателей, что должно привести к большей обоснованности формируемых управленческих решений. Состав информационных ресурсов определяется тремя факторами:

- содержанием данных корпоративных систем;
- требованиями методик оценки рисков;
- содержанием рекомендаций по управлению рисками территорий.

Процессы функционирования ИСТУ РБ и составляющих подсистем «Мониторинг» и «Риск-

анализ» показаны на рис. 2—4. Верхний уровень функционирования системы (рис. 2) показывает входные и выходные данные, используемые ресурсы и правила работы.

Функциональная модель системы должна предусматривать подключение новых модулей, реализующих задачи подсистем. В качестве формы представления результатов должны использоваться как офисные документы, так и динамически изменяемые веб-страницы. Основным элементом отчетных форм помимо таблиц и диаграмм являются карты. С использованием ГИС-технологий строятся картограммы распределения рисков по территории, отображаются зоны концентрации опасных событий,

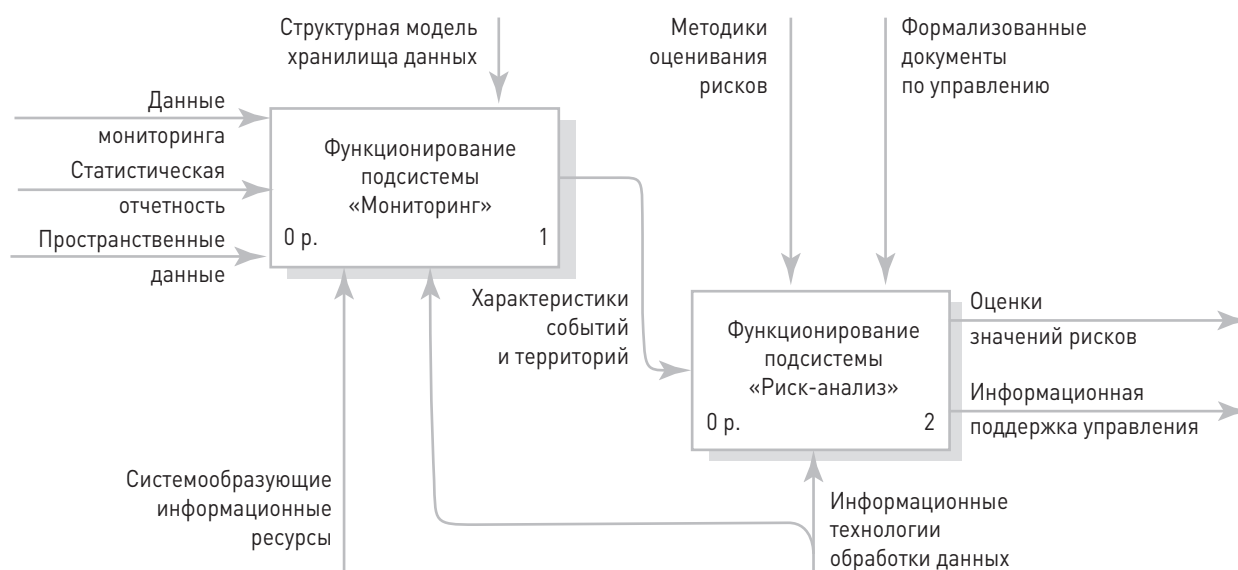


Рис. 2. Направленность информационных ресурсов при функционировании подсистем ИСТУ РБ

результаты моделирования ЧС, данные тематического дистанционного зондирования и др.

Подсистема «Мониторинг» предназначена для формирования информационной базы, обеспечивающей принятие решений о проведении превентивных и оперативных мероприятий по снижению воздействия антропогенных факторов на окружающую среду, прогнозированию ЧС, обоснованию управленческих решений, касающихся развития территорий.

Перечень показателей, используемых для оценки территориальных рисков, включает сведения о событиях, повлекших за собой гибель или травмирование людей, материальный ущерб, нарушение жизнедеятельности населения, угрозу повреждения объектов техносферы. Помимо чрезвычайных ситуаций и происшествий к таким событиям относятся техногенные, бытовые и природные пожары, аварии систем ЖКХ, дорожно-транспортные происшествия, опасные метеорологические явления и другие события или их угрозы. Для формирования надведомственного информационного пространства подсистема «Мониторинг» консолидирует данные эксплуатирующихся информационных систем, принадлежащих различным ведомствам. Перечислим некоторые из них:

- чрезвычайные ситуации и происшествия — МЧС России;
- техногенные и бытовые пожары — МЧС России;
- дорожно-транспортные происшествия — ГИБДД МВД России и дорожные управления Министерства транспорта;
- аварии жилищно-коммунального хозяйства — региональные органы управления Министерства строительства и ЖКХ;
- аварии на системах электроснабжения — региональные сетевые операторы ПАО «Россети»;
- метеорологические, гидрологические наблюдения, радиационный, сейсмический и экологический мониторинг — организации Министерства природных ресурсов РФ, Росгидромет, Росатом;
- природные пожары — территориальные органы Рослесхоза РФ, МЧС России.

Для оценивания группы социальных рисков С-П-Т систем, таких как потенциальные риски (канцерогенные и неканцерогенные риски от загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды), реализованные риски (профзаболеваний и др.), планируется использовать информационные ресурсы Министерства

природных ресурсов, Министерства здравоохранения, Ростехнадзора РФ, верифицированные данные экологического мониторинга из социальных сетей.

Проблема консолидации данных объектовых систем контроля производственных процессов и технического состояния объектов техносферы в ИСТУ РБ требует дополнительных исследований. Такие данные обладают особыми характеристиками: большим объемом, необходимостью онлайн-обработки для выявления отклонений, сложностью интерпретации при оценке территориальных рисков, повышенными требованиями к обеспечению безопасности информации.

Подсистема «Риск-анализ» включает расчетные модели анализа и расчета рисков с визуализацией результатов. Методическая основа анализа территориального риска должна базироваться на соответствующих научных и информационных ресурсах, нормированных расчетных моделях и предполагать возможность построения атласов рисков, сопровождаемых необходимыми рекомендациями. В подсистеме планируется реализация методов интеллектуального анализа слабо структурированной информации.

Аналитические модели ориентированы на оценивание факторов риска, влияющих на здоровье и благополучие населения, а также уровень индивидуальных, социальных, коллективных и экономических рисков. Технология OLAP позволяет визуализировать данные в виде динамических кросс-таблиц и картограмм, использующихся для уточнения вклада каждого показателя мониторинга в значение рисков [24].

В качестве базовых элементов для отображения результатов хранения и аналитической обработки данных в подсистеме «Риск-анализ» будут использованы технологии геопорталов и инфографики с микросервисными сервисами запуска расчетных моделей, управления динамическими картами, кросс-таблицами, диаграммами.

3. Структура и описание информационных ресурсов

Обширность задач оценки и управления рисками и безопасностью территорий требует использования большого числа различных информационных ресурсов: данных мониторинга опасных событий, пространственных данных, формализованных по-

казателей статистической отчетности. Неопределенность конечного перечня источников данных приводит к необходимости построения динамической структуры информационных ресурсов. При этом добавление нового источника данных должно быть реализовано без существенного изменения модулей консолидации, хранения и анализа данных, а результаты совместной обработки информации должны уточнять конечные оценки рисков С-П-Т систем.

ИСТУ РБ использует два типа доступа к информационным ресурсам: пополняемое централизованное хранилище данных (ХД) с банком пространственных данных и распределенные узлы (шлюзы ведомственных информационных систем), доступ к которым осуществляется через метаданные [7]. Обмен и доступ к данным мониторинга, пространственным данным и метаданным предоставляется различным организациям через сервисы по спецификациям открытого пространственного консорциума OGC (WMS, WCS, WFS, CSW) [25, 26].

Преимущество централизованного хранилища данных состоит в нереляционной организации данных, реализующей многомерную модель данных. Это позволяет организовать оперативную обработку больших объемов информации различными методами интеллектуального анализа данных. В зависимости от конкретных задач информационной поддержки управления это могут быть прогностические методы, такие как классификация, анализ временных рядов, регрессия, деревья решений, метод опорных векторов, а также описательные методы: кластеризация, кросс-таблицы, самоорганизующиеся карты и другие. Информация в ХД должна использоваться при оценке базовых рисков и в случаях, когда необходимо оперативно получить фоновые оценки состояния безопасности территорий.

Облачные технологии должны использоваться при более детальных оценках с применением сложных расчетных моделей. Кроме того, распределенный способ хранения данных гарантирует своевременную актуализацию информационных ресурсов, включая пространственные данные больших объемов. Сервисы обмена данными, например, SAAS, DAAS, IAS и другие, а также принципы организации пространственных данных и метаданных описаны в [27]. Реализация принципов обработки данных без создания копий в централизованном ХД может решить проблемы правообладания и защиты данных.

Одним из ключевых этапов проектирования автоматизированных систем является описание информационного обеспечения, каталога базы данных, системы классификации и кодирования. Как правило, «статическую» структуру системы описывают в нотации ErWin. Отдельные представления в виде метаданных удобно представлять в виде объектных диаграмм UML. При этом аналитические системы мониторинга, рассчитанные на продолжительный жизненный цикл, должны позволять модернизировать структуру данных и модули их обработки с учетом появления новых источников информации и расширения функциональных задач поддержки управления.

Проблему неопределенности содержательной структуры данных предлагается решить путем описания основных требований к информационным ресурсам, подлежащим консолидации и обработке для решения задач территориального управления рисками и безопасностью. Описание «ядра» информационных ресурсов можно представить в виде нескольких типов.

1. Данные мониторинга состояния окружающей среды и контроля объектов техносферы, опасностей и угроз целесообразно привести к виду (t, p, s, d) , где элементы каждого кортежа t — характеристика времени, p — пространственная характеристика, s — наименование показателя (элемент соответствующего справочника), d — значение показателя (число, элемент из справочника и др.). Например, запись данных о метеорологической обстановке содержит поля «дата/время», «пункт измерения», «погодное явление», «количественное значение». Параметров s и d в полях записи может быть несколько.

2. Характеристики событий целесообразно фиксировать в виде нескольких логически связанных таблиц (рис. 3). Это позволяет выполнять многокритериальную обработку прецедентов, дает возможность автоматически формировать различные отчеты и аналитические обзоры, а также проектировать возможные сценарии действий с учетом реально произошедших событий. Несмотря на большое разнообразие видов опасных ситуаций, характерных для Сибирского региона и России в целом [28], предлагаемая структура записи события имеет универсальный характер.

Информация о месте события может быть изначально представлена в нескольких видах — географические или условные координаты, расстояние по ли-

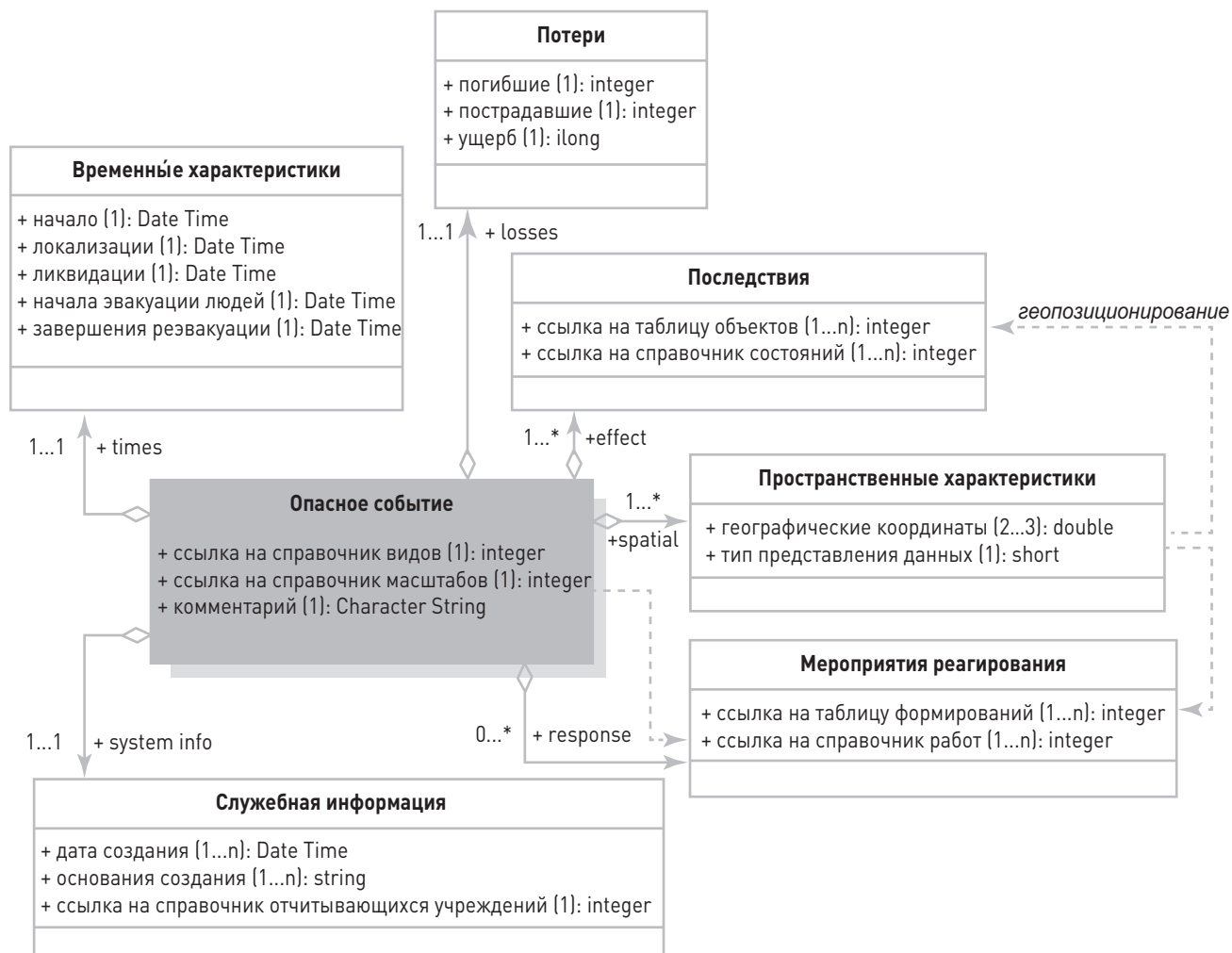


Рис. 3. Описание структуры данных с характеристиками опасного события

нейному объекту, почтовый адрес, ссылки на территориальный классификатор и др. [25]. Однако наиболее удобным для хранения и отображения в ГИС является запись в виде географических координат с указанием исходного типа представления данных. Это позволяет использовать сервисы конвертации местоположения объекта и события в наиболее приемлемую форму в зависимости от конкретной задачи.

3. Важной составляющей интеллектуальной обработки данных мониторинга является процесс визуализации результатов расчетов и аналитической обработки. Наиболее удобным способом представления информации для лиц, принимающих решения, является картографическое отображение. Технология геопортала, включенная в ИСТУ РБ, позволит представить выходные данные в виде интерактивных карт,

содержащих динамические ссылки на кросс-таблицы, графическую аналитику, метамодели и онтологии.

Пространственные данные, используемые в системе, могут быть представлены в виде кортежа элементов B , DEM , ThL , LS , где B — топографическая основа; DEM — цифровые модели рельефа (необязательный элемент); ThL — тематические слои; LS — легенда или картографические представления пространственных объектов. Векторные данные B и ThL состоят из графических элементов и табличной информации. В большинстве задач оценки и управления рисками для отображения результатов аналитической обработки в качестве B допускается использование внешних ресурсов (YandexMap, Google, OSM и др.), состоящих из файловых слоев для отображения различных масштабов. В состав банка пространственных данных

должна входить мультимасштабная цифровая топооснова, необходимая для моделирования опасных процессов и проведения операций пространственного анализа. Тематические слои линейного и площадного типа удобнее хранить в открытых форматах (shp, kml, geojson), а цифровые модели рельефа — в виде текстовых файлов (регулярная сетка высот).

Кроме перечисленных типов информационных ресурсов централизованное хранилище данных может содержать данные, структурированные по иным правилам. Они будут определены после детального анализа источников данных мониторинга, включая ведомственные информационные системы, новые веб-ресурсы и т. п.

4. Процессы актуализации данных в хранилище

Информация о внешней среде, загружаемая в ХД, для удобства разделена на несколько видов по различиям в регламенте обновления, объемах и порядке использования (рис. 4). Данные мониторинга, включающие фиксацию опасных событий, аварийных ситуаций, неблагоприятных природных явлений (кризисные базы данных [6]), составляют основной объем хранилищ данных. Применительно к данным, поступающим онлайн после непосредственного измерения или импортируемым из открытых веб-ресурсов, требуются процедуры очистки и контроля. Статистическая отчетность, содержащая общую информацию

о территории, актуализируется один раз в год. Загрузку одновременно большого массива данных целесообразно проводить с использованием процедур контроля качества и ошибок, поскольку структура исходных данных периодически изменяется.

Использование средств инструментального контроля объектов техносферы и состояния окружающей среды позволяет минимизировать интервалы обновления данных. Процедуры фильтрации для выявления предельных состояний позволяют избежать лавинообразного роста информации [24]. Получаемые выборки мониторинговых данных достаточны не только для выполнения стратегических оценок рисков, но и для решения других задач, например, раннее предупреждение об опасностях и угрозах, оперативное реагирование, краткосрочное прогнозирование.

Технология консолидации предназначена для получения и первичной обработки разнородных данных из разных источников. Мониторинговые данные консолидируются в хранилище путем загрузки информационных ресурсов внешней среды в автоматическом режиме (по расписанию). Процесс консолидации представляет собой объединение исходных данных из различных источников, выполнение стандартизированной проверки и приведение к единому виду. Это реализовано с помощью специальных процедур загрузки ETL (extraction, transformation, loading). Процесс ETL решает задачи извлечения данных из разнотипных источ-

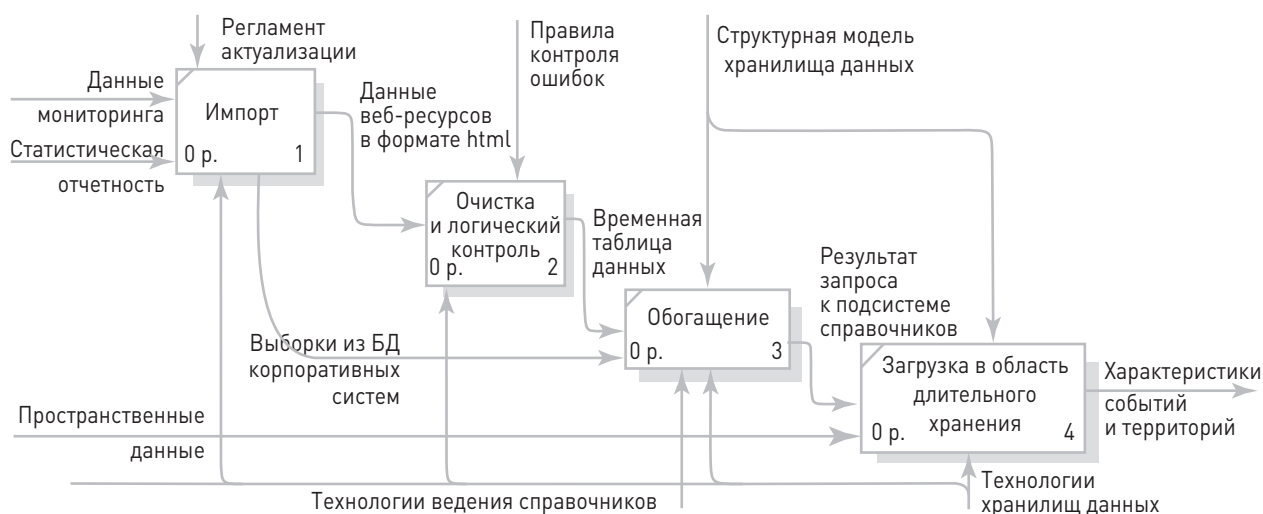


Рис. 4. Процесс актуализации и консолидации информационных ресурсов в централизованном хранилище данных

ников, преобразования их к виду, пригодному для хранения в определенной структуре, а также загрузки в хранилище данных. Сопутствующими задачами консолидации являются оценка качества данных и их обогащение. ETL реализует принцип распределенных систем, когда при формировании ХД опрашивается каждый узел распределенной системы. При возникновении сомнений в качестве и информативности исходных данных задействуются процедуры оценки их качества, очистки или обогащения. Консолидация данных является сложной многоступенчатой процедурой и важнейшей составляющей аналитического процесса, обеспечивающей высокий уровень аналитических решений.

Альтернативный способ хранения данных с использованием облачных технологий в ИСТУ РБ актуален не только по причине больших объемов данных, но и в силу множества и разнообразия источников информации, имеющих различный правовой статус. Например, пространственные данные о характеристиках строений, земельных участков для больших регионов целесообразно использовать в задачах оценивания рисков и безопасности, обращаясь к ресурсам Росреестра непосредственно в момент проведения расчетов и аналитических операций. Аналогичные решения могут использоваться при оценке состояния лесных ресурсов (данные лесоустроительных работ), мониторинга социальной сферы (распределение населения в мегаполисах) и ряде других задач.

Заключение

На основании анализа существующих подходов к оцениванию и управлению территориальными рисками можно сделать вывод, что ощутимый прогресс в поиске путей достижения приемлемых значений рисков может быть достигнут при комплексном системном подходе к многофункциональному мониторингу территорий. Перечень показателей, используемых для оценки состояния социально-природно-техногенных систем, должен формироваться не только на основе анализа предметной области, но и с учетом доступности актуализируемых данных мониторинга территорий, объемов и качества архивов наблюдений. Проектирование информационной системы территориального управления рисками и безопасности реализуется с учетом неопределенности конечного перечня источ-

ников информации, нескольких способов хранения информационных ресурсов.

Использование современных технологий обработки данных, таких как OLAP, Data Mining, ГИС, Веб, других методов интеллектуального анализа данных будет способствовать «прозрачности» информации о состоянии безопасности территорий в течение длительного периода наблюдений, решению задач поиска скрытых зависимостей, долгосрочных трендов, периодичности появления опасностей и др. Разнообразие способов визуализации результатов расчетов и аналитического оценивания данных мониторинга на геопортале должно способствовать более полному «осознанию» информации о состоянии безопасности на отдельных территориях и в регионе в целом.

Реализация информационной системы оценивания территориальных рисков в контексте социально-природно-техногенных систем позволит решить ряд прикладных и научных задач, в том числе:

- объединение информационных ресурсов систем мониторинга различных ведомств и регионов Сибири;
- обеспечение прозрачности и доступности данных в сфере природно-техногенной безопасности и благополучия населения, используемых как для принятия управленческих решений, так и для информирования общественности;
- отработка новых методов сбора, обработки и представления данных комплексного оперативного мониторинга опасностей и статистической отчетности;
- апробация современных технологий анализа данных и методов оценивания состояния территориальной безопасности на основе комплексных и детализированных показателей.

Таким образом, информационное обеспечение системы территориального управления впервые предлагается реализовать по взаимосвязанной схеме «территориальное образование — объект — комплексный мониторинг — анализ риска — оценка безопасности — принятие управленческих решений». Принципиальное отличие от существующих подходов в этой области заключается в создании единого информационного пространства анализа рисков на базе данных мониторинга и формулировке наиболее эффективных мероприятий по защищенности населения, природной среды, объектов техносферы с минимизацией рисков территориального развития.

Литература

1. Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
2. Osipov V.I., Larionov V.I., Burova V.N., Frolova N.I., Sushchev S.P. Methodology of natural risk assessment in Russia. *Natural hazards*. № 8, 2017. Vol. 88. P. 17—41. DOI: 10.1007/s11069-017-2780-z.
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Многотомное издание. М.: МГФ «Знание», 1999—2017.
4. Левкевич В.Е., Лепихин А.М., Москвичёв В.В., Никитенко В.Г., Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я., Шокин Ю.И. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 224 с.
5. Москвичёв В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И. Информационная система территориального управления рисками развития и безопасностью // Вестник РАН, 2017. Т. 87. № 8. С. 696—705.
6. Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Кризисные базы данных для управления безопасностью территорий // Вычислительные технологии. 2011. Т. 16. № 6. С. 115—126.
7. Полотнюк И.С. Межведомственная интеграция: пути оптимизации // Информационные ресурсы России. 2006. № 5. С. 10—12.
8. Жирков П.А., Иванов А.В., Раевская М.Г. О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2017. № 6. С. 14—25.
9. Moskvichev V.V., Shokin Yu.I. Anthropogenic and Natural Risks on the Territory of Siberia // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2012. V. 82. № 1. P. 69; Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Антропогенные и природные риски на территории Сибири // Вестник РАН. 2012. № 2. С. 131—140.
10. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 мая 2015 г. № 188 «Об утверждении руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах"».
11. Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. Ч. 1. М.: Типография Полимаг, 2008. 704 с.
12. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
13. Методология проведения статистического анализа обстановки с пожарами в Российской Федерации. М.: ВНИИ ПО, 2014. 20 с.
14. Постановление Правительства РФ от 29.06.1995 № 647 (ред. от 04.09.2012) «Об утверждении Правил учета дорожно-транспортных происшествий».
15. Страхование от чрезвычайных ситуаций: Монография / Под общ. ред. С.И. Воронова / МЧС России.
16. Анисимова Т.Б., Плотникова Т.В. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под ред. С.К. Шойгу). М., 2004. 272 с.
17. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2006.
18. ГОСТ Р 55059-2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения.
19. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
20. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. МЧС России. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
21. Шапарев Н.Я. Введение в проблемы устойчивого развития. Красноярск: Изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева. 2010. 368 с.
22. Пенькова Т.Г. Методика комплексной поддержки процессов подготовки, формирования и реализации решений в территориальном управлении // Дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2009. 144 с.
23. OpenGIS Web Processing Service (WPS). Implementation Specification, v 1.0.0. Release date: June 08, 2007. <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>
24. Tatiana Penkova, Valeriy Nicheporchuk, and Anna Metus. Comprehensive Operational Control of the Natural and Anthropogenic Territory Safety Based on Analytical

- Indicators //International Joint Conference, IJCRS 2017. Olsztyn, Poland, July 3—7, 2017. Proceedings, Part I. P. 263—270, DOI 10.1007/978-3-319-60837-2.
25. Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. и др. Инфраструктура информационных ресурсов и технологии создания информационно-аналитических систем территориального управления. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 242 с.
26. OpenGIS Web Processing Service (WPS). Implementation Specification, v 1.0.0. Release date: Feb 04, 2018. <http://www.opengeospatial.org/standards/wps/>.
27. Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием / Под ред. И.В. Бычкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 369 с.
28. Приказ МЧС России № 329 от 08.07.2004 «О критериях информации о чрезвычайных ситуациях».
29. Ничепорчук В.В. Формирование базы показателей природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. № 4. С. 226—234.
30. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития / Под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. М., Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 738 с.

Сведения об авторах

Москвичёв Владимир Викторович: доктор технических наук, профессор, директор Красноярского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук (СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН)

Количество публикаций: 457

Область научных интересов: природно-техногенная безопасность населения и объектов экономики

Контактная информация:

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 53

Тел. +7 (391) 227-29-12

E-mail: krasn@ict.nsc.ru

Ничепорчук Валерий Васильевич: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН)

Количество публикаций: 140

Область научных интересов: геоинформационные системы, комплексный мониторинг чрезвычайных ситуаций, интеллектуальный анализ данных, системы поддержки принятия решения

Контактная информация:

Адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44

Тел. +7 (391) 290-74-53

E-mail: valera@icm.krasn.ru

Потапов Вадим Петрович: доктор технических наук, профессор, директор Кемеровского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИВТ СО РАН)

Количество публикаций: 212

Область научных интересов: анализ данных дистанционного зондирования земли, DataScience, микросервисные системы, ГИС, BigData

Контактная информация:

Адрес: 650025, г. Кемерово, ул. Рукавишников, д. 21

Тел. +7 (3842) 21-14-00

E-mail: vadimptpv@gmail.com

Тасейко Ольга Викторовна: кандидат физико-математических наук, доцент, научный сотрудник Красноярского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук (СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН)

Количество публикаций: 76

Область научных интересов: математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды

Контактная информация:

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 53

Тел. +7 (391) 227-49-86

E-mail: taseiko@gmail.com

Фалеев Михаил Иванович: кандидат политических наук, руководитель Центра стратегических исследований МЧС России (ЦСИ МЧС РФ)

Количество публикаций: более 200

Область научных интересов: управление рисками, защита населения, риски чрезвычайных ситуаций

Контактная информация:

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

Тел.: +7 (495) 400-90-65

E-mail: csi430@mail.ru

УДК 351.861

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Внедрение вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в практику планирования гражданской обороны

А. В. Шевченко,

ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ»,
пос. Развилка,
Московская область

Аннотация

На основе вероятностно-статистического метода рассмотрены методические аспекты формирования системы исходных данных по оценке возможной обстановки, которая может сложиться в результате воздействия противника на территории Российской Федерации в условиях современного военного конфликта. На примере «быстрого глобального удара» показаны преимущества вероятностно-статистического метода перед традиционным детерминированным методом. Показано, что риск-ориентированный подход может быть с успехом применен и в деятельности по планированию гражданской обороны в увязке с государственным надзором в области гражданской обороны. Внедрение риск-ориентированного подхода позволит определять риски возможных военных конфликтов против России, выявлять приоритетные сценарии военных конфликтов для планирования гражданской обороны, оценивать результативность планирования, своевременно вносить корректировки по результатам мониторинга потенциальных угроз и состояния гражданской обороны.

Ключевые слова: «быстрый глобальный удар», вероятностно-статистический метод, возможная обстановка, гражданская оборона, планирование, риск-ориентированный подход, система исходных данных, современный военный конфликт, функция распределения.

Содержание

Введение

1. Применение вероятностно-статистического метода при планировании гражданской обороны
2. Использование риск-ориентированного подхода для выявления приоритетных сценариев военных конфликтов при планировании гражданской обороны

Заключение

Литература

Введение

Планы гражданской обороны и защиты населения (планы гражданской обороны) определяют объем, организацию, порядок обеспечения, способы и сроки выполнения мероприятий по ведению гражданской обороны и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации (далее — План ГО) в соответствии с Положением о МЧС России, утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868, разрабатывается МЧС России.

Разработка Плана ГО выполняется в два этапа и включает в себя:

- *на первом этапе:* первая стадия — подготовка и направление МЧС России в Минобороны России запроса аналитических материалов о возможных угрозах и согласование с Минобороны России возможного распределения средств поражения по объектам тыла субъектов Российской Федерации в ходе ведения военных конфликтов; вторая стадия — подготовка органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации совместно с территориальными органами МЧС России системы исходных данных по оценке возможной обстановки в субъектах Российской Федерации, которая может сложиться в результате воздействия противника; третья стадия — подготовка на основании аналитических материалов о возможных угрозах и системы исходных данных по оценке возможной обстановки в субъектах Российской Федерации возможной обстановки, которая может сложиться в результате воздействия противника на территории Российской Федерации;

- *на втором этапе:* планирование мероприятий по гражданской обороне (далее — ГО); практическая разработка и оформление Плана ГО.

План ГО оформляется в виде текстового документа с приложениями, являющимися составной и неотъемлемой его частью. Одним из разделов Плана ГО является раздел, в котором дается оценка возможной обстановки на территории Российской Федерации при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, состоящий из следующих подразделов:

- потенциальные угрозы;
- военные конфликты и оценка возможной обстановки в Российской Федерации, в том числе:
 - при применении обычных современных средств поражения (далее — ССП);
 - при применении ядерного оружия;
- выводы из оценки возможной обстановки.

Как свидетельствует практика подготовки Плана ГО, вторая стадия первого этапа, связанная с под-

готовкой системы исходных данных по оценке возможной обстановки, является ключевой для всего Плана ГО. Именно эта стадия определяет качество подготовки всего Плана ГО и является наиболее продолжительной и трудоемкой.

До настоящего времени подготовка системы исходных данных методически основывалась на детерминированном подходе, изложенном, например, в [1]. Детерминированный подход предполагает, что исходная информация однозначно описывает внешние воздействия и состояние системы ГО, что позволяет найти единственное решение при планировании ГО. Детерминированные модели сравнительно просты и дают возможность относительно легко найти решение. Недостатками детерминированного метода являются жесткость граничных условий и ограниченная возможность варьирования параметрами. Кроме этого, выбор объектов поражения производится субъективно. Перечисленные недостатки детерминированного подхода преодолеваются применением вероятностных моделей. Это, в свою очередь, открывает возможность использования риск-ориентированного подхода в практике планирования гражданской обороны.

1. Применение вероятностно-статистического метода при планировании гражданской обороны

Рассмотрим имеющуюся практику подготовки Плана ГО. В современной России разработка первого Плана ГО была начата в 1996 г., и на разработку системы исходных данных по оценке возможной обстановки ушло более двух лет. При этом, несмотря на то что с представителями территориальных органов МЧС России был проведен ряд семинаров в городе Москве по методикам подготовки исходных данных, многие из них на местах так и не смогли полностью разобраться и выполнить расчеты по возможным объектам поражения с требуемым качеством. Поэтому было принято решение подготовку исходных данных по оценке возможной обстановки в субъектах Российской Федерации, которая может сложиться в результате воздействия противника, проводить на базе двух научных организаций МЧС России — Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России (далее — ЦСИ ГЗ) и Всероссийского научно-исследо-

вательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций с использованием характеристик объектов возможного поражения, которые представлялись регионами.

Учитывая полученный опыт, для подготовки последующих Планов ГО ЦСИ ГЗ были разработаны Методические рекомендации по определению приоритетов поражения объектов тыла и оценке обстановки, которая может сложиться в результате применения потенциальным противником обычных ССП (далее — Методические рекомендации), последняя редакция которых была утверждена в 2015 г. [1], и создано соответствующее программное обеспечение. Это позволило существенно сократить время подготовки исходных данных — до года, а также значительно снизить вероятность ошибок при расчетах. Но все равно количество ошибок, которые выявлялись сотрудниками ЦСИ ГЗ при обработке получаемой из регионов информации, оставалось значительным. Принимая во внимание, что при разработке нового Плана ГО регионами, скорее всего, будут использованы предыдущие разработки и материалы, с большой вероятностью можно предположить, что и при подготовке системы исходных данных для нового Плана ГО такая ситуация повторится. Здесь также необходимо заметить, что выбор методик по расчету возможной обстановки, которые составляют основу указанных Методических рекомендаций, хотя и основывается на официальных источниках, однако все же носит субъективный характер, связанный с предпочтениями разработчиков этих Методических рекомендаций. Так, вместо Методического пособия по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях (МЧС России, 1993 г., проект), математический аппарат которого использован в Методических рекомендациях, может быть с таким же успехом использована Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ (Методика «Токси», ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность»). При этом оцениваемые параметры химической обстановки по этим методикам будут, естественно, отличаться. Это приводит к очевидному выводу о фрагментарном характере формируемой системы исходных данных.

Основу системы исходных данных в современном Плана ГО составляют сформулированные по-

тенциальные угрозы, а также выводы относительно военно-политических особенностей вооруженной борьбы на современном этапе и в обозримой перспективе. Главной особенностью конфликтов нового исторического периода является то, что произошло перераспределение роли различных сфер в вооруженном противоборстве: ход и исход вооруженной борьбы в целом будет определяться главным образом противоборством в воздушно-космической сфере и на море, а сухопутные группировки закрепят достигнутый военный успех и непосредственно обеспечат достижение политических целей [2].

Произошедшие в последние годы изменения в военно-политической обстановке, раскладе военно-стратегических сил в Европе и на Ближнем и Среднем Востоке, во взглядах на роль ядерного оружия — как оружия сдерживания — повлияли на изменение характера современных военных конфликтов. В современных условиях военные конфликты будут отличаться скоротечностью, избирательностью и высокой степенью поражения объектов, быстротой маневра войсками и применением различных мобильных группировок войск. Так, в связи с массовым принятием на вооружение высокоточных неядерных средств большого радиуса действия все более четко проявляется тенденция закрепления за этими средствами роли оружия решительной победы над противником, в том числе и в глобальном конфликте.

В современных военных конфликтах в большинстве случаев достаточно с помощью стратегических сил сдерживания, имеющих на вооружении высокоточное оружие, нанести тяжелое поражение критически важным объектам (объектам тыла), и этим могут быть практически достигнуты политические цели военного конфликта.

Массированные удары по городам (территориям, отнесенным к группам по ГО, — в терминологии ГО Российской Федерации) международным сообществом рассматриваются как тягчайшие военные преступления, что обязывает государства отказываться от такой формы ведения вооруженной борьбы.

Последовательная деятельность международного сообщества по выполнению Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления

и применения химического оружия и его уничтожении и Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении дает определенную уверенность в том, что ближайшие 10—15 лет химическое и биологическое оружие в современных военных конфликтах широкомасштабно по населению применяться не будет, хотя бы в силу ликвидации промышленной базы его производства и средств применения. Однако все же отдельные террористические акты и диверсионные действия с использованием высокотоксичных веществ не исключены.

Исходя из изложенного приоритетной в современном Плана ГО является система исходных данных для организации защиты населения в военное время при применении обычных ССП, которая строится исходя из следующих положений.

1. Целенаправленные удары по уничтожению мирного населения Российской Федерации потенциальным противником не наносятся, оружие массового поражения, в том числе и ядерное, не применяется. Гипотетически возможно применение ядерного оружия лишь в отдаленной перспективе по критически важным объектам, отнесенным к категории особой важности по ГО, а также возможно использование инкапаситантов при условии создания и массового накопления соответствующих средств их применения в условиях ослабления международного контроля.

2. Поражение объектов тыла обычными ССП достигается точечными ударами (вместо площадных бомбометаний) по их критическим элементам, в результате которых объект тыла теряет свою способность к нормальному функционированию.

3. Радиационные, химические и биологические опасности, требующие осуществления противорадиационной, противохимической и противобиологической защиты населения, будут обусловлены вторичными поражающими факторами, которые могут образоваться при разрушении радиационно опасных объектов, химически опасных объектов и биологически опасных объектов. В случае нанесения ударов высокоточным оружием по этим объектам вторичные факторы поражения могут быть такими, что их можно в какой-то степени сопоставить

с последствиями применения оружия массового поражения.

Учитывая, что будущие войны будут носить, с большой вероятностью, «обычный» характер без применения оружия массового поражения, защиту населения следует развивать и совершенствовать прежде всего на основе базового сценария обычной войны с применением высокоточного оружия. В последующем наращивание защиты можно проводить в направлении обеспечения защиты населения от ограниченного применения ядерного оружия в районах размещения категоризованных объектов особой важности, а также от военного применения инкапаситантов. Этим обеспечивается дифференциация защиты населения по видам оружия и мероприятиям защиты, а также ее поэтапное наращивание.

Подчеркнем, что главная особенность вооруженной борьбы будущего будет состоять в том, что в ходе войны под ударами противника окажутся не только военные объекты и войска, но одновременно и экономика страны со всей ее инфраструктурой, гражданское население и территория. Несмотря на развитие точности средств поражения и отказ противоборствующих сторон от целенаправленного уничтожения мирного населения все военные конфликты последнего времени были в той или иной степени гуманитарно-грязными и повлекли за собой жертвы среди мирного населения (табл. 1).

В связи с этим возникает необходимость в высокоорганизованной и эффективной системе ГО страны.

Современное военное планирование и планирование ГО должны учитывать опыт, полученный в ходе военных конфликтов конца прошлого — начала нынешнего века. Правильное осознание этого опыта потребует отказа от привычных стереотипов.

Отказ от привычных стереотипов также относится и к методам подготовки исходных данных по оценке возможной обстановки.

При прогнозировании объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее — АСДНР), которые могут возникнуть при применении потенциальным противником обычных ССП, для целей оперативного и стратегического плани-

*Степень уязвимости мирного населения в войнах**Таблица 1*

Военный конфликт	Потери мирного населения в % от общего числа погибших в войнах
Первая мировая война	5
Вторая мировая война	51
Война в Корее	84
Война во Вьетнаме	95
Война в Югославии	98
По подсчетам проекта Iraq Body Count, на декабрь 2011 г. в Ираке погибло 162 000 человек	79
По данным Ливийского общества Красного Креста, на конец августа 2011 г. число погибших среди мирного населения составило около 25 тыс. человек. Потери военных противоборствующих сторон — около 4,5 тыс.	84
По данным Института востоковедения РАН, на октябрь 2016 г. общая цифра погибших сирийцев — 105 тыс. человек. Потери правительственной армии САР и ополченцев — 45 тыс. человек, боевиков террористических организаций из числа местных жителей — 24 тыс. человек, гражданского населения — 36 тыс. человек	50

рования мероприятий по ГО в настоящее время используется преимущественно расчетно-аналитический метод (детерминированный метод), а в исследовательских целях — вероятностный метод.

В расчетно-аналитическом методе прогнозирования определенным условиям, величине негативного воздействия поражающего фактора оружия соответствует вполне конкретная степень поражения объекта (людей, инженерно-технических сооружений и т.п.). Получаемая с его помощью система исходных данных представляет собой всего лишь одну-единственную реализацию, чаще всего выбранную субъективно, из большого числа возможных исходов. Другими словами, такая система исходных данных рассматривается как мгновенная реализация соответствующей случайной величины. Так, в первом Плане ГО данные для расчетов объемов АСДНР задавались таким образом, чтобы получался их максимальный размер. В последующих Планах ГО от такого подхода постепенно начали отходить, заменяя на наиболее вероятные условия, в качестве которых в детерминированных методах принимались величины, соответствующие неким средним условиям, например, для химической обстановки: степень вертикальной устойчивости — изотермия, скорость приземного ветра — 3 м/с. Вполне очевидно, что такой План ГО носит фрагментарный характер.

О фрагментарности существующего Плана ГО говорит также такой факт. В соответствии с Порядком подготовки Плана ГО на первом этапе его разработки с Генеральным штабом Вооруженных Сил Российской Федерации был согласован возможный ресурс средств поражения по объектам экономики, на основании которого в Методических рекомендациях для субъектов Российской Федерации в зависимости от степени их опасности установлены диапазоны количества объектов возможного поражения (а не точное их количество, как это предполагает детерминированный метод). Это допускает случайный, чаще всего субъективный, выбор количества объектов поражения тыла в субъекте Российской Федерации. Поэтому на практике при подготовке системы исходных данных органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации совместно с территориальными органами МЧС России количество объектов поражения выбиралось таким образом, чтобы оно не выходило за пределы диапазонов, установленных Методическими рекомендациями. Это привело к тому, что в субъектах Российской Федерации, отнесенных к одной степени опасности, количество возможных объектов поражения было различным и отражало взгляды лиц, готовивших исходные данные в субъекте Российской Федерации, на приоритеты по выбору объектов возможного поражения. Данный

факт ярко свидетельствует о том, что количество объектов поражения, а следовательно, и План ГО являются частыми реализациями соответствующих случайных величин.

Сейчас, когда начинается подготовка исходных данных для нового Плана ГО, ситуация может повториться, и новый План ГО будет опять отражать субъективные взгляды людей, осуществляющих подготовку исходных данных в регионах, на возможные объекты поражения. При этом нет никакой возможности дать оценку адекватности получаемой с помощью детерминированного метода системы исходных данных той возможной обстановке, которая может сложиться в результате военного конфликта.

Решение этой научной проблемы возможно путем разработки и применения вместо детерминированного метода вероятностной модели оценки возможной обстановки на территории Российской Федерации.

В основу прогнозирования последствий негативных воздействий на какие-либо объекты положена причинно-следственная связь в общем случае двух процессов: воздействия поражающих факторов на объект и сопротивления самого объекта этому воздействию. Оба процесса носят ярко выраженный случайный характер. Поэтому вероятностный метод широко применяется в математических моделях прогнозирования последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, происходящих в мирное время, а также в математических моделях прогнозирования последствий применения потенциальным противником различных видов оружия, включая оружие массового уничтожения, по военным объектам и объектам тыловой инфраструктуры. Следует заметить, что модели воздействия основных видов поражающих факторов, возникающих при чрезвычайных ситуациях мирного времени и при применении вероятным противником ССП, во многом схожи, так как основываются на единых физических законах и принципах. Отличия наблюдаются лишь в условиях их проявления и масштабах охватываемых территорий.

Так, в условиях современных войн, когда в огневом противоборстве основная ставка делается на применение обычных ССП высокой точности по критическим элементам объектов тыла,

а не на площадные («ковровые») бомбометания по городам и объектам и применение оружия массового уничтожения, как это было в войнах XX в., для оценки последствий разрушений объектов тыла высокоточным оружием широко применяются модели прогнозирования обстановки и объемов АСДНР, разработанные для различных аварий на объектах экономики.

Однако для решения отдельных задач, связанных в первую очередь со стратегическим и оперативным планированием ГО, определением составов и численности группировок сил ГО, например, по стратегическим направлениям или за страну в целом, знания обстановки и объемов АСДНР, возникающих на отдельных объектах поражения, недостаточно. В этом случае необходимо иметь прогнозные значения показателей, отражающие суммарные для определенной территории величины последствий применения потенциальным противником ССП по возможным объектам поражения тыла, находящимся на ней.

На первый взгляд нахождение суммарных значений не представляет собой большого труда, нужно лишь сложить соответствующие значения показателей обстановки по отдельным объектам тыла и получить таким образом суммарную оценку за определенную территорию, регион или страну в целом. Подобным образом, отражающим традиционный подход, готовились данные по обобщенным последствиям применения потенциальным противником ССП для планирования мероприятий по ГО в Российской Федерации все предшествующие годы. Здесь важно отметить, что получаемые обобщенные (суммарные) оценки обстановки принимались в качестве неслучайных характеристик, точно соответствующих количеству поражаемых объектов тыла исходя из интенсивности боевого воздействия потенциальным противником обычными ССП по выбранному сценарию возможного военного конфликта.

На самом же деле получаемые обобщенные (суммарные) оценки обстановки объективно носят случайный характер, который обусловлен случайным характером самих показателей обстановки при поражении объектов тыла. Поэтому для нахождения таких обобщенных (суммарных) оценок необходимо применять в первую очередь вероятностный

метод или, точнее, его разновидность — вероятностно-статистический.

Почему именно сейчас стало возможным применение вероятностно-статистических моделей для планирования ГО? Ответ на этот вопрос прост: потому, что в ЦСИ ГЗ в результате вычислительного эксперимента, проведенного по всей стране, сформирована в 2012 г. база данных последствий разрушений по более чем четырём тысячам объектов тыла, которые могут являться целями для поражения потенциальным противником. Эта база данных уточнялась последний раз в 2015 г., а сейчас проводится ее актуализация в рамках разработки нового Плана ГО.

Хотелось бы пояснить — как используется база данных последствий, полученных детерминированным методом, в вероятностно-статистическом методе.

Для этого все объекты тыла разделяются на группы по видам, например химически опасные объекты, радиационно опасные объекты, гидротехнические сооружения, пожаровзрывоопасные объекты и др. При этом объекты тыла, составляющие определенную группу, различны по своим характеристикам, что очень важно. В качестве характеристик объектов принимаются параметры, необходимые для расчета обстановки по соответствующей методике, например количество опасного вещества, плотность промышленного персонала или населения. Далее постулируется, что характеристики объектов, составляющих одну группу, в совокупности отражают случайное состояние во времени некоего гипотетического объекта данного вида. Поэтому при возможном разрушении такого гипотетического объекта мы будем получать последствия, носящие случайный характер.

Следовательно, первым шагом в вероятностном подходе является признание очевидного факта, что возможная обстановка или объемы АСДНР, возникающие при поражении потенциальным противником объектов тыла, являются случайными величинами, представляющими собой абстрактные модели указанных количественных показателей и принимающими то или иное числовое значение из некоторого множества. В этом случае принятие каждого из возможных значений есть событие, которому соответствует некоторая вероятность.

Для описания случайной величины, например «Объем АСДНР при поражении объекта тыла», знания только ее значения, как это было ранее, недостаточно. Необходимо не только указать множество ее значений, но охарактеризовать также вероятности, с которыми принимаются те или иные значения, то есть описать случайную величину «Объем АСДНР при поражении объекта тыла» ее законом распределения.

Получить такой закон распределения случайной величины «Объем АСДНР при поражении объекта тыла» на территории Российской Федерации в условиях современного военного конфликта можно, используя сформированную в ЦСИ ГЗ базу данных.

Анализ этой базы данных показал экстремальный характер поведения приращений рядов, характеризующих объемы АСДНР по их видам. Это говорит о «тяжелохвостости» их эмпирических распределений. Об этом свидетельствуют подобранные нами модели распределений Фреше, Парето, Гумбеля, Вейбулла и логарифмически нормальное распределение (преобладающее среди всех), которые обеспечивают правдоподобное соответствие полученным в результате вычислительного эксперимента распределениям случайной величины «Объем вида АСДНР при поражении объекта тыла», приведенным в [3].

Подобные «тяжелохвостые» распределения характеризуют, например, риск крупных чрезвычайных ситуаций, отличающихся большим размером последствий для населения (как правило, по масштабам — выходящим за пределы отдельного региона) и малыми величинами вероятностей наступления подобных событий. Это позволяет для исследования таких распределений использовать современные достижения асимптотической теории вероятностей экстремальных значений.

На настоящий момент времени для описанного выше современного военного конфликта с применением только обычных ССП нами найдены функции распределения случайных величин, характеризующих возможную обстановку и объемы АСДНР по их видам при поражении объектов тыла: за Российскую Федерацию — 28 функций; за направления отражения агрессии (Западное, Южное и Восточное) — 45; за федеральные округа — 120.

Это позволяет впервые предложить для целей планирования ГО вероятностно-статистическую модель для подготовки возможной обстановки, которая может сложиться в результате воздействия противником по территории Российской Федерации, и определения объемов АСДНР с количественной оценкой вероятностей их реализации, а также устанавливать обоснованные границы изменения численности сил ГО при их оптимизации с учетом особенностей современных военных конфликтов. Основу этой модели составляют математический аппарат асимптотической теории вероятностей экстремальных значений, полученные функции распределения случайных величин, характеризующие возможную обстановку и объемы АСДНР, а также метод статистического моделирования Монте-Карло.

ПРИМЕР. Необходимо определить возможную обстановку на территории страны при нанесении потенциальным противником «быстрого глобального удара».

А) Традиционный подход. Первый этап.

Первая стадия. Необходимо согласовать с Минобороны России возможное распределение средств поражения по объектам тыла субъектов Российской Федерации при нанесении «быстрого глобального удара» и другие аналитические материалы. Продолжительность этапа — шесть месяцев.

Вторая стадия. Возможны два варианта.

Вариант 1. Организовать (например, разработать и утвердить необходимые методические рекомендации, выпустить соответствующее распоряжение и т.п.) и провести подготовку органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации совместно с территориальными органами МЧС России системы исходных данных по оценке возможной обстановки в Российской Федерации, которая может сложиться в результате «быстрого глобального удара». Продолжительность этапа — восемь месяцев.

Вариант 2. Используя базу данных ЦСИ ГЗ по объектам поражения, специально созданной экспертной группой МЧС России выбрать объекты поражения, согласовать их выбор в соответствующем департаменте МЧС России и осуществить подготовку системы исходных данных по оценке возможной обстановки в субъектах Российской Федерации.

Продолжительность — три месяца. Недостаток второго варианта — надо подтвердить актуальность данных об объектах поражения, имеющихся в базе данных ЦСИ ГЗ.

Третья стадия. Обработать полученные аналитические материалы и систему исходных данных и осуществить подготовку возможной обстановки, которая может сложиться в результате «быстрого глобального удара» на территории Российской Федерации. Продолжительность этапа — три месяца.

Программное обеспечение: программный комплекс по прогнозированию обстановки, объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ, а также ущерба экономике при воздействии на объекты тыла обычными современными средствами поражения (свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности о государственной регистрации программы для ЭВМ от 31.10.2012 № 2012619858), а также программа для работы с электронными таблицами, созданная корпорацией Microsoft (Microsoft Excel или Microsoft Office Excel).

Общая продолжительность работ с использованием детерминированного метода при условии выполнения некоторых работ параллельно составит в лучшем случае около одного года.

Б) Использование вероятностно-статистической модели. Первый этап.

Первая стадия. Ресурс средств поражения задается на основе анализа материалов, находящихся в открытом и закрытом доступе, экспертной группой МЧС России в виде функции распределения случайной величины «Количество единичных боеприпасов, которые могут быть применены противником в ходе «быстрого глобального удара». Эта случайная величина характеризует общий наряд ССП в виде числа единичных боеприпасов (в тротиловом эквиваленте не менее 400 кг), которые могут быть применены потенциальным противником в течение 5—6 часов по военным объектам (например, пусковые установки баллистических ракет, средства противовоздушной обороны, пункты военного управления и т.п.) и объектам тыла (важным объектам военно-промышленного комплекса, политическим, экономическим объектам и объектам жизнеобеспечения). Продолжительность этапа — один месяц.

Вторая стадия. Может быть пропущена.

Третья стадия. Создаются частные вероятностно-статистические модели по показателям возможной обстановки и объемам АСДНР. Частная вероятностно-статистическая модель в условиях поставленной задачи представляет собой функцию четырех случайных величин:

первая — указанная выше — «Количество единичных боеприпасов, которые могут быть применены противником в ходе «быстрого глобального удара», X_1 , ед.;

вторая — «Доля единичных боеприпасов от общего наряда средств поражения, которые могут быть выделены на поражение объектов тыла», X_2 ;

третья — «Количество единичных боеприпасов, необходимых для гарантированного поражения одного объекта тыла» — принимая во внимание уничтожение его критических элементов, а не бомбометание по всей площади объекта, X_3 , ед.;

четвертая — «Величина показателя вида обстановки» (например, «Объем завалов», «Общие потери») или «Объем вида АСДНР при поражении объекта тыла» по видам АСДНР (например, «Разборка завалов для извлечения пострадавших», «Эвакуация пострадавшего населения из очагов поражения»), X_4 .

Функции распределения второй и третьей случайных величин задаются той же экспертной группой МЧС России.

Функции распределения четвертой случайной величины определены в ЦСИ ГЗ, а часть из них опубликована в работе [3].

Выходная характеристика частной вероятностно-статистической модели (Y) связана с указанными случайными величинами следующим соотношением:

$$Y = \frac{X_1 X_2 X_4}{X_3}.$$

Далее с использованием метода Монте-Карло производится статистическая имитация выходной случайной величины по соответствующим показателям возможной обстановки и видам АСДНР. Количество имитаций должно быть не менее 200 тысяч для обеспечения приемлемой точности частной модели.

Полученный ряд значений выходной случайной величины обрабатывается методами математиче-

ской статистики с целью определения вида и параметров функции распределения, характеризующей соответствующий вид возможной обстановки или возможные объемы вида АСДНР. Значения 90%-ных или 95%-ных квантилей функций распределения частных вероятностно-статистических моделей рекомендуется использовать на практике для подготовки возможной обстановки, которая может сложиться на территории Российской Федерации в результате «быстрого глобального удара». Продолжительность этапа — до одного месяца.

Программное обеспечение: Deltek Acumen Risk — простой и удобный в использовании инструмент, совмещающий в себе надежный механизм анализа рисков Монте-Карло и дружественный интерфейс, или Primavera Risk Analysis от Oracle — инструмент для анализа рисков, охватывающий весь жизненный цикл данного процесса и сочетающий управление рисками, связанными с затратами и с расписанием, или Mathcad — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается легкостью использования и применения для коллективной работы, или самостоятельно создаваемый программный комплекс.

Общая продолжительность работ по подготовке возможной обстановки, которая может сложиться на территории Российской Федерации в результате «быстрого глобального удара», с использованием вероятностно-статистической модели составит до двух месяцев.

Таким образом, при внедрении в практику планирования ГО описанного вероятностно-статистического метода имеется реальная возможность снижения времени подготовки системы исходных данных с одного года до двух месяцев, а следовательно, и трудоемкости самого процесса планирования ГО.

Полученные на первом этапе данные по возможной обстановке используются на втором этапе для планирования мероприятий по ГО.

Итак, недостатки детерминированного метода. Несмотря на то что можно произвольно или сознательно решать, какие объекты рассматривать в качестве объектов поражения, этот метод не позволяет объективно оценить точность получаемых ре-

зультатов, т.к. невозможно определить вероятность включения в выборку каждого отдельного объекта поражения, а полученные результаты нельзя статистически распространять на всю совокупность.

Преимущества вероятностно-статистического метода. Характеристики объектов поражения задаются случайными величинами и представляют собой некую выборку их генеральной совокупности. Это позволяет рассчитать доверительные интервалы, в пределах которых с определенной достоверностью получают истинные значения характеристик генеральной совокупности, и сделать выводы или высказать предположения относительно изучаемой совокупности, из которой получена выборка. Несмотря на то что вероятностные методы не дают однозначных ответов, они помогают рассчитать степень достоверности и являются единственно возможными при исследовании массовых явлений. Они позволяют установить хотя и не строгую, не жесткую, но устойчивую, повторяющуюся закономерность, проявляющуюся в массе наблюдений. Это особенно важно в исследованиях по проблемам ГО, когда нет возможности подтвердить правильность сделанных выводов экспериментами (то есть военными конфликтами).

В табл. 2 представлены в качестве примера данные (по материалам открытой печати) для расчетов по военному конфликту «быстрый глобальный удар» без учета противодействия средствами противовоздушной обороны (далее — ПВО) и выполнения мероприятий по ГО (сценарий без противодействия). Закон распределения для случайных величин, приведенных в табл. 2, принят треугольным.

Пример результатов моделирования возможной обстановки, которая может сложиться на территории Российской Федерации при нанесении «быстрого глобального удара» по сценарию без противодействия с учетом параметров законов распределений, приведенных в [3] и табл. 2, представлен в табл. 3.

Возможности предлагаемого вероятностно-статистического метода позволяют рассчитать достаточно быстро и другие сценарии военного конфликта, в том числе с учетом противодействия средствами ПВО и выполнения мероприятий по ГО (сценарий с противодействием).

Например, учтем в предложенной модели «быстрого глобального удара»:

- противодействие средств ПВО в виде случайной величины «Эффективность противовоздушной обороны страны по защите объектов тыла», X_5 , характеризующей долю сбиваемых единичных боеприпасов;
- влияние мероприятий по ГО в виде следующих случайных величин:
 - «Доля объектов, на которых мероприятия по ГО, направленные на сохранение объектов тыла от поражения, выполнены», X_6 ;
 - «Эффективность мероприятий по ГО, направленных на сохранение объектов тыла от поражения», X_7 , — например, мероприятий по повышению устойчивости функционирования объектов экономики, комплексной маскировки и других мероприятий по защите объектов тыла от разрушения обычными ССП в виде вероятности сохранения функционирования объектов тыла.

Данные для расчетов по военному конфликту «быстрый глобальный удар» по сценарию без противодействия (пример)

Таблица 2

№ п/п	Название случайной величины	Минимальное значение	Наиболее вероятное значение	Максимальное значение
1	Количество единичных боеприпасов, которые могут быть применены противником в ходе «быстрого глобального удара», X_1 , ед.	2000	3300	4800
2	Доля единичных боеприпасов от общего наряда средств поражения, которые могут быть выделены на поражение объектов тыла, X_2	0,22	0,38	0,48
3	Количество единичных боеприпасов, необходимых для гарантированного поражения одного объекта тыла, X_3 , ед.	3	6	14

Показатели возможной обстановки при «быстром глобальном ударе» по сценарию без противодействия, которые с вероятностью 95% не превысят указанных числовых значений (пример)

Таблица 3

№ п/п	Показатель	Уровень 95% квантили
Медицинская обстановка		
1	Потери безвозвратные, тыс. чел.	75
2	Потери санитарные, тыс. чел.	245
3	Потери общие, тыс. чел.	320
4	Пострадавшие, требующие оказания медицинской помощи и эвакуации в лечебные учреждения, тыс. чел.	120
5	Численность населения в зонах опасности, тыс. чел.	620
6	Эвакуация пострадавшего населения из очагов поражения, тыс. чел.	20
Инженерная обстановка		
7	Количество возможных объектов поражения тыла, ед., из них: химически опасных радиационно опасных гидротехнических сооружений	310 60 1 1
8	Объемы завалов без учета разрушения гидротехнических сооружений, тыс. м ³	9600
9	Объемы завалов от разрушения не более одного гидротехнического сооружения, тыс. м ³	15 600
Химическая обстановка		
10	Площадь химического заражения, км ²	1280
Радиационная обстановка		
11	Площадь радиоактивного загрязнения, км ²	1190
Гидродинамическая обстановка		
12	Площадь затопления, км ²	13 000

Дополнительные данные для расчетов «быстрого глобального удара» по сценарию с противодействием в рамках примера даны в табл. 4 (закон распределения — треугольный).

Пример результатов моделирования возможной обстановки, которая может сложиться на территории Российской Федерации при нанесении «быстрого глобального удара» с учетом противодействия средствами ПВО и выполнением мероприятий по ГО, представлен в табл. 5.

Из данных табл. 5 видно, что показатели возможной обстановки при «быстром глобальном ударе» по сценарию с противодействием в среднем в 1,6 раза меньше, чем по сценарию без противодействия.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет оценивать не только возможную обстановку, но и эффективность как ГО в целом, так и ее от-

дельных мероприятий при соответствующей доработке вероятностно-статистической модели. Кроме этого, применяя, например, анализ чувствительности, можно выявить, какие мероприятия по ГО оказывают наибольшее влияние на результативность по защите населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий. Этим мероприятиям должно быть уделено особое внимание в Плане ГО.

Вероятностно-статистический метод также позволяет дать количественную оценку достаточности имеющихся сил ГО для выполнения возможного объема АСДНР в мирных условиях и в условиях современного военного конфликта, а также предложить их поэтапную оптимизацию. Например, проведенные расчеты [3] показали, что на Западном

Дополнительные данные для расчетов «быстрого глобального удара» по сценарию с противодействием (пример)

Таблица 4

№ п/п	Название	Минимальное значение	Наиболее вероятное значение	Максимальное значение
1	Эффективность противовоздушной обороны страны по защите объектов тыла, X_5	0,21	0,31	0,47
2	Доля объектов, на которых мероприятия по ГО, направленные на сохранение объектов тыла от поражения, выполнены, X_6	0,2	0,33	0,46
3	Эффективность мероприятий по ГО, направленных на сохранение объектов тыла от поражения, X_7	0,11	0,23	0,38

Показатели возможной обстановки при «быстром глобальном ударе» по сценарию с противодействием, которые с вероятностью 95% не превысят указанных числовых значений, и их снижение по сравнению со сценарием без противодействия (пример)

Таблица 5

№ п/п	Показатель	Уровень 95% квантили	Снижение, раз
Медицинская обстановка			
1	Потери безвозвратные, тыс. чел.	42	1,67
2	Потери санитарные, тыс. чел.	150	1,63
	Потери общие, тыс. чел.	195	1,64
3	Пострадавшие, требующие оказания медицинской помощи и эвакуации в лечебные учреждения, тыс. чел.	80	1,5
4	Численность населения в зонах опасности, тыс. чел.	380	1,63
5	Эвакуация пострадавшего населения из очагов поражения, тыс. чел.	13	1,54
Инженерная обстановка			
6	Количество пораженных объектов тыла, ед., из них:	195	1,59
	химически опасных	38	1,58
	радиационно опасных	1	–
	гидротехнических сооружений	1	–
7	Объемы завалов без учета разрушения гидротехнических сооружений, тыс. м ³	5900	1,63
	Объемы завалов от разрушения не более одного гидротехнического сооружения, тыс. м ³	15 600	1,64
Химическая обстановка			
8	Площадь химического заражения, км ²	780	1,64
Радиационная обстановка			
9	Площадь радиоактивного загрязнения, км ²	1190	–
Гидродинамическая обстановка			
10	Площадь затопления, км ²	13 000	–

направлении имеющиеся там силы МЧС России способны выполнить возможные объемы работ: в мирное время — с вероятностью, близкой к единице, а в военное время с вероятностью около 0,35, что является недостаточным и требует проведения соответствующих оптимизационных мероприятий.

В конечном итоге вероятностно-статистический метод позволит дать количественную оценку всего Плана ГО в виде вероятности защиты населения страны, материальных и культурных ценностей в возможных современных военных конфликтах и произвести оценку рисков возможных военных конфликтов (или сценариев военного конфликта).

2. Использование риск-ориентированного подхода для выявления приоритетных сценариев военных конфликтов при планировании гражданской обороны

Оценка рисков возможных военных конфликтов открывает широкую перспективу использования риск-ориентированного подхода в практике ГО. Необходимо отметить, что МЧС России в 2015 г. вошло в число пилотных федеральных органов исполнительной власти, реализующих риск-ориентированный контроль в надзорной деятельности [4]. Поэтому широкое внедрение риск-ориентированного подхода в повседневную практику деятельности МЧС России — это уже не что-то экзотическое, предлагаемое учеными, а нормативное требование.

Риск-ориентированный подход может быть с успехом применен и в деятельности по планированию ГО в увязке с государственным надзором в области ГО. При этом роль государственного надзора в области ГО заключается в фиксации состояния ГО в стране по установленным показателям, которые, в свою очередь, будут являться входными данными для разработки планов ГО с использованием риск-ориентированного подхода.

Внедрение риск-ориентированного подхода позволит определить риски различных возможных военных конфликтов (их сценариев) против России, ранжировать их и составлять матрицы рисков военных конфликтов, выявлять приоритетные сценарии военных конфликтов для планирования

ГО, оценивать результативность планирования ГО, своевременно вносить корректировки по результатам мониторинга потенциальных угроз и состояния ГО. Пример матрицы рисков приведен на рисунке.

Из матрицы рисков, представленной на рисунке, видно, что риски второго и третьего сценариев военного конфликта, находящиеся в красной зоне, представляют очень серьезную угрозу и требуют особого внимания и немедленного реагирования путем планирования мероприятий по ГО с целью снижения до допустимого уровня (остаточные риски обозначены на матрице рисков 2* и 3* соответственно). В желтой зоне матрицы риска находится риск первого сценария, для которого разработка мероприятий по ГО должна соотноситься с принципом экономической целесообразности (остаточный риск обозначен 1*), в зеленой зоне находится риск четвертого сценария, который не представляет серьезной угрозы.

Используя риск-ориентированный подход, можно прогнозировать риски военных конфликтов в среднесрочном и долгосрочном периодах и соответственно вырабатывать мероприятия по ГО в объеме, адекватном угрозам.

Например. Дадим в среднесрочном периоде оценку риска «быстрого глобального удара» по территории России с учетом противодействия средствами ПВО и выполнения мероприятий по ГО. Для оценки риска кроме показателей возможной обстановки, которые приведены в табл. 5, необходимо оценить и возможность (вероятность) нанесения «быстрого глобального удара» по территории Российской Федерации в среднесрочном периоде. Для этого примем во внимание следующие факторы [5].

Во-первых, США могут принять данное решение в отношении России лишь при условии резкого обострения отношений между государствами. Такое возможно, если власти в Москве будут готовы к открытому конфликту с Вашингтоном (как, например, КНДР) и пойдут на это, понимая, что при необходимости им придется применить ядерное оружие для защиты своей страны, оказавшись перед лицом неизбежного поражения. Вместе с тем власти в Москве сейчас и в среднесрочной перспективе демонстрируют приверженность к осуществлению между государствами сбалансированной политики компромиссов. Поэтому у Соединенных

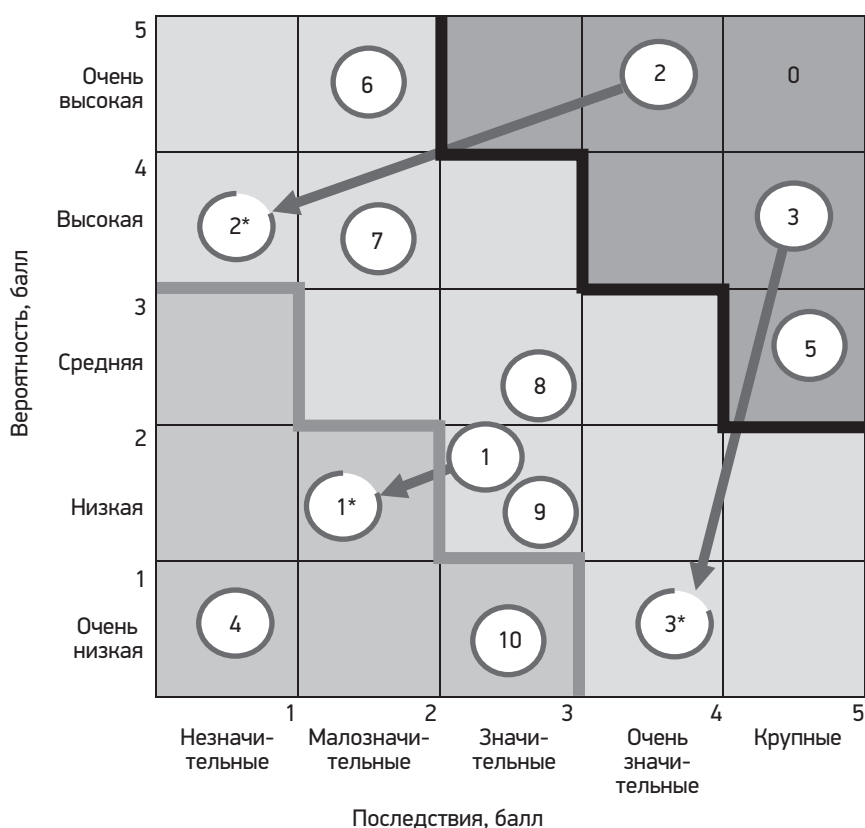


Рисунок. Матрица рисков

— предельно допустимый уровень риска; — пороговый уровень риска; 1, 2, 3, 4 — риски соответствующих номеров сценариев военного конфликта; 1*, 2*, 3* — остаточные риски соответствующих номеров сценариев военного конфликта; 5 — риск непринятия лицами, принимающими решения, вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в качестве методической основы для планирования ГО; 6 — риск отсутствия методического аппарата и данных для расчетов по сценариям военного конфликта с ограниченным применением ядерного оружия; 7 — риск отсутствия необходимого программного обеспечения; 8 — риск недостаточности проработанности соответствующего математического аппарата; 9 — риск неактуальности функций распределения показателей возможной обстановки и объемов АСДНР для военного конфликта с применением обычных ССП; 10 — риск недостаточности квалифицированных кадров в области риск-ориентированного подхода

Штатов нет большой необходимости идти на столь масштабную авантюру.

Во-вторых, такому удару обязан предшествовать достаточно длительный угрожаемый период, когда американское руководство в оправдание предстоящей агрессии будет вынуждено вести серьезную информационную кампанию. В это время США и их союзникам необходимо осуществлять стратегическое развертывание группировок своих военно-воздушных и военно-морских сил в районы боевого предназначения, создавать необходимые материальные

запасы, наращивать военную инфраструктуру в районах предстоящих боевых действий, вести разведку объектов планируемых ударов. Это весьма продолжительное время (вероятно, несколько месяцев), которого вполне достаточно для принятия ответных, весьма эффективных мер. Так, например, как показал опыт Ирака в 1991 г. и последующих конфликтов, за счет качественно проведенных мероприятий оперативной маскировки можно навести значительную часть ударных сил противника на ложные цели. При этом, если США используют в первом ударе основ-

ной запас своих крылатых ракет большой дальности, их может не остаться в достаточном количестве для последующей атаки. И тогда успех операции окажется под вопросом.

В-третьих, по продолжительности этот удар будет длиться несколько часов (по опыту компьютерных учений — от четырех до шести). А уже через один-два часа, когда руководству России станет очевиден масштаб агрессии (даже в случае достижения оперативной внезапности), может быть принято решение на ответный ядерный удар. При этом большая часть средств ядерного сдерживания еще сохранится. То есть для США совершенно очевиден высокий риск перерастания такого конфликта из обычного в ядерный. Причем Москва может первой принять решение на применение стратегического ядерного оружия. Поэтому провоцировать такую атаку своей территории без гарантий ее надежного отражения американцы вряд ли станут.

И в-четвертых, глобальный удар не будет «быстрым», поскольку на его подготовку уйдет много времени — несколько месяцев. То есть, по сути дела, он уже не сможет стать специфической формой применения средств воздушного нападения — «быстрый глобальный удар». Это будет обычный первый ракетно-авиационный удар, проводимый в рамках начальной воздушной наступательной операции.

Атаковать Россию с ограниченным количеством средств воздушного нападения не имеет смысла ни в политическом, ни в стратегическом отношении. Поэтому экспертами вероятность нанесения «быстрого глобального удара» по России в среднесрочном периоде оценена как низкая.

Если бы государство не уделяло должного внимания обороне и, в частности, состоянию ГО, то соблазн, а следовательно, и вероятность «быстрого глобального удара» по России были бы выше.

Полученные в ходе вероятностного моделирования оценки возможной обстановки по сценарию «быстрого глобального удара» по России с учетом противодействия и экспертные оценки возможности его нанесения в среднесрочной перспективе позволяют дать оценку риска сценария военного конфликта в виде «быстрого глобального удара» по России. Так, анализ показателей возможной обстановки по сценарию «быстрого глобального удара» с учетом противодействия (в условиях при-

мера — табл. 5) свидетельствует, что, например, показатель «безвозвратные потери» не превышает годовую смертность в России от внешних причин (около 164 тыс. человек), а возможные химическая, радиационная, гидродинамическая обстановки сопоставимы с последствиями произошедших катастроф. Это в совокупности с учетом мнения экспертов о вероятности нанесения «быстрого глобального удара» по России — как низкая — позволяет оценить риск «быстрого глобального удара» по России как допустимый, требующий мониторинга. При изменении показателей риска необходимо будет провести соответствующие корректировки Плана ГО. На рисунке показаны: под номером 1 риск сценария «быстрого глобального удара» без учета противодействия ПВО и выполнения мероприятий ГО (присущий риск); под номером 1* — риск сценария «быстрого глобального удара» с учетом противодействия ПВО и выполнения мероприятий ГО, предусмотренных Планом ГО (остаточный риск).

В случае военных конфликтов с потенциальным противником, располагающим ядерным оружием (на ЗАПАДЕ страны с группировкой сил НАТО и на ВОСТОКЕ страны с группировкой сил армий США, ЯПОНИИ и ЮЖНОЙ КОРЕИ), не исключается угроза эскалации безъядерных военных конфликтов в региональную (глобальную) ракетно-ядерную войну с ограниченным (или массированным) применением противником ракетно-ядерного оружия стратегических наступательных сил.

К сожалению, методическая основа для оценки возможной обстановки для сценариев военного конфликта с применением современного ракетно-ядерного оружия на сегодняшний день устарела и не адаптирована для оценки рисков. Имеются лишь отдельные оценочные мнения экспертов по показателям возможных потерь населения и ущерба экономике страны в случае эскалации безъядерного военного конфликта в региональную ракетно-ядерную войну, которые требуют своего научного обоснования.

Заключение

Таким образом, в настоящее время имеются необходимые условия для внедрения вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в практику планирования ГО. На рисунке под номерами 5—10 представлены риски внедрения вероятност-

но-статистического метода и риск-ориентированного подхода в практику планирования ГО.

Из матрицы рисков видно, что критическим риском является «риск непринятия лицами, принимающими решения, вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в качестве основы для планирования ГО», управление которым находится на уровне руководства МЧС России. Остальные риски могут быть снижены за счет выполнения соответствующих мероприятий по управлению ими на уровне департаментов МЧС России и научных организаций.

Литература

1. Методические рекомендации по определению приоритетов поражения объектов тыла и оценке обстановки, которая может сложиться в результате применения потенциальным противником обычных современных средств поражения, для планирования мероприятий гражданской обороны и защиты населения в Российской Федерации, субъекте Российской Федерации и муниципальном образовании, утверждены заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 09.03.2015 № 2-4-87-17-11.
2. Шевченко А.В. Стратегия реализации Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения (часть первая) // Технологии гражданской безопасности. Т. 13, 2016. № 2 (48). С. 66—72.
3. Быков А.А. и др. Современный подход к обоснованию численности и состава группировки сил МЧС России

на военное и мирное время // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10, № 1. С. 40—49.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 августа 2016 г. № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
5. Сивков К.В. Концепция быстрого глобального удара: интернет-сервер Военные новости. [Электронный ресурс]. URL: http://dokwar.ru/publ/voenny_vestnik/armii_mira/koncepcija_bystrogo_globalnogo_udara/3-1-0-701 (Дата обращения: 10.10.2017).

Сведения об авторе

Шевченко Андрей Владимирович: доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ») Количество публикаций: более 100 (в т. ч. монографий — 13, учебных изданий — 5

Область научных интересов: управление риском, теория безопасности человека и окружающей среды, теория гражданской обороны, химическая безопасность

Контактная информация:

Адрес: 142717, Московская область, Ленинский район, с/п Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, владение 15, стр. 1

Тел.: +7 (498) 657-43-02

E-mail: A_Shevchenko@vniigaz.gazprom.ru

УДК: 614.8

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Риски мусорной экологической катастрофы России

Ю.И. Соколов,Российское научное общество
анализа риска,
г. Москва

Аннотация

В статье рассматриваются риски, связанные с неконтролируемым ростом объема коммунальных отходов, размещаемого вокруг городов, и отсутствием инфраструктуры безопасной утилизации отходов.

Ключевые слова: коммунальные отходы, полигоны твердых коммунальных отходов, места несанкционированного размещения мусора, утилизация мусора, раздельный сбор мусора, мусоропровод, мусоровоз, мусоросжигательный завод, рекультивация объектов размещения мусора, накопленный экологический ущерб.

Содержание

Введение

1. Угрожающая статистика по объему мусора
2. Раздельный сбор мусора
3. Способы утилизации мусора
4. Рекультивация объектов размещения мусора
5. Ликвидация накопленного экологического ущерба
6. Состояние нормативно-правовой базы в сфере обращения с отходами

Заключение

Литература

Проблема утилизации мусора является важнейшей — это волнует большинство наших граждан.

Из выступления Президента России В. Путина на «Форуме Действий» Общероссийского народного фронта в Москве 22 ноября 2016 г. <https://news.sputnik.ru/obschestvo/ecfffe768cd4827517b1011577a67c116f58c07b>

Введение

В России проблема размещения и утилизации бытовых отходов стоит очень остро, представляя реальную угрозу экологической безопасности страны.

Города России окружены плотным кольцом мусорных полигонов и несанкционированных свалок, нередко расположенных в водоохранных зонах, в охранных зонах магистральных трубопроводов, в санитарных зонах скважин питьевого водоснабжения. Свалки мусора все ближе приближаются к жилым зонам, часто располагаясь в самих зонах.

Проблема обращения с мусором, именуемым твердыми бытовыми отходами (ТБО), а в соответствии с Федеральным законом «О внесении изменений в Федеральный закон “Об отходах производства и потребления”» от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ переименованным в твердые коммунальные (ТКО), обостряется с каждым годом. До сих пор 97% ТКО вывозятся на полигоны.

Излишняя зарегулированность обращения с отходами, постоянно увеличивающееся число административных барьеров являются непреодолимым препятствием для решения давно назревшей проблемы с ТКО.

Количество отходов, которые не вовлекаются во вторичный хозяйственный оборот, а сразу направляются на полигоны и свалки, возрастает. При этом условия хранения и захоронения отходов не соответствуют требованиям экологической безопасности. Подавляющее большинство полигонов ТБО строилось еще в советские времена, без учета нынешних требований по утилизации, многие предполагались как временные хранилища, а потому наносят существенный вред экологии. К тому же почти все они исчерпали свой ресурс или близки к этому.

Даже полигоны ТКО, имеющие все разрешительные документы, осуществляют свою деятельность с нарушением природоохранного законодательства.

Утилизация отходов скоро может приобрести масштабы с непредсказуемыми последствиями. Проблема становится не только технической, но и социально-экологической, балансируя на грани экологической катастрофы и социального взрыва.

Ситуация усугубляется тем, что законодательная база обращения с отходами несовершенна. Ныне действующая правовая база в сфере охраны окружающей среды фрагментарна и противоречива.

1. Угрожающая статистика по объему мусора

Система сбора и обработки мусора в России практически не обновлялась в течение последних 40—50 лет. Уполномоченные федеральные и региональные органы исполнительной власти не располагают достоверной информацией об объемах образования, использования и обезвреживания ТКО и объектах их размещения. Имеющиеся сведения носят противоречивый характер.

По данным Счетной палаты РФ (февраль 2014 года), в России 1092 полигона, около 15 000 санкционированных свалок, около 17 000 несанкционированных свалок и около 13 000 несанкционированных мест размещения отходов.

По данным Росприроднадзора, в Российской Федерации действуют свыше 1000 полигонов для

захоронения ТКО, по данным Роспотребнадзора таких объектов — 4617, а по данным органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации — 3919 [1].

Минприроды сообщает о 110 тыс. мест незаконного складирования отходов [<http://tass.ru/obschestvo/2004008>]. По другим данным, только в 2015 г. было выявлено 153 тыс. мест несанкционированного размещения отходов (на суммарной площади 77 тыс. га) [2].

Несанкционированное размещение мусора, ставшее криминальным бизнесом с оборотом в десятки миллиардов рублей, сегодня больше всего беспокоит и раздражает людей.

Выявленные свалки расположены в зоне населенных пунктов (58%), в водоохраных зонах (16%), на землях сельскохозяйственного назначения (15%) и землях лесного фонда — 8%. Нехватка полигонов наблюдается в 45% субъектов Российской Федерации, однако по факту это значение еще выше [1].

По статистическим данным одного из главных участников мусороперерабатывающего сегмента страны, компании «Ростехнологии», на территории страны уже накопилось порядка 32 млрд т неутилизированного мусора [<http://netmus.ru/press-center/articles/skolko-tbo-na-cheloveka-v-rossii/>].

По другим источникам, объем накопившихся за последние несколько десятилетий ТКО достигает 60 млрд т [<https://vz.ru/society/2017/6/26/876003.html>].

Страну пока спасают огромные размеры: чтобы замусорить всю Россию (площадь 1 700 075 400 га), нам при нынешних темпах потребуется около 7 тыс. лет.

11 февраля 2014 г. Коллегия Счетной палаты РФ рассмотрела результаты экспертно-аналитического мероприятия «Анализ проблем и оценка состояния сферы управления отходами производства и потребления в РФ» [1].

На Коллегии отмечалось, что единая концепция управления отходами, которая включала бы современную индустрию по переработке отходов и координацию полномочий на всех уровнях государственного управления, в России пока не создана. Рост отходов производства и потребления постоянно увеличивается.

Весь мусор в нашей стране занимает 4 млн га, что сопоставимо с площадью Швейцарии или Голландии. Каждый год эта площадь возрастает на 10%, что сопоставимо с суммарной площадью двух столиц России. Ежегодно на каждого россиянина приходится более 400 кг отходов. За год в стране собирается более 70 млн т бытовых отходов, почти все из которых оседают на полигонах ТКО и свалках. А в густонаселенных регионах — в Московской области, например, — его складывать уже просто некуда. Уже предлагается решение — перевозить мусор по железной дороге на более дальние расстояния в другие регионы.

Дело дошло до того, что выехать из города и не встретить ни одного навала мусора, свалки или загрязненной территории становится фактически невозможно. Кучи мусора можно встретить и на территории жилых зон большинства городов. Об этом еще 200 лет назад писал Н.В. Гоголь в бессмертном «Ревизоре»: *«Городничий. Ах, боже мой! Я и позабыл, что возле того забора навалено на сорок телег всякого сору. Что это за скверный город! Только где-нибудь поставь какой-нибудь памятник или просто забор, черт их знает откуда и нанесут всякой дряни!»*.

Борьба с мусором, конечно, идет, чему может служить пример с полигоном ТКО «Кучино» в подмосковной Балашихе, который принимал отходы более полувека. Свалка «прославилась» летом 2017 г. во время «прямой линии» с Президентом России Владимиром Путиным. После этого ее закрыли, а на самом полигоне начались работы по рекультивации. Общая площадь свалки составляет 50 га, ежегодно она принимала до 600 тыс. т отходов. Летом 2017 г. полигон закрыли за сутки.

Но волевое закрытие свалок президентом не избавит страну от нарастающей угрозы мусорной экологической катастрофы. Проблема мусора остается нерешенной. За последние десятилетия количество отходов в России перешло такую черту, что подвергнуть их все утилизации попросту невозможно.

Лидерами по накоплению бытовых отходов являются Москва, Подмосковье, Ростовская область, Башкирия, Омская область, Алтайский край, Приморье, Свердловская область, Санкт-Петербург и Челябинская область.

При этом государственный мониторинг окружающей среды в местах размещения отходов не производится, а меры по ликвидации несанкционированных свалок и взысканию ущерба окружающей среде малоэффективны. Рекультивировать — вернуть плодородные свойства земле, где в течение многих лет располагался мусорник, — невозможно. В почве скопилось огромное количество вредных элементов. К тому же это очень дорого. Так, для рекультивации одного полигона «Кучино» потребуется от 4 до 5 млрд руб., а эта свалка не самая большая в стране. Подмосковный полигон ТКО «Тимохово» — площадь 110 га, «Игумновский» полигон под Нижним Новгородом — 70 га, челябинский полигон — 85 га. Средняя стоимость рекультивации среднего полигона (20 га) — это примерно от 600 до 800 млн руб.

Правительством РФ поставлена цель по снижению объема захоронения и увеличению уровня переработки ТКО до 40% к 2025 г. По оценкам Международной финансовой корпорации (IFC), для реализации этих планов стране потребуются масштабные инвестиции в объеме не менее 50 млрд долл., которые должны быть направлены (примерно в равных долях) на модернизацию действующих и строительство новых инфраструктурных объектов, а также развитие системы сбора и транспортировки отходов [3].

Решение проблем, связанных с непрерывным ростом количества образующихся бытовых отходов, без преувеличения, является одной из важнейших задач практически для всех регионов России.

В России доля городского населения составляет 75%, концентрация ТКО в городах России сейчас резко возросла, особенно в городах с численностью населения от 500 тыс. человек и выше. Объем ТКО все увеличивается, а территориальные возможности для их утилизации и переработки уменьшаются. Доставка отходов от мест их образования до пунктов утилизации требует все больше времени и средств.

В России главная проблема, связанная с обращением с отходами, касается переработки мусора. Чаще всего мусор оказывается просто на свалке, реже — на полигонах для захоронения. Мусоросжигательных заводов в стране очень мало, а мусороперерабатывающих практически нет.

2. Раздельный сбор мусора

Со всех сторон слышно — в России не привита культура раздельного сбора мусора. Это — один из первых и важнейших шагов к переработке отходов, без которого проблему мусора в РФ не решить. Кажется, что только мы решим задачу раздельного сбора ТКО, так сразу решится и сама проблема сбора и утилизации мусора.

Вступившими в силу 1 января 2015 г. изменениями в Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ «Об отходах производства и потребления» установлено, что раздельный сбор («снижение класса опасности отходов в источниках образования», «обработка отходов») и материальная переработка («утилизация») отходов являются более приоритетными методами решения проблемы отходов, чем их сжигание («обезвреживание») и тем более захоронение. Однако на данный момент этот подход не реализуется и основная часть отходов, как всегда, направляется на полигоны.

Специфика России — предельно малая доля раздельного сбора отходов. Из-за этого значительная часть потенциального вторсырья из мусорной массы непригодна к дальнейшей переработке. Сортировка способна решать эту проблему лишь частично. В отходах можно выделить следующие фракции, в процентах по массе:

- пищевые отходы — 20—50%;
- макулатура — 9—26%;
- полимерные материалы — 10—25%;
- стекло — 5—20%;
- металлы, черные и цветные — 2—6%.

Неорганический мусор сам по себе исчезает очень медленно. У многих на слуху, что рекордсмены в этой области — обыкновенные тонкие полиэтиленовые пакеты, которыми пользуется каждый человек. Чтобы полиэтилен полностью разложился в окружающей среде, понадобится около 200 лет. Но это еще мелочь в сравнении с алюминиевыми банками и детскими одноразовыми подгузниками, которые могут существовать до 500 лет. Для того чтобы разложился автомобильный аккумулятор, требуется 100 лет. А использованные резиновые покрышки будут существовать около 150 лет. Срок разложения стеклянных отходов максимальный — до 1000 лет.

В Минприроды России считают, что у нас можно наладить сортировку мусора быстрее, чем это было сделано в Германии и Японии, которые потратили на ее внедрение от 20 до 50 лет. Решениями многих субъектов РФ уже прописано требование раздельного сбора отходов.

При раздельном сборе ТКО оператору запрещается вывоз отсортированных ТКО и прочих в одном объеме кузова транспортного средства, а это значит, что нужны мусоровозы различного предназначения, а их нет.

Для повсеместного внедрения практики селективного сбора отходов необходима инфраструктура, начиная от установки контейнеров и организации вывоза их содержимого и заканчивая достаточным количеством предприятий для переработки вторичного сырья.

Тут есть и другие объективные сложности — в наших крошечных кухнях просто нет места, куда можно поставить три-четыре емкости для сбора разных видов отходов. К тому же в многоквартирных домах существует общий для каждого подъезда мусоропровод, а все пространство у подъезда прочно занято автомобилями жителей. Там не найти места контейнерам для раздельного сбора мусора.

Неплохо было бы задуматься и над тем, что новостройки без мусоропроводов — вне закона. 3 декабря 2016 г. подписан приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства № 883 об утверждении новой редакции свода правил «Здания жилые многоквартирные» СП 54.13330. Новый Свод правил вступил в силу с 4 июня 2017 г. Если предыдущая редакция допускала строительство многоэтажных домов без мусоропровода, то теперь такая возможность исключена: *все вновь строящиеся жилые здания высотой 5 и более этажей должны быть оснащены мусоропроводами (п. 9.30)*. А мусоропровод нельзя разделить на ячейки для разного мусора.

Нельзя забывать, что существует категория маломобильных или вовсе неподвижных граждан: лежачих больных, инвалидов-колясочников, глубоких стариков и жителей, неспособных покидать квартиру в силу различных веских обстоятельств. Они просто физически не в состоянии выносить мусор на улицу, а привлечение постороннего персо-

нала для этих целей часто недоступно таким гражданам по финансовым причинам. В рамках последних гуманитарных трендов по созданию безбарьерной среды общедомовой мусоропровод является действенным способом повысить комфорт существования маломобильных групп населения.

Таким образом, для организации раздельного сбора мусора необходимо предварительно решить массу организационных, весьма затратных технических и логистических проблем сбора, транспортировки и переработки мусора, а также внести изменения в проектные решения жилищного строительства. А это проблема многих десятилетий.

Проще всего сказать жителям многоквартирных домов: занимайтесь раздельным сбором мусора. Но прежде чем вводить такое правило, нужно создать условия для его выполнения. Иначе будет воспроизводиться одна и та же история — мусор сбрасывается в мусоропровод, дворник отвозит его на контейнерную площадку, приезжает мусоровоз, и все отходы попадают в один кузов. Вместе с бумагой, полимерной, стеклянной и металлической тарой, пищевыми отходами жители выбрасывают просроченные лекарства, ртутьсодержащие приборы, тару от ядохимикатов, автомобильные шины, аккумуляторные батареи, люминесцентные лампы, полиэтиленовые упаковки и посуду.

Этот набор ТКО водитель мусоровоза отвезет на мусорный полигон, если по пути не свалит в ближайшем леске или котловане. Был проведен опытный эксперимент с целью понять: куда отправляется мусор в Москве? Движение нескольких партий мусора отслеживалось с помощью GPS-трекеров, которые выдавали информацию на электронную карту в режиме реального времени. Итог оказался фантастическим: из 30 партий до полигонов дошли только 8! Остальные либо были выброшены «по дороге», либо непонятным образом «пропали».

Если в Европе размещение отходов на полигонах — самый дорогой способ утилизации, то у нас, наоборот, самый выгодный.

Постановлением Правительства Москвы от 22 мая 2007 г. № 391-ПП установлен Перечень вторичных материальных ресурсов, подлежащих переработке (обработке) во вторичное сырье, также обязательный для выполнения только юридически-

ми лицами и индивидуальными предпринимателями. Кодекс города Москвы об административных правонарушениях — один из немногих в России нормативно-правовых актов, устанавливающих ответственность за неосуществление раздельного сбора отходов. Однако в реальности требования по осуществлению раздельного сбора в Москве, как и в других городах, не исполняются.

Раздельный сбор отходов даже в региональных территориальных схемах лишь декларируется. Там нет ни целевых показателей, ни мероприятий по снижению образования отходов.

Решения раздельного сбора отходов в развитых странах

Потребность в раздельном сборе отходов в развитых странах сформировалась к 90-м гг. XX в. Причина — угрожающая выработка отходов из-за роста населения и его уровня потребления. Ныне в раздельном сборе мусора лидируют страны Западной Европы — Австрия, Бельгия, Германия, Нидерланды и Швейцария. С помощью этой технологии они отправляют на вторичную переработку 45—65% бытовых отходов.

Германия. Сортировка мусора происходит по нескольким категориям, а сброс отходов в один контейнер категорически запрещен. Для каждой категории должен быть свой бак. Различаются баки и контейнеры для мусора по цвету.

Коричневый контейнер предназначен для биомусора и пищевых отходов. Сюда необходимо выбрасывать не только еду, но и белые салфетки, бумажные полотенца, траву, кофе-фильтры, ногти и волосы. Выбрасывать их можно, только обернув в бумагу. Эти отходы после вторичной переработки становятся топливом либо сельскохозяйственными удобрениями.

Синий контейнер — сюда выбрасывают бумагу и картон (газеты, журналы, проспекты, оберточная бумага и т. д.).

Желтый контейнер или мешок используются для утилизации предметов с отметкой «зеленая точка»: целлофановые пакеты, алюминиевые банки, фольга, пакеты из-под молока, сока и т. д.

Черные баки — сюда выбрасывают остальные бытовые отходы, которые не содержат вредных ве-

ществ, но и не подлежат вторичному использованию, переработке. Зола, пустые зажигалки, сигаретные окурки, цветные салфетки, кухонные тряпки и т. д. должны складываться в такие баки.

Этих емкостей может быть от трех до восьми на усмотрение перевозчика.

При сортировке человек обязан учитывать множество нюансов. После утреннего кофе берлинец выбрасывает кофейную гущу в ведро для органики — условно назовем его черным. Затем бумажный фильтр — в синее ведро, предварительно очистив от остатков гущи. Пластиковую упаковку следует осмотреть на предмет зеленого знака. Если он есть — желтое ведро, если нет — серое.

Раз в полгода немцам предоставляют многостраничные брошюры с правилами сортировки и информацией, где и когда собирают мусор каждого вида ближайшие 6 месяцев. Если правила сбора кто-то из жителей не соблюдает, то следует стандартное наказание — повышение тарифа за вывоз для всего дома. Если нарушения продолжают — обслуживание дома прекращается.

Заметим, что для европейцев привычные россиянину мусоропроводы — дикость и атавизм.

Япония. Японцы не жалеют денег на сбор и утилизацию мусора. В масштабах всей страны в этих целях тратится более 13 млрд долл. В Японии проблема утилизации отходов, пожалуй, особенно актуальна потому, что там попросту нет места для их захоронения. Основные методы устранения бытовых отходов в Японии — сжигание (позволяющее сократить общий объем отходов и одновременно использовать отходящее тепло). В Токио в черте города расположен 21 мусоросжигательный завод. Один из важнейших компонентов — сортировка мусора, эта культура прививалась в Японии более 50 лет.

3. Способы утилизации мусора

С 2017 г. в России, по замыслу властей, должна была заработать новая реформа в сфере обращения мусора и создана новая отрасль промышленности — по обращению с твердыми коммунальными отходами. При этом страна продолжает обрастать мусором и приближаться к экологическому коллапсу. Разработанная реформа призвана

переломить эту ситуацию. Без строительства новой инфраструктуры тот объем отходов, который сегодня формируется, утилизировать будет просто невозможно [4].

Правда, что из нее на деле выйдет, пока не ясно. Сами разработчики новой системы признают, что ее еще предстоит серьезно дорабатывать законодательно и нормативно, а эксперты отмечают, что так и не решен главный вопрос: в каком направлении двигаться в борьбе с растущим валом мусора — то ли сжигать его, то ли перерабатывать, то ли по-прежнему закапывать. Зато уже решен денежный вопрос. У бизнеса появится новая расходная статья под названием «экологические сборы», а население в квитанциях по ЖКХ будет оплачивать отдельную строку по вывозу ТКО. За право «освоения» этих средств уже началась борьба между разными ведомствами. И это помимо того, что из бюджета и так постоянно выделяются колоссальные суммы на вывоз и утилизацию отходов, распределение и расходование которых вызывает массу вопросов в плане коррупционной составляющей и откровенного воровства.

3.1. Складирование мусора на полигонах

В нашей стране свыше 90% твердых коммунальных отходов отправляют на полигоны ТКО. Такой подход порождает массу проблем, масштаб и глубина которых будут только нарастать. Главный недостаток данной стратегии заключается в том, что полигоны и несанкционированные свалки являются серьезным источником загрязнения почвы, грунтовых вод и атмосферы токсичными химикатами, высокотоксичными тяжелыми металлами, свалочными газами, а при возгорании мусора — диоксинами, фуранами и бифенилами. При этом предельно допустимые концентрации опасных веществ могут превышать в 1000 и более раз.

17 млн россиян живут рядом с мусорными полигонами и свалками [<https://ria.ru/society/20160831/1475727398.html>].

Чаще всего в России то, что называется полигоном ТКО, — самая обыкновенная свалка, потому что настоящий полигон ТКО должен быть оборудован защитным экраном; газоотводными трубами (для сбора свалочного газа); водонепроницаемым

основанием. Это тот минимум, благодаря которому все живое в радиусе нескольких километров не будет отравлено полигоном.

Опасность решения проблемы ТКО путем вывоза на полигоны доказывается результатами многих исследований, которые демонстрируют следующее: полигон является источником загрязнения окружающей среды в радиусе 600 м, неблагоприятная экологическая обстановка в районе полигона наблюдается спустя 20—50 лет после его закрытия.

Но полигоны ТКО нельзя просто закрыть и забыть — в соответствии с нормами российского и международного экологического законодательства необходимо провести рекультивацию территории бывшего полигона. Если полигон просто закрыть, то появляется реальная угроза самовозгорания, взрывов, а значит — распространения отравы на десятки километров (высокие температуры ускоряют процессы разложения и распространения продуктов горения).

Рекультивация мусорных полигонов — целый комплекс мероприятий: исследование свалочного тела; оценка уровня воздействия полигона на окружающую среду; целый ряд геологических, гидрогеологических, геофизических и ландшафтно-геохимических работ. Рекультивация — мероприятие очень дорогое и длительное.

Недостаточно и предприятий по сортировке и переработке отходов. На всю страну функционируют порядка 40 мусоросжигательных и 243 мусороперерабатывающих завода, 53 мусоросортировочных комплекса. При этом десятки предприятий работают на потребности Москвы и области — лидирующего региона по «производству» ТКО. На каждого из 12 млн населения столицы приходится по 600 кг мусора — в 1,5 раза больше, чем в среднем по стране. При этом для переработки ежегодно образуемых твердых бытовых отходов количество таких предприятий необходимо утроить. На это требуются большие средства и время. Так, строительство современного экологически безопасного мусороперерабатывающего завода требует объема инвестиций как минимум в 65 млн долл.

Получается, что на данный момент существует единственное решение — закрытие старых полигонов и строительство новых.

3.2. Термическая переработка отходов

По сравнению с другими методами обращения с ТКО термическая переработка отходов обладает рядом существенных преимуществ. При ее использовании обеспечиваются наибольшая сравнительная глубина переработки (80—85%), минимизация вредных выбросов в атмосферу и сокращение объема захораниваемых отходов (50—90%). Также отсутствует риск загрязнения сточных вод и появляется возможность утилизировать большие объемы ТКО (в том числе смешанные отходы) на небольшой площади при любых погодных условиях [4].

Среди технологий термической переработки наиболее распространенными во всем мире являются прямое сжигание (на колосниковой решетке и в кипящем слое), пиролиз и газификация. Сжигание на движущейся колосниковой решетке (при температуре 850—1200 °С) остается самой отработанной и одновременно востребованной технологией в силу возможности утилизировать большие объемы ТКО, в том числе без их предварительной подготовки.

В настоящий момент в мире насчитывается более 1500 предприятий, использующих данную технологию (из них более 1000 расположено в странах АТР), примерно 400 предприятий в мире используют технологию сжигания в кипящем слое и около 100 — технологию газификации. Для наименьшего выброса вредных веществ разным видам отходов необходимы разные температуры горения. При отсутствии раздельного сбора подобрать их невозможно.

Как правило, наибольшая эффективность мусоросжигательных заводов (МСЗ) достигается при непрерывных объемах отходов (100 000—150 000 т/год), что несколько ограничивает использование метода. К другим недостаткам следует отнести высокие первоначальные инвестиции в строительство завода, необходимость утилизации образующихся в результате сжигания золошлаковых отходов, а также зависимость надежности работы объекта от состава и качества поступающих ТКО.

Термическая переработка — один из самых распространенных методов утилизации отходов, хотя доля сжигаемого мусора разнится в разных странах: США сжигают 13% отходов, ЕС — 27%, Китай — 30%, Япония — 80%. В мире примерно 1500 успешно функционирующих заводов по сжиганию му-

сора. Некоторые из них находятся в центре самых крупных мегаполисов: в Лондоне, Париже, Берлине, Токио.

Перед сжиганием отходы необходимо рассортировать, отобрав то, что представляет опасность, а также то, что годится для вовлечения во вторичный оборот. При горении некоторых материалов (градусников, ртутных ламп, батареек) образуются ядовитые вещества, попадающие в атмосферу. Поэтому отдельный сбор опасных отходов — одна из первоочередных мер при создании системы утилизации ТКО.

Мусоросжигание снижает объем накопления отходов в 10 раз — а это значит, что у нас меньше отходов отправляется на захоронения, меньше возникает несанкционированных свалок, уменьшается загрязнение воды и почвы. Кроме того, сжигание позволяет сразу переработать большой объем отходов, что очень удобно на больших предприятиях и в городах, т. к. жечь отходы можно по мере их поступления.

Недостаток мусоросжигания заключается в том, что при горении образуются шлак и зола. Шлак составляет около 10% по объему и 30% по массе от исходного вещества и обладает IV классом опасности (таким же, как и сами ТКО). Его можно использовать в дорожном строительстве (такие прецеденты есть в некоторых европейских странах).

Зола, оседающая на фильтрах мусоросжигающего завода, составляет порядка 3% от массы исходного вещества, обладает более высокой токсичностью (III класс опасности), и потому для нее нужны или специализированные полигоны, или особые цеха по ее обезвреживанию.

Основные загрязнители, которые выбрасывают в воздух мусоросжигательные заводы, — это оксид и диоксид азота, аммиак, оксиды металлов и бензол.

Ключевое различие между заводами заключается в используемой технологии сжигания ТКО. У каждой технологии есть свои плюсы и минусы, но наилучшей технологией принято считать сжигание на подвижной колосниковой решетке в связи с ее высокой эффективностью, безопасностью и экономической целесообразностью.

ГК «Ростех» заключила соглашение о сотрудничестве со швейцарско-японской инженеринговой компанией Hitachi Zosen Inova — мировым лидером

в области проектирования и строительства заводов по термической переработке отходов. В рамках партнерства в Московском регионе будет построено четыре новых МСЗ, что позволит существенно увеличить объем сжигания ТКО, образуемых в Москве и области, с нынешних 6%. Выход проектов на стадию реализации был запланирован на 2017 г., ввод первых мощностей — на 2019—2020 гг. Объем инвестиций в проект составит 135 млрд руб. По данным ГК «Ростех», после выхода всех заводов на полную мощность их суммарная выручка может достигнуть 104 млрд руб. в год, а налоговые поступления — 23 млрд руб.

Эти заводы будут строиться по зарубежным технологиям, включенным в справочник НДТ (Наилучшие доступные технологии) по обращению с отходами. Основанием для подобных ожиданий является тот факт, что технология Hitachi Zosen признана экологичной.

В качестве примера можно привести завод Issy-Les-Moulineaux в Париже, который был построен в 2007 г., его мощность составляет 460 000 т ТКО в год. Завод расположен прямо на берегу реки Сены и теплом, полученным от сжигания, отапливает как жилые кварталы, так и Лувр. Сжигание отходов осуществляется на подвижной колосниковой решетке, охлаждаемой воздухом. Максимальная температура в зоне горения составляет порядка 1260 °C [<https://musoroszhiganie.com/>].

Научные исследования мусоросжигательных заводов показывают, что с 2001 г., после технологического скачка в области очищения дымовых газов, заводы стали абсолютно безопасными объектами в комплексе мер по обращению с отходами. 3-ступенчатая система фильтрации позволяет очистить дымовые газы как на химическом, так и на физическом уровне. Исследования ведущих лабораторий подтверждают безопасность мусоросжигательных заводов для населения. В мусоросжигательных заводах основную часть стоимости составляют газоочистные фильтры.

В «РТ-Инвест» (профессиональный участник российского рынка инвестиций) отметили, что это и исключительно экологичный способ: «Для сравнения: один завод по термической переработке отходов мощностью 700 тыс. т в год выделяет за весь период эксплуатации не более 1 г выбросов

диоксинов, в то время как один пожар на полигоне, на котором размещено столько же отходов, — 300—600 г. Да, против сжигания мусора существует много мнений экологического и экономического характера». При действующей системе тарифов, действительно, проще и выгодней вывозить мусор на свалки. Например, в США утилизировать ТБО на полигоне стоит 1000 долл. за тонну. В России цена этой услуги в пределах 500—1000 руб. То есть государство осознанно поддерживает компании, обслуживающие полигоны.

Загруженность полигонов в России сегодня на уровне 70—90%. Это беда не только с экологической точки зрения, но и с экономической. Хотя еще в 2011 г. бывший министр Минприроды Юрий Трутнев утверждал, что закапывание отходов — самый экономически выгодный способ их утилизации [https://www.dp.ru/a/2011/12/25/V_Rossii_sooruzhenie_polig/]. Предпосылка такого подхода проста: земли в стране много, зачем строить дорогие заводы по переработке или сжиганию, значительно проще и дешевле отвезти мусор на свалку.

Гринпис утверждает, что сжигание мусора наносит вред окружающей среде и здоровью граждан и постоянно горящие свалки пример тому.

На данный момент существует большое количество научных исследований, подтверждающих безопасность мусоросжигательных заводов для населения. В 2015 г. в журнале *Waste Management* вышло исследование, подтверждающее, что мусоросжигательные заводы выбрасывают в воздух только 0,09% (3,4 г в год) диоксинов от общего количества в воздухе. Наиболее опасными оказались полигоны и свалки, выделяющие в атмосферу 1300 г диоксинов в год [<https://musoroszhiganie.com/>].

В 2015 г. журнал *Atmospheric Environment* опубликовал исследование, в котором было проанализировано 6 заводов по сжиганию отходов в Великобритании. Исследование показало, что наличие заводов по термической переработке отходов не приводит к повышению концентраций взвешенных частиц тяжелых металлов в радиусе 10 км.

Еще в 80-е гг. XX в. экологическая ситуация в Швейцарии была катастрофической — все реки и озера загрязнены фосфатами и нитратами, зем-

ля — тяжелыми металлами, биоразнообразие стремительно уменьшалось, а растущее общество потребления производило огромное количество мусора. Тогда-то и встал вопрос выработки новой экологической политики, которую стали с педантизмом воплощать. На это ушло два десятилетия, но результат превзошел все ожидания. Из любого озера и, естественно, из-под крана можно без опасений пить воду. Сегодня в Швейцарии расположено 30 мусоросжигательных заводов, более 700 объектов очистных сооружений, 180 полигонов, распределенных по всей Швейцарии, 8 заводов, на которых сжигаются и перерабатываются иным способом особо опасные отходы.

Всего в Берне на 120 тыс. жителей приходится 20 мусоровозов, принадлежащих Отделу по устранению и переработке отходов, причем сотрудники этого отдела и ездят за рулем мусоровозов, и работают на мусоросжигательном заводе, расположенном в жилом квартале города. Каждый мусоровоз снабжен яркой наклейкой, обозначающей целевое назначение машины — для определенного вида отходов. Швейцарские специалисты утверждают, что на их мусоросжигательных заводах жгут несортированный мусор и вредных выбросов от этого больше не становится.

Многие представители различных природоохранных организаций скептически относятся к «экологичности» проекта: без обеспечения раздельного сбора мусора во всем городе будет сжигаться все подряд, в том числе опасные отходы — пластиковая упаковка, батарейки, и выбросы такого завода будут не менее токсичны, чем традиционных. Не строить мусоросжигательные заводы, пока не будет раздельного сбора мусора, можно. Но чтобы наладить раздельный сбор мусора и создать необходимую инфраструктуру, потребуются десятилетия. Наступил момент, когда от дискуссий нужно переходить к конкретным решениям.

Процессы естественного обезвреживания отходов до малотоксичных величин на свалках протекают за период до 100 лет и более. Темпы образования отходов опережают процессы естественного обезвреживания. В связи с этим требуется непрерывное выделение новых площадей для складирования отходов, что ведет к загрязнению окружающей природной среды и отчуждению огромных территорий.

Это приводит к тому, что экологически чистое пространство стремительно сокращается.

В Московской области из 600 рассмотренных участков сейчас реально под устройство новых мест размещения отходов подходят шесть-семь. При этом, если даже начинать работать сейчас, они все равно не перекрывают расчетный дефицит того, что есть. То, что сейчас идет на полигоны, идет с превышением проектной мощности. Поэтому если новые проекты запустить в течение ближайших года-двух, они перекроют примерно от 1 до 1,5 млн т отходов в год. Этого тоже будет недостаточно уже через несколько лет с учетом закрытия уже отживших мест размещения мусора [2].

На сегодняшний день Минприроды России не видит в переработке полноценную альтернативу мусоросжигательным заводам. В интервью «Российской газете» (03.07.2017) глава ведомства Сергей Донской заявил, что проблема заключается даже не в том, что россияне не готовы к раздельному сбору мусора, а в нехватке предприятий, готовых перерабатывать сортированные отходы.

Самим же предприятиям, по словам министра, не хватает отходов, чтобы рассчитать экономику, спланировать работу и иметь гарантии того, что предприятие будет загружено и сможет получать прибыль. Поэтому строительство уже запланированных мусоросжигательных заводов неизбежно. На смену приоритетов в борьбе с мусором можно рассчитывать после 2025 г. К этому времени должен быть завершен переход на новую систему обращения с отходами, введен запрет на захоронение перерабатываемого мусора и налажена работа территориальных схем во всех регионах России.

4. Рекультивация объектов размещения мусора

Что делать с закрытой свалкой, с накопленными здесь отходами? Просто закрыть ворота и прекратить хозяйственную деятельность полигона несложно (пример с полигоном «Кучино»). Однако объект может представлять даже большую опасность после прекращения хозяйственной деятельности. Насыпать два метра грунта и считать свалку рекультивированной нельзя.

Рекультивация свалки — это совокупность методов и средств по экологическому и эконо-

мическому восстановлению полигона ТКО после завершения его деятельности. Так как полигон твердого мусора концентрирует внушительные объемы загрязняющих компонентов, он всегда представляет собой серьезную опасность, являясь объектом потенциального загрязнения. В соответствии с *«Инструкцией по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов»* (Москва, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, 1998 г.) под рекультивацией закрытых полигонов понимается комплекс работ, направленный на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности восстанавливаемых территорий, а также улучшение окружающей среды.

Компания ЗАО «Спецгеология», подготовившая проект рекультивации полигона «Кучино», считает, что обезвреживание продлится около 20 лет, после чего этот участок земли можно будет отдать в безопасное пользование. Будет построена система сбора фильтрата, для сбора свалочного газа пробурят скважины глубиной 25 м, которые будут соединены газопроводами, весь газ будет сжигаться в специальном факеле высотой 11,5 м.

Предложено полигон использовать для горных спусков, экстрим-парков. Можно построить сооружения, где люди смогут заниматься различными видами спорта.

Есть еще один аспект закрытия крупного подмосковного полигона, который порождает глобальную проблему масштаба страны. Куда девать мусор, который должен будет на эту свалку поступить? 800 грузовиков в сутки, а всего в год до 600 тыс. т мусора — куда это девать, если мусороперерабатывающие/мусоросжигательные заводы в Подмосковье еще не построены? Еще три полигона будут закрыты в Подмосковье до конца года, и остается 14 полигонов, которые имеют возможность принимать отходы. С 2013 г. в регионе было закрыто 24 полигона, оставшиеся 15 эксплуатируются по 40—50 лет, это объекты «старого формата». Семь из них уже включены в планы по модернизации и продлению сроков работы.

Город вынужден искать места для мусора. Предложено в Новой Москве построить крупнейший в регионе мусорный полигон мощностью до 1 млн т в год. В сентябре 2017 г. проект строительства

полигона получил одобрение Главгосэкспертизы. Финансирование работ на полигоне может составить 3,4 млрд руб.

Кроме того, расходы мусороперевозящих компаний возрастают, поэтому велик риск того, что эти отходы окажутся в карьерах, оврагах и в лесу. К сожалению, такие примеры есть.

Вообще-то нашим чиновникам невыгодно, чтобы уменьшалось количество мусора. Ситуация не изменится, пока отходами занимаются 5—7 ведомств: у каждого из них свои интересы. Когда сваливание мусора в кучу уже приносит высокие доходы, что-то менять очень трудно. Сокращение, снижение опасности и переработка отходов — приоритет государственной политики.

Ежегодно из Москвы на полигоны Подмоскovie вывозится 11 млн т мусора, а по документам свалки способны принять только 3 млн. Получается, что 8 млн т вывозят вчерную, за наличные, расплачиваясь с «мусорными королями», подобными тем, что владеют балашихинским полигоном [<http://ekogradmoscow.ru/eko/eko-disput/okuchit-vsjo-tragikomediya-musornyx-polozhenij>].

Активисты Народного фронта проводили рейды на место, где располагается полигон ТКО «Кучино». Изучая документы по данному объекту, они пришли к выводу, что этот полигон является абсолютно незаконным. Он уже давно вышел за предписанные границы, выработал свой объем, однако продолжал приносить владельцам огромные прибыли, которые потом уходили в офшоры. Цена за прием мусора на крупных свалках доходит до 900 руб. за тонну. Когда приходит время закрывать полигон и проводить рекультивацию, директор эксплуатирующей организации может попросту взять чемодан денег и исчезнуть в неизвестном направлении, как это произошло в случае с другим подмосковным полигоном — «Левобережный».

А сколько их, этих отходов, необходимо из-за их опасности утилизировать на специальных полигонах, которых на территории Подмоскovie нет! Всю эту гадость, содержащую цинк, ртуть, аммиак, свинец и фенол, которые в десятки раз превышают допустимые нормы, везут на обычные свалки. И жильцы построенных рядом со свалкой домов вдыхают ежедневно эти яды, а результат — хронические заболевания у детей и взрослых.

Даже часто по бумагам уже рекультивированные полигоны ТКО могут представлять значительную опасность. Специалисты говорят, что после рекультивации за полигоном еще лет 20—25 необходимо следить. Притом первые два года следить надо особенно пристально. Разложение отходов не прекращается, полигон может проседать в разных местах, изолирующие материалы могут прорваться. Необходимо также вести мониторинг грунтовых вод и почв, отслеживать состояние окружающей среды.

В Крыму, в Ялте, закрытый в 2015 г. полигон ТКО угрожает «сползти» на курортный поселок Гаспра. Свалка, на которой хранится до 9 млн м³ твердых бытовых отходов, расположена в потенциальной оползневой зоне. Под воздействием осадков, а также просачивавшегося в почву фильтрата, ее откосы потеряли стабильность. Работы по рекультивации увеличили нагрузку на тело полигона, создав опасность оползня. Поводом для мусорного оползня может послужить даже небольшое землетрясение. При сильном увлажнении почвы толчок мощностью в 5—6 баллов может обрушить склон полигона и в зоне поражения могут оказаться: трасса Ялта — Севастополь, жилой массив первых домов поселка Гаспра и даже морское побережье, до которого от свалки — около 1,5 км [<http://territoryengineering.ru/vyzov/opolzen-iz-musora-navis-nad-yaltinskim-kurortom-gaspra/>].

На рекультивированном полигоне ТКО «Саларьево», расположенном в Ленинском районе Московской области, в 3 км к юго-западу от Москвы, 1 июля 2006 г. произошел оползень. Около 600 тыс. т отходов съехало на 20 м вниз по уклону. Фронтальная часть оползня разрушила дренажную систему, завалила подъездную дорогу и прорвала железобетонный забор. Несколько дней до этого шли сильные дожди, и слишком крутые склоны земли и мусора поползли. Всему виной — неграмотно выполненные работы по рекультивации. Фирма, выигравшая тендер, предложила рекордно низкую по сравнению с конкурентами стоимость работ.

Экономия на качестве материалов и неработающая система отвода осадков и спровоцировали оползень [http://www.waste.ru/modules/section/item.php?com_mode=nest&com_order=0&itemid=206].

5. Ликвидация накопленного экологического ущерба

Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 254-ФЗ (в редакции от 28 декабря 2016 г. № 486-ФЗ) Федеральный закон «Об охране окружающей среды» дополнен главой XIV.1. *Ликвидация накопленного вреда окружающей среде*, вступившее в силу с 1 января 2017 г.

В новой редакции статьи 1 ФЗ «Об охране окружающей среды» также определены понятия «накопленный вред окружающей среде» и «объекты накопленного вреда окружающей среде»:

- *накопленный вред окружающей среде* — вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме;
- *объекты накопленного вреда окружающей среде* — территории и акватории, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, объекты капитального строительства и объекты размещения отходов, являющиеся источником накопленного вреда окружающей среде.

В главе XIV.1. *Ликвидация накопленного вреда окружающей среде* отмечается, что ликвидация накопленного вреда окружающей среде осуществляется на объектах накопленного вреда окружающей среде, включенных в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде.

Но только в 2017 г. Минприроды России должно было начать формировать реестр объектов накопленного вреда без уточнения времени его создания. Об этом сообщил министр природных ресурсов и экологии РФ Сергей Донской, выступая на «правительственном часе» в Госдуме РФ 21 июня 2017 г. [https://vk.com/wall-13759977_1369].

«Правительством РФ еще не разработан и не утвержден порядок организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде. Также в нашей стране мало проектных организаций, профессионально занимающихся рекультивацией земель. Но при этом с 2018 года финансироваться будут только те объекты, которые включены в госреестр».

Первые попытки инвентаризации таких объектов в 2012 г. выявили 77 объектов прошлого экологического ущерба, в 2013 г. их насчитали уже 340. В то же время, по данным Росприроднадзора, на территории Российской Федерации находят-

ся порядка 743 объектов экологического ущерба. Из указанного количества объектов 55,6% составляют свалки ТБО, образовавшиеся в результате прошлой хозяйственной деятельности [2]. На заседании круглого стола в Госдуме ФС РФ в 2017 г. представитель Минприроды России, заместитель директора департамента Ольга Тагилова сообщила свежие данные — 1412 объектов.

Однако их гораздо больше, потому что практически все полигоны ТКО и несанкционированные свалки можно отнести к объектам накопленного за истекшие десятилетия экологического ущерба, который очень трудно ликвидировать.

В ходе анализа правового регулирования отношений в области ликвидации экологического вреда, связанного с прошлой экономической деятельностью, установлено, что вопросы ликвидации прошлого экологического вреда как в правовом, так и в организационном отношении до настоящего времени не урегулированы.

Финансирование ФЦП «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2015—2026 гг. поставлено в лист ожидания. На эту программу бюджетные ассигнования пока не предусмотрены.

6. Состояние нормативно-правовой базы в сфере обращения с отходами

Федеральный закон от 29.12.2015 № 404-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [5] внес несколько важнейших изменений, основными из которых стали:

- передача полномочий по организации обращения с ТКО на уровень субъектов Российской Федерации;
- введение института региональных операторов;
- запрет захоронения отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации;
- включение платы за обращение с ТКО в структуру платы за коммунальные услуги;
- введение мер экономического стимулирования для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Для своевременного вступления в силу новых положений закона на федеральном уровне

необходимо принять еще порядка 30 нормативно-правовых актов. Но эта работа началась с большим опозданием.

Проблемой стала и следующая законодательная коллизия. В соответствии с пунктом 7 статьи 12 Федерального закона от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» запрещается размещение отходов на объектах, не внесенных в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО). При этом включение действующих объектов размещения отходов в ГРОРО в большинстве случаев практически невозможно, так как такие объекты (представляющие собой свалки) образовывались в 60—90-е гг. прошлого века зачастую без проектной документации и выделения земель, лишь на основе согласований и разрешений природоохранных органов и органов санитарного надзора.

Действующее законодательство в области обращения с отходами имеет ряд пробелов и противоречий, снижающих эффективность государственного регулирования по предотвращению негативного воздействия отходов производства и потребления на окружающую среду и здоровье человека, и создает поле для неоднозначной трактовки действующих норм.

В целом законодательная база в области охраны окружающей среды не только не отвечает современному уровню развития экономики, но и нередко тормозит его, так как ориентирована на решение узконаправленных задач охраны окружающей среды, природопользования и экологической безопасности. При этом экономические рыночные регуляторы в ней практически отсутствуют или носят декларативный характер.

Разработанные в субъектах Российской Федерации территориальные схемы обращения с отходами (ТСО) выполнены с нарушением Закона «Об отходах», поскольку предусматривают неуклонный рост объемов образования отходов, что противоречит указанным выше приоритетам государственной политики. Территориальные органы Росприроднадзора России обязаны согласовывать поступившие ТСО, даже если они разработаны с нарушениями, не учитывают приоритетов государственной политики в сфере обращения с отходами и не имеют целевых показателей и мероприятий по снижению образования отходов.

Заключение

В России растет гора экологических проблем. «Мусорная» проблема — одна из наиболее сложных в нашей стране.

Хозяйственная деятельность страны и жизнедеятельность населения без отходов немислима, но система переработки и обезвреживания ТКО в Российской Федерации практически отсутствует. На полигонах и свалках, в отвалах и хранилищах накопилось свыше 30 млрд т отходов.

В последние 15 лет роль государства в организации сбора и переработки отходов резко снизилась. Эти вопросы, по существу, выпали из сферы централизованного государственного управления.

Территорий, подходящих для захоронения отходов вокруг крупных городов, становится все меньше и меньше. Существующие полигоны, построенные десятки лет назад, заполнены практически полностью. Многим крупным городам, мегаполисам и агломерационным системам поселений грозит «мусорный коллапс» с прогнозируемым социальным взрывом. Экологическая и санитарно-эпидемическая опасность бытовых отходов при их размещении на полигонах и свалках постоянно служат поводом для протестных настроений населения прилегающих территорий.

Сложившаяся в Российской Федерации ситуация в области образования, использования, обезвреживания, хранения и захоронения бытовых отходов приводит к опасному загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов, значительному экономическому ущербу и представляет реальную угрозу здоровью современного и будущих поколений страны.

В стране ежегодно проводятся многочисленные конференции ученых и хозяйственников, совещания на высоких уровнях по проблемам мусора, но его как везли на свалки, так и везут. Как тут не вспомнить слова поэта Роберта Рождественского из «Поэмы о разных точках зрения»: «На планете вместо светочей ума встанут Эвересты нашего дерьма!».

Существующая в России система управления отходами спровоцировала появление ситуации, когда подавляющая часть мусора размещается на несанкционированных и нелегальных полигонах и свалках, без какой-либо переработки и обезвреживания. Россия рискует превратиться в одну огромную

свалку отходов. Контроль за свалками практически отсутствует, не разработаны принципы и условия, препятствующие их образованию.

Наши свалки — это не только мины замедленного действия: они уже воздействуют на ныне живущих и в еще большей степени будут воздействовать на будущие поколения.

Литература

1. Анализ проблем и оценка состояния сферы управления отходами производства и потребления в Российской Федерации. Материалы Коллегии Счетной палаты РФ от 11 февраля 2014 г. <http://seppreb.ru/node/144>
2. Аналитический вестник №23 (622) Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации «О реализации Федерального закона «Об отходах производства и потребления». <http://www.council.gov.ru/media/files/ZSZIXRP7HuwVYAG43erD8oPMQsvn2qx2.pdf>
3. Отчет Международной финансовой корпорации (IFC, Группа Всемирного банка) «Отходы в России: мусор или ценный ресурс? Сценарии развития сектора обращения с твердыми коммунальными отходами».
4. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России. Минприроды РФ. Москва, 2012. http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad_po_tbo.pdf
5. Федеральный закон от 29.12.2015 №404-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Сведения об авторе

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

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

Тел.: +7 (495) 413-84-50

E-mail: filat1937@yandex.ru

УДК 550.42+574.23 (571.52)

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Негативные экологические последствия разработки месторождений полезных ископаемых в России в прошлом веке: проблемы бывшего ГОК «Тувакобальт»

В. И. Забелин,Тувинский институт
комплексного освоения
природных ресурсов СО РАН,
г. Кызыл

Аннотация

В статье рассматриваются основные факторы вредного воздействия на окружающую среду и проблемы экологической безопасности бывшего горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» по материалам геоэкологических исследований Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН 1962—2017 гг. Приводятся результаты анализов мышьяк содержащих кобальтовых руд, хвостов их гидрометаллургического передела, почв, вод и растений; подчеркивается опасность, исходящая от огромных объемов накопленных отходов с высокой концентрацией мышьяка, в т. ч. в растворимой токсичной форме. Отходы в настоящее время подвергаются ветровой и водной эрозии и при возможном массовом сбросе в бассейн Верхнего Енисея несут в себе угрозу широкомасштабного загрязнения природной среды. Решить проблему экологического риска территории бывшего ГОКа возможно лишь путем создания нового технологически совершенного горно-обогатительного предприятия с целью утилизации мышьяк содержащих отходов и разработки оставшихся в недрах запасов кобальтовых руд.

Ключевые слова: мышьяк, кобальт, отходы, угрозы, загрязнение, новое предприятие.

Содержание

Введение

1. Краткая характеристика объекта исследования
2. Геолого-геохимические особенности месторождения
3. Технология переработки руд и хранения отходов
4. Факторы экологической опасности

Заключение

Рекомендации

Литература

Введение

Разработка месторождений полезных ископаемых, как и любая промышленная технология, становится опасной, когда ее вредное воздействие на окружающую среду превышает установленные нормой пределы. Особенно это актуально для прекративших свое существование предприятий, где отходы переработки сырья помещались в различного рода накопители без соблюдения экологических требований и без учета долговременности их токсичного воздействия на окружающую обстановку. Таковыми техногенными системами являются хвостохранилища многих горно-обогатительных комбинатов, работавших в России в прошлом веке на территории от Урала до Дальнего Востока. Среди них ряд предприятий Кемеровской области, Тувы и Красноярского края, в том числе и действующих, экологическая обстановка которых привлекла в последнее время пристальное внимание не только широких кругов общественности, но и высоких государственных деятелей.

В Туве при разработке арсенидно-кобальтового месторождения Хову-Аксы важнейшей экологической и производственной проблемой являлась трудность связывания и захоронения соединений мышьяка в отходах гидрометаллургического передела руд при функционировании ГОКа «Тувакобальт» в 1970—1991 гг. и невыполнение комплекса ликвидационных мероприятий для безопасного долговременного хранения отходов после закрытия предприятия. В результате обширным техногенным загрязнением окружающей среды и увеличением со временем его масштабов создается серьезный экологический риск для здоровья проживающего здесь населения, домашнего скота и биоты в целом. Подобные проблемы при прогнозировании экологических рисков от действия мышьяка, тяжелых металлов и других загрязнителей в разных регионах России в силу их актуальности являлись предметом детального рассмотрения рядом исследователей [1—4, 13].

1. Краткая характеристика объекта исследования

Горно-обогатительный комбинат «Тувакобальт», производивший в 1970—1991 гг. высококачественный медно-никель-кобальтовый концентрат, расположен в административном центре Чеди-Хольского кожууна Республики Тыва — пос. Хову-Аксы,

который связан со столицей республики г. Кызылом автомобильной дорогой протяженностью 112 км, а с ближайшей железнодорожной станцией Абакан (Республика Хакасия) через хребты Западного Саяна — 387 км.

Минерально-сырьевой базой комбината «Тувакобальт» являлось Хову-Аксынское месторождение богатых жильных кобальт-медно-никель-серебряных арсенидных руд, расположенное на южном и северном склонах горного массива Кара-Хая. Южный склон массива остепнен, и здесь на абсолютных высотах 1100—1200 м находится Южный рудный участок. В 4 км к северо-востоку от него на затаяженном склоне на высотах 1250—1350 м располагается Северный рудный участок; в целом рудное поле месторождения протягивается на 8 км. Южной его границей является сухой лог Хову-Аксы, он имеет субмеридиональное направление и впадает слева в р. Элегест на высоте 975 м. Здесь в устье лога в 3 км от месторождения находится пос. Сайлыг, а ниже по реке за небольшим перевалом выстроен рабочий поселок ГОКа Хову-Аксы, являющийся в настоящее время центром Чеди-Хольского района. После остановки комбината экономику района стал определять аграрный сектор с ведущей ролью животноводства. Население обоих поселков, составлявшее ранее свыше 10 тыс. чел., уменьшилось более чем наполовину и в настоящее время занято в личных подсобных хозяйствах (огородничество, мясо-молочное скотоводство) и в сфере обслуживания инфраструктуры районного центра. Промплощадка ГОКа расположена на левом борту лога Хову-Аксы, в 2,5 км от рабочего поселка, вблизи Южного рудного участка. В контурах горного и земельного отводов комбината здесь было построено и эксплуатировалось в течение 20 лет около сотни зданий и сооружений, в которых размещалось управление комбината, химико-аналитическая лаборатория, горный цех, гидрометаллургический цех с хранилищами отходов, энергоцех со службами тепло- и водоснабжения. После остановки работы ГОКа в 1991 г. и неоднократных попыток частичного использования его цехов предприятие в течение нескольких лет было полностью выведено из строя путем демонтажа оборудования, разрушения зданий, сооружений и всей ранее созданной инфраструктуры.

2. Геолого-геохимические особенности месторождения

Месторождение Хову-Аксы было открыто в 1947 г. геолого-съемочной партией Тувинской экспедиции ВСЕГЕИ. Детальная разведка на южном фланге рудного поля была начата весной 1949 г., а в целом по месторождению была завершена к 1953 г. Разведкой была установлена большая практическая значимость рудного объекта и обосновано строительство горно-обогатительного комбината. В процессе разведки был детально изучен вещественный состав руд и установлено, что самый ценный компонент месторождения — кобальт, а также сопутствующие ему никель, медь, висмут, серебро и др. содержатся преимущественно в арсенидах и частично — в минералах сульфидно-сульфосольной стадии, заключенных в карбонатные жилы или карбонатно-метасоматические породы. Химический состав руды характеризовался в среднем следующими концентрациями компонентов: кобальт 1,99%, никель 2,49%, медь — 0,61%, висмут — 0,09%, сера — 1,2%, серебро — 51 г/т, золото 1,5—27,3 г/т, железо 7—9% и марганец до 0,05%. Но особенно велико было содержание мышьяка, составлявшее в среднем 12,5% (в минералах от 15 до 71%). Во всех типах руд концентрация мышьяка была в 6—8 раз выше, нежели кобальта, и в 2—3 раза выше суммы других металлов. Другой особенностью арсенидных руд являлось то, что, будучи извлеченными из недр, под влиянием атмосферных факторов за несколько лет они почти полностью окисляются и переходят в растворимые в воде арсенаты, гидроокисные образования и ряд минералов трехвалентного мышьяка — арсенолит и арсениды [9].

Зона окисления руд на месторождении распространяется на глубину 40—70 м и служит естественным объектом формирования ореолов рассеяния рудных элементов в рыхлых подпочвенных отложениях, в почвах, растениях, а также принимает участие в образовании потоков рассеяния элементов в подземных водах, поверхностных водотоках и их донных отложениях. В рыхлых отложениях комплексные литохимические ореолы рассеяния вокруг рудных участков развиваются на удалении до 100—300 м, вокруг отдельных рудных тел — на 20—70 м. Опыты по водному выщелачиванию почв Южного рудного участка с содержанием мышьяка 0,01—0,045% показали, что его значительная часть способна перейти в раствор [12] и подвергаться миграции.

Растительность над рудными телами также насыщается большинством химических элементов руд, при этом их повышенные содержания обнаруживаются в березовом соке; у лиственницы *Larix sibirica* и березы *Betula microphylla* наблюдается двух-четырёхкратное развитие шишек и семенных сережек за летний сезон, а у караган *Caragana pygmaea* и *C. bungei* — появление линзообразных и бочонкообразных вздутых паренхимной ткани. Развивается и ряд характерных растений, в частности бурачок обратнойцевидный *Alyssum obovatum*, ассоциации таволги *Spiraea* и кизильника *Cotoneaster* [7].

Для талых и дождевых проточных вод, дренирующих зону окисления месторождения, характерно повышенное содержание большинства рудных элементов и мышьяка, концентрация которого составляла от 0,01—0,04 до 0,06—0,7 мг/л и в половине проб превышала ПДК (0,05 мг/л) до 14 раз. Значительно большие концентрации растворимого мышьяка были обнаружены в проточных штольневых водах — до 11,5 мг/л (230 ПДК), а максимальные — в застойных рудничных водах — до 25 мг/л (500 ПДК).

Таким образом, в условиях ненарушенной природной среды зона окисления выходящих на поверхность рудных жил и развивающиеся вокруг нее ореолы и потоки характеризуются относительно невысокими концентрациями элементов типоморфного комплекса медно-никель-кобальтового оруденения, и лишь в некоторых случаях в короткие периоды времени (две-три недели) талые воды и воды временных дождевых потоков могут содержать до 10 и более ПДК мышьяка, что может представить определенную опасность для человека и животных. Вместе с тем, по словам местных чабанов, пастьба скота в долинах стекающих с площади месторождения ручьев сказывалась весьма благоприятно на состоянии домашних животных, поскольку способствовала их быстрому очищению от подкожных паразитов [6].

3. Технология переработки руд и хранения отходов

Добыча и переработка руд месторождения Хову-Аксы началась горно-обогатительным комбинатом «Тувакобальт» в 1970 г. Проектная мощность предприятия составляла 70 тыс. т руды в год с содержанием кобальта 1,19% и предполагаемым извлечением кобальта 79%, никеля — 85%, меди — 56%. Разработка рудных жил осуществлялась штольневыми горизон-

тами на двух основных участках месторождения — Южном и Северном. Добытая руда доставлялась автотранспортом на дробление, а затем шла на переработку аммиачно-автоклавным способом в гидрометаллургический цех на основе технологии, разработанной НИИ «Гипроникель». По предложенной технологической схеме перевод в раствор ценных компонентов (Co, Ni, Cu) осуществлялся в автоклавах раствором карбоната и гидрата аммония, затем полученный раствор воздействием каустического магнезита и осаждением малорастворимого арсенатно-магнезимального осадка очищался от мышьяка до уровня не выше 0,05 г/л [3]. Конечный продукт ГОКа «Тувакобальт» — коллективный кобальтовый концентрат с содержанием 8—14% кобальта, 8—20% никеля, 3—12% меди, не более 2,5% мышьяка в специальных контейнерах доставлялся автомобильным и железнодорожным транспортом на Уфалейский никелевый завод, где производился окончательный металлургический передел концентрата.

Отходы передела руд, состоящие из смеси твердых остатков рудовмещающих пород и арсенатно-магнезимальных осадков с водой, по пульпопроводу перекачивались в виде шлама в хранилища прудового типа (карты), которых рядом с промплощадкой было сооружено пять. Шестая карта отходами ГОКа не заполнялась, но после закрытия комбината в нее было сброшено 356 т шламовых отходов РЭП «Тардан» с концентрацией цианистого натрия 3,4 г/л. Кроме того, в первые годы работы ГОКа отходы вывозились на специально оборудованных самосвалах на удаленную площадку, где сваливались в траншеи. Траншеи располагаются в левом борту сухого лога Хову-Аксы в 3 км от промплощадки на высоте 1100 м, а карты — также в левом борту на высоте 1050 м в 0,5—0,8 км от гидрометаллургического цеха, т.е. и те и другие находятся с превышением над уровнем р. Элегест на 125—75 м. Все траншеи (кроме двух) засыпаны с поверхности грунтом. Поверхности карт № 1 и 2 вскоре после заполнения также были рекультивированы засыпкой слоем грунта и почвы мощностью около 0,5 м, остальные три карты оставались открытыми и подвергались воздействию солнца, талых и ливневых вод и ветровой эрозии, которая с особой силой в виде пыльных бурь проявлялась в весеннее время. В первые 10—12 лет после закрытия предприятия весной и в начале лета в углублениях на поверхности открытых хвостохранилищ стояла вода слоем 0,5—2,5 м,

ее уровень за счет испарения постепенно понижался вплоть до полного высыхания, но при выпадении осадков повышался вновь. Летом 2003 г. выпало необычно много осадков и это привело к их интенсивному просачиванию через шлам с образованием русел водотоков и воронок на поверхности хранилищ. Отходы гидрометаллургического передела, содержащие в среднем Co — 0,14%, Ni — 0,17%, Cu — 0,17%, As — 3,4%, Ag — 34 г/т, выводились из технологической схемы и, составляя сопоставимую с добытой рудой массу, складировались в отвальных прудах — картах захоронения. Карты представляют собой прямоугольные емкости размером около 250—350 × 110—165 м глубиной 11—16,5 м, обвалованные дамбами из вынутых грунтов. Дно и борта емкостей защищены противифильтрационным экраном из полиэтиленовой пленки толщиной 0,5 мм, уложенной на подстилающий слой песка толщиной 20 см и защищенной сверху песчаным слоем толщиной 40 см.

Шламовые продукты поступали в хранилища в виде тонкозернистого порошка желтовато-серого цвета. Они характеризовались высокой дисперсностью и на 92—95% состояли из фракции крупностью более 0,01 мм. Основная масса сохранившихся в них минералов кобальта, никеля, меди и других металлов, а также мышьяка была локализована в электромагнитной и тяжелой фракциях, составляющих около 7% массы лежалых шламов. Среди нерудных минералов резко преобладали карбонаты. Состав шламов преимущественно карбонатно-силикатный с массовым содержанием (в пересчете на оксиды): SiO_2 ~ 29—36%, CaO ~ 25—30%, Al_2O_3 ~ 5—11%, MgO ~ 2,8—4,2%, Fe_2O_3 ~ 11,5—13,6%, As_2O_3 ~ 5,22—11,29%, K_2O ~ 2,9—3,8%, SO_3 ~ 1,1—3%, TiO_2 ~ 0,7—0,9%, Na_2O ~ 0,3—1,0%. Мышьяк поступал в хранилища преимущественно в виде малорастворимых соединений — $\text{Mg}(\text{NH}_4)_2\text{AsO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и в форме арсенидов металлов, не разложившихся в процессе автоклавного выщелачивания. Концентрация мышьяка в шламах составляет от 2,2 до 10,06%, и ее колебания отражают качество добываемых в то время руд в зависимости от мощности жил, полноты извлечения, переработки и других технологических факторов, а также происходящих в массе лежалого шлама процессов диагенеза, при которых происходит перераспределение элементов по разрезу и их миграция с изменением формы нахождения. Особо значимым становится тот факт, что в шламах

восьмиводный арсенат магния $Mg_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$, связывавший в технологической схеме мышьяк, в настоящее время содержится в крайне малых количествах [10]. За время хранения под воздействием процессов окисления и растворения он разложился с образованием легкорастворимых арсенатов Co, Ni, Cu и Ca, которые в виде высокотоксичных соединений вымываются за пределы хранилищ водными потоками, а при высыхании поверхности карт разносятся ветром [3].

В шламовых отходах, накопленных в хвостохранилищах, содержатся значительные ресурсы ценных компонентов в промышленных концентрациях: кобальта, никеля, меди, висмута, серебра и золота. По результатам отбора в 1992—1993 гг. 322 проб, характеризующих качество отходов карт 1—3 на полную глубину, ресурсы ($C_2 + P_1$) ценных компонентов в них составляют: Co — 1708 т (при среднем содержании 0,122%), Ni — 1712 т (0,125%), Cu — 1746 т (0,116%), Bi — 231 т (160 г/т), Ag — 82,5 т (52,9 г/т), Au — 59 кг (0,038 г/т), As — 43,8 тыс. т (2,973%). В четвертой карте захоронения, заполнявшейся в 1987—1988 гг., по 97 пробам определены следующие средние содержания компонентов: Co — 0,07%, Ni — 0,08%, Cu — 0,07%, Bi — 0,022%, Ag — 7,5 г/т, Au — 0,017 г/т. Содержание мышьяка здесь составило 3,54%, а запасы — 22,9 тыс. т. Несколько меньшими ресурсами мышьяка обладает карта 5.

В целом отходы гидрометаллургического передела бывшего ГОКа «Тувакобальт» накоплены в объеме около 2 млн куб. м лежалого шлама с промышленными концентрациями и запасами кобальта, никеля и меди (по 2 тыс. т), серебра (около 100 т) и не менее чем 100 тыс. т мышьяка при среднем содержании 3,3%, представляющих собой техногенное месторождение промышленного значения. Не менее 500 т мышьяка содержится в породных отвалах, оставшихся от штольневой разработки обоих рудных участков. Объем отвалов измеряется цифрой порядка 3 млн куб. м, но среднее содержание в них мышьяка низкое и вряд ли превысит 0,01%.

4. Факторы экологической опасности

Переход мышьяка из отходов в токсичные водные растворы фиксировался и в период работы ГОКа [14]. В 1989—1991 гг. в заполненных шламом картах 3 и 4 стояла вода, накопившаяся за счет таяния снега и атмосферных осадков. Концентрация мышьяка в этих временных накоплениях доходила до 29,5 мг/л,

что было равноценно 590 ПДК и напрямую доказывало существование в отходах растворимых форм этого токсичного элемента. В последние годы в составе отходов обнаружена ртуть; ее концентрация во всех пяти картах и в траншее составила в среднем 1,324 мг/кг, что превышает 4 ПДК. Гидробиологическим обследованием была установлена полная безжизненность и чрезвычайная ядовитость этой техногенной среды обитания. Во время работы комбината наблюдалось несколько случаев сброса отходов в р. Элегест, что вызвало гибель рыбы. Особую опасность представляли стоящие в хранилищах лужи для пасущегося поблизости домашнего скота, поскольку из-за отсутствия других водных источников скот устремлялся на водопой к картам захоронения, ограждения вокруг которых были разобраны местным населением после 1991 г. В результате в начале лета почти каждого года наблюдался падеж домашнего скота в количестве до 30 голов.

Ниже участка хранения отходов по склону в сторону пос. Сайлыг и р. Элегест за счет водной и ветровой эрозии отходов, а также миграции растворенных веществ сформировался очаг загрязнения, охватывающий территорию примерно 5 кв. км. На этой площади концентрация мышьяка в почвах составляет от 40 до 23 ПДК, кобальта до 5 ПДК, никеля до 10 ПДК, а степень загрязнения растений преимущественно за счет пыли колеблется в зависимости от удаленности от хранилищ отходов в пределах от 400 до 2 [5]. В органах домашних животных, выпасаемых вблизи бывшего ГОКа, установлено накопление мышьяка с превышением ПДК для пищевых продуктов в 4,5—7,3 раза, что свидетельствует об опасности потребления мяса таких животных [11]. Вместе с тем по результатам многолетних наблюдений по скважинам и колодцам следует, что зона загрязнения подземных вод вниз по потоку от хвостохранилищ не достигает территории пос. Сайлыг; во всех пробах содержание макро- и микрокомпонентов, включая и мышьяк, не превышает санитарных норм для питьевых вод. Воды р. Элегест выше ГОКа также характеризуются как относительно чистые, но ниже его на фоне 0,010—0,037 мг/л отмечались и аномальные концентрации мышьяка, достигающие 0,18 мг/л (3,6 ПДК). Канцерогенный риск загрязнения мышьяком поверхностных вод доказывался исследователями неоднократно [1]. Пути поступления загрязненных

подземных вод в бассейн р. Элегест не установлены, но в донных пробах в 30 км ниже по течению содержание мышьяка составляет 0,9 ПДК, а в 70 км в месте впадения реки в Енисей достигает 1,2 ПДК. В песчаных донных осадках Саяно-Шушенского водохранилища, расположенного на р. Енисей в 100 км ниже устья р. Элегест, мышьяк фиксируется в концентрациях 1—3,95 ПДК. Здесь же в осадках отмечены никель (1—2,3 ПДК), цинк (1—1,6 ПДК), кадмий (1,1—1,9 ПДК), в невысоких концентрациях — кобальт, свинец, железо, марганец, а также в воде медь — 2—3 ПДК. Этот комплекс токсичных элементов, типичный для руд месторождения Хову-Аксы, стал фиксироваться в составе осадков водохранилища 15—20 лет назад; динамика его накопления и выноса остаются неизученными [8].

Заключение

Анализ проведенных исследований позволяет оценить влияние на окружающую среду месторождения Хову-Аксы и функционировавшего на его сырьевой базе горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» через 25 лет после его закрытия.

1. Месторождение медно-никель-кобальтовых арсенидных руд как геологическое образование, выходящее на поверхность и имеющее над рудными жилами зону окисления с вынесенными из нее растворимыми соединениями мышьяка и других токсичных элементов, фиксируется в природной обстановке геохимическими ореолами и потоками ряда элементов. В силу ограниченной площади их распространения и низких содержаний элементов они не представляют какой-либо опасности для окружающей среды.

2. Отвалы штольневой отработки рудных жил, занимающие значительные площади на обоих рудных участках, сложены преимущественно скарнами, вмещающими карбонатные жилы и метасоматические породы с рудным веществом. Последние в большинстве своем добыты, вывезены на гидрометаллургический передел и получение кобальтового концентрата. Оставшееся в отвалах некоторое количество рудных минералов находится в основном в окисленной форме и в какой-то мере оказывает влияние на окружающую среду мигрирующими из отвалов соединениями мышьяка и других токсичных элементов. Интенсивность и масштабы этих процессов невелики и почти не изучены.

3. Вследствие недостаточной проработки проектными институтами технологии передела арсенидных кобальтовых руд месторождения на территории бывшего ГОКа накоплены огромные объемы отходов. Их хранилища, содержащие в себе большие запасы мышьяка, в том числе в растворимой высокотоксичной форме, создают риск катастрофического загрязнения природной среды как путем постепенного распространения токсичных соединений мышьяка с объектов бывшего ГОКа «Тувакобальт» на территорию сельскохозяйственных земель Чеди-Хольского кожууна Республики Тыва, так и возможного массового сброса мышьякосодержащих отходов в р. Элегест и бассейн Верхнего Енисея, что неминуемо приведет к крупной экологической катастрофе — гибели рыбы, птицы и заболеваниям населения на всем протяжении Енисея.

Рекомендации

1. Для недопущения массового выноса мышьяка и тяжелых металлов в окружающую среду с целью предупреждения угрозы чрезвычайной ситуации необходимо принятие срочных мер по ликвидации ветровой и водной эрозии мышьякосодержащих отходов хранилищ, открытых с поверхности. Для этого необходимо в первую очередь выполнить работы по их рекультивации, восстановлению разрушенных дамб, размытых бортов, ограждений, подновлению водоотводящих систем вокруг хранилищ; в дальнейшем предусмотреть строительство ограждающих сооружений.

2. Предусмотреть продолжение научных исследований с целью мониторинга экологического состояния бассейнового комплекса рек Элегест — Енисей и степени его загрязнения токсичными металлами, определения изменений природной среды под влиянием мышьяка и сопровождающих его токсичных элементов и их влияния на флору, фауну, домашних животных и здоровье населения, изучения вероятности катастрофических сбросов мышьякосодержащих отходов.

3. Предусмотреть проведение исследований, направленных на разработку новых совершенных технологий переработки мышьякосодержащих отходов гидрометаллургического передела арсенидных руд месторождения Хову-Аксы с целью вывода мышьяка из сложившейся техноэкосистемы.

4. Решить проблему экологической безопасности бывшего ГОКа «Тувакобальт» возможно лишь путем создания нового горнообогатительного предприятия, сырьем для которого послужат как отходы прежнего производства, содержащие в своем составе кобальт, никель, медь, серебро, мышьяк и др., так и оставшиеся в недрах месторождения Хову-Аксы около 13,5 тыс. т кобальта в руде, которые обеспечат запасами работу комбината на 15—20 лет.

Внедрение природоохранных технологий на новом предприятии предотвратит возникновение чрезвычайных экологических ситуаций на хвостохранилищах бывшего ГОКа и при утилизации отходов в процессе возобновления переработки кобальт-арсенидных руд по новым технологиям.

Литература

1. Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Канцерогенный риск загрязнения мышьяком водных экосистем // Проблемы анализа риска. 2016. Т. 13. № 3. С. 26—29.
2. Башкин В.Н., Припутина И.В. Биогеохимический анализ экологических рисков // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 4. С. 8—21.
3. Бортникова С.Б., Гаскова О.Л., Бессонова Е.П. Геохимия техногенных систем. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. 169 с.
4. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Риск загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами при техногенезе // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. № 5. С. 40—47.
5. Гаскова О.Л., Бортникова С.Б., Бессонова Е.П. Почвенные аномалии в районе хранилища отходов комбината «Тувакобальт», Хову-Аксы, Тыва // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2003. № 11. С. 115—120.
6. Забелин В.И. Распределение токсичных химических элементов в природных и антропогенных средах на территории бывшего горнообогатительного комбината «Тувакобальт» // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования. Вып. 14.: Сб. ст. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2016. С. 119—128.
7. Захаров Е.П. Геолого-геохимические методы поисков кобальтовых и кобальто-медных руд в районе месторождения Хову-Аксы. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Кызыл, 1968. 35 с.
8. Кальная О.И., Аюнова О.Д. Формирование водно-прибрежных экосистем Саяно-Шушенского водохранилища в пределах Тувы // Управление ресурсным потенциалом регионов на базе геоинформационных технологий: Сб. ст. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. С. 89—98.
9. Лебедев В.И. Рудномагматические системы эталонных арсенидно-кобальтовых месторождений. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 136 с.
10. Молдурушку Р.О., Каминский Ю.Д., Тимошенко Е.Н., Манзырыкчы Х.Б. Поведение мышьяка в растворах выщелачивания отходов кобальтового производства и природных водах // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. Вып. 10, 11. Сб. ст. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 2010. С. 98—101.
11. Ондар У.В. Разработка методического обеспечения... для комплексного изучения загрязнения мышьяком объектов окружающей среды. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Иркутск, 2001. 18 с.
12. Поляков М.Л., Магдиг Н.Я. Исследование поверхностных, подземных, рудничных вод и почв района месторождения Хову-Аксы на содержание мышьяка. Отчет. Хову-Аксы: Бывшие фонды ГОК «Тувакобальт». 1971.
13. Припутина И.В., Башкин В.Н. Экологические риски в связи с техногенным загрязнением окружающей среды: анализ подходов и методов оценки // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. № 5. С. 4—25.
14. Шимит Б.Д. Изучение растворимости мышьяка, содержащегося в рудах и хвостах Хову-Аксинского кобальтового месторождения, в воде и растворах, аналогичных по составу промышленным водам и дистеллерной жидкости. Отчет. Хову-Аксы: 1965. Бывшие фонды ГОК «Тувакобальт».

Сведения об авторе

Забелин Владимир Иванович: кандидат геолого-минералогических наук, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Лаборатории биоразнообразия и геоэкологии ФГБУН ТУВИКОПР СО РАН, заслуженный деятель науки Республики Тува

Количество публикаций: 196

Область научных интересов: геоэкология, биоразнообразие, охрана природы

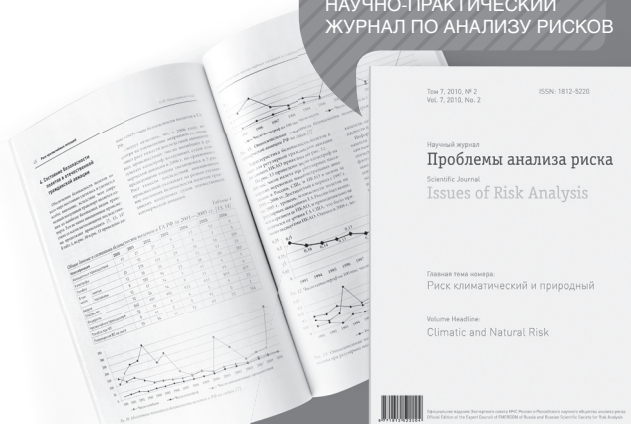
Контактная информация:

Адрес: 667007, Республика Тува, г. Кызыл, ул. Интернациональная, д. 117А

Тел.: +7 (39422) 66218

E-mail: zabelinvi@mail.ru

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ ПО АНАЛИЗУ РИСКОВ



Периодичность: 1 раз в 2 месяца.

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА РИСКА

В издании публикуются междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: природного, техногенного, экологического, политического, страхового, финансового и др. Журнал внесен в перечень изданий, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Специалистам-практикам, чья деятельность связана с анализом рисков; специалистам научных организаций; учащимся и преподавателям учебных заведений.

ВНИМАНИЕ, ПОДПИСКА!

ПОДПИСНОЙ КУПОН на 2018 год

Проблемы анализа риска

Индексы: «Роспечать» — 71219, каталог «Пресса России» — 15704.

☐ печатная версия ☐ электронная версия

Количество экземпляров:

Период подписки:

☐ полугодие ☐ год

Вид доставки:

☐ курьером (только по Москве) ☐ почтой (заказным письмом)

Стоимость подписки

печатная версия: 4 500 руб. — за I полугодие; 4 653 руб. — за II полугодие; 9 000 руб. — за год;

электронная версия: 3 600 руб. — за I полугодие; 3 708 руб. — за II полугодие; 7 200 руб. — за год.

Наименование организации

Юридический адрес

Адрес доставки

ИНН/КПП

Телефон (с кодом города)

Факс

ФИО (полностью) сотрудника,
ответственного за подписку

Пожалуйста, заполните все поля подписного купона и пришлите его по факсу (495) 787-52-26.

Также вы можете оформить подписку по телефону: (495) 787-52-26; на сайте: www.dex.ru; по e-mail: journal@dex.ru.

Издательский дом «Деловой экспресс» — многопрофильная издательская компания, работающая на рынке полиграфических услуг с 1993 года.

Что мы делаем

- Создаем корпоративные и ведомственные издания.
- Издаем книги.
- Разрабатываем web-сайты.
- Изготавливаем традиционные бизнес-подарки в необычном исполнении.
- Издаем годовые отчеты и бизнес-полиграфию.
- Придумываем и разрабатываем логотипы и фирменные стили.

«Деловой экспресс» стремится стать лучшим поставщиком полиграфических решений для самых взыскательных клиентов.

Издательский дом

**ДЕЛОВОЙ
ЭКСПРЕСС**

www.dex.ru

УДК 338.27:621.11

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Оценка и учет инвестиционных рисков при прогнозных исследованиях развития ТЭК¹

Ю.Д. Кононов,
Д.Ю. Кононов,
Институт систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
г. Иркутск

Аннотация

Обосновывается важность оценки и учета инвестиционных рисков в прогнозах развития ТЭК. Рассматриваются способы такой оценки в оптимизационных моделях при формировании прогнозной области, а также при определении стратегических угроз энергетической безопасности.

Ключевые слова: ТЭК, прогнозирование, неопределенность, стратегические угрозы, инвестиционные риски, моделирование, оптимизация, дисконтирование.

Содержание

Введение

1. Оценка инвестиционных рисков в оптимизационных моделях ТЭК
2. Оценка инвестиционных рисков при анализе стратегических угроз

Заключение

Литература

Введение

Долгосрочное прогнозирование развития ТЭК призвано дать целевые ориентиры и необходимую информацию для разработки Энергетической стратегии и политики, программ развития отраслевых и региональных систем энергетики, а также стратегических планов энергетических компаний. Реализация этих целей требует решения ряда взаимосвязанных задач, среди которых можно выделить определение области возможного и эффективного развития систем энергетики, вероятной динамики цен на топливо и энергию, стратегических угроз энергетической и национальной безопасности.

Решение каждой из этих задач требует многовариантных расчетов, комплексной оценки вариантов развития систем энергетики на разных иерархических уровнях, учета при их сравнении экономической эффективности, прямых и косвенных последствий (рисков), связанных с реализацией того или иного варианта или стратегии.

Развитие методологии и методов долгосрочного прогнозирования ТЭК долгое время шло в основном путем усложнения используемых экономико-математических моделей и создания модельно-компьютерных комплексов. В последние годы этот процесс замедлялся, поскольку он вступил в противоречие с принципом соответствия используемого методического инструментария неопределенности исходных данных [1]. Этому принципу отвечает поэтапный

¹ Работа отражает результаты исследований, выполняемых по гранту РФФИ (№ 16-06-00091-а).

подход к сужению области неопределенности условий и результатов прогнозных исследований ТЭК [2]. Его особенности: выделение и решение в ходе итерационных расчетов ключевых задач, использование на каждом временном этапе разных моделей и разной степени их агрегирования. При этом на начальном этапе рассматривается максимальный горизонт прогнозирования (более 20—25 лет) и минимальное количество иерархических уровней моделей (рисунок).

Поэтапный процесс прогнозирования от отдаленного к близкому будущему не исключает последующей обратной итерации прогнозных исследований — корректировки долгосрочных прогнозов по результатам углубленного анализа не столь отдаленной перспективы. На каждом из этих временных этапов итеративные расчеты (сверху вниз и снизу вверх) позволяют учесть особенности раз-

вития (возможности и требования) систем разного иерархического уровня, формирующих общенергетическую систему страны. При этом целесообразно в прогнозах на перспективу до 15—20 лет учитывать возможную реакцию потенциальных инвесторов на прогнозируемое изменение цен и спроса, а также оценивать влияние изменения условий на инвестиционные риски.

Необходимость количественной оценки и учета инвестиционных рисков возникает на всех этапах прогнозирования развития ТЭК. Универсальных способов такой оценки нет. Во многих случаях решающую роль играет мнение экспертов.

Цель данной статьи — выделить основные задачи прогнозных исследований, где проблема количественной оценки инвестиционных рисков особенно значима, и предложить возможные методические подходы к их решению.

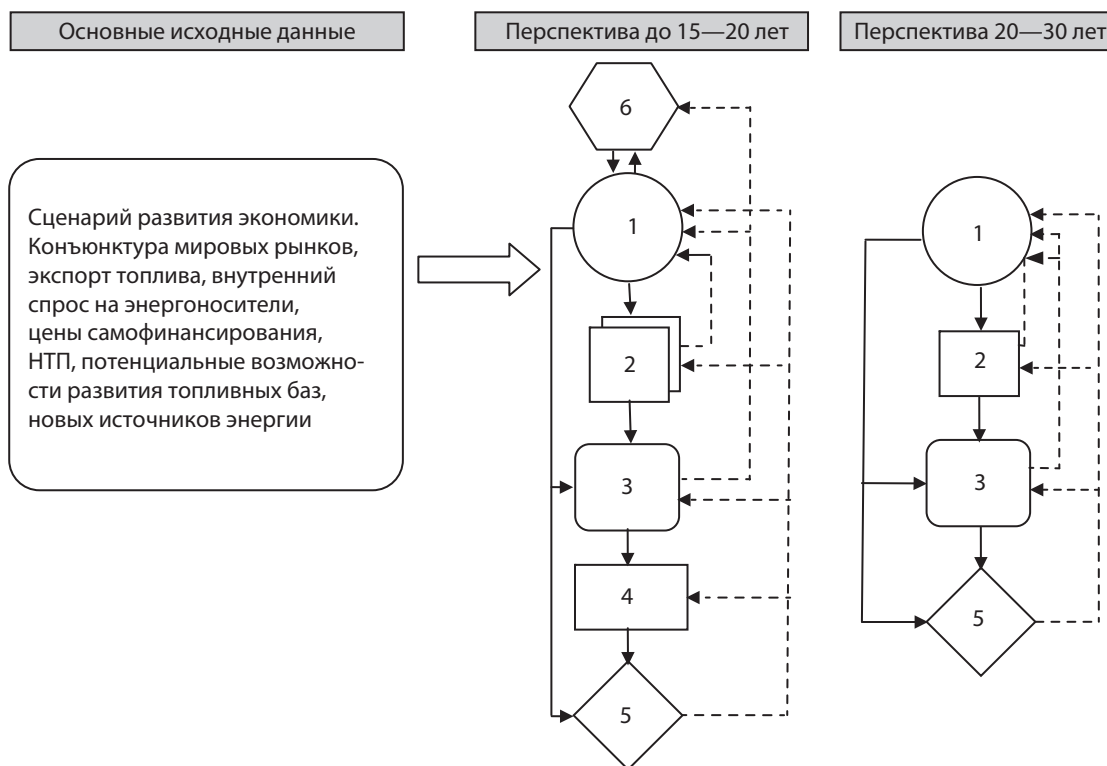


Рисунок. Система взаимосвязей между задачами и моделями, используемыми при исследовании вариантов долгосрочного развития ТЭК:

1 — ТЭК; 2 — электроэнергетика и другие отрасли ТЭК; 3 — конъюнктура региональных энергетических рынков (спрос и цены); 4 — барьеры и угрозы; 5 — энергоснабжение регионов, энергетические компании; 6 — макроэкономика

1. Оценка инвестиционных рисков в оптимизационных моделях ТЭК

Прогнозирование развития ТЭК и формирующих его отраслевых систем основывается на многовариантных расчетах с использованием оптимизационных моделей. Поиск сбалансированных и рациональных решений в этих моделях, как правило, осуществляется по критерию минимума денежных затрат на обеспечение заданной потребности в энергоносителях.

Для соизмерения ежегодных эксплуатационных расходов и единовременных инвестиционных затрат в плановой экономике использовались нормативные коэффициенты эффективности капиталовложений. Значения этих коэффициентов устанавливались отдельно для разных отраслей, изменяясь от 0,1 до 0,33 [3]. Наиболее высокие значения применялись для химической и легкой промышленности, а минимальные — для энергетики и транспорта.

В рыночной экономике экономическая эффективность как отдельных инвестиционных проектов, так и вариантов развития отраслей определяется на принципах чистого дисконтированного дохода. Используемые при этом коэффициенты (нормы) дисконтирования включают две основные составляющие: безрисковую (гарантированный доход на капитал) и рисковую (премию за риск). Значение первой в основном ориентируется на ставку рефинансирования Центрального банка РФ и в нынешних условиях составляет (за вычетом инфляции) 6—8%. В странах ЕС значение безрисковой ставки дисконтирования колеблется в диапазоне 1—7% [4].

Значительно больше диапазон неопределенности в рисковом составляющей нормы дисконта. В инвестиционных проектах с новой технологией в условиях нестабильности спроса и цен она может достигать 18—23% [5], а в отдельных случаях достигать до 47% [6].

Следует отметить, что при определении рациональных вариантов развития не отдельных предприятий и компаний, а отраслей должны использоваться не коммерческие, а социальные нормы дисконта, учитывающие не только экономические, но и общественные, экологические и прочие возможные последствия инвестирования [7].

Общепризнанных методов оценки значений коэффициентов дисконтирования при оптимизации

развития ТЭК и входящих в него отраслевых систем нет. В то же время их величина сильно влияет на результаты расчетов (табл. 1).

С увеличением нормы дисконта относительная эффективность наиболее капиталоемких электростанций (ГЭС, АЭС, солнечных и ветровых) снижается. Соответственно, уменьшается их доля в структуре вводимых мощностей.

В оптимизационных моделях, используемых в прогнозных исследованиях ТЭК, инвестиционные риски косвенно можно учесть не только в коэффициентах дисконтирования, но и в задаваемых ограничениях на доступные капиталовложения или на ввод новых мощностей. Эти ограничения ориентировочно можно определять и корректировать при использовании итерационной схемы расчетов на разных иерархических уровнях, включающих уровень энергетических компаний и энергоснабжения регионов (см. рисунок). На этом уровне имитируется поведение потенциальных инвесторов и определяются финансовая эффективность (с использованием коммерческой ставки дисконта) и инвестиционные риски ввода мощностей для обеспечения рационального энергоснабжения потребителей на рассматриваемой территории.

Оценка инвестиционных рисков отдельных проектов, исключение их из состава рассматриваемых

Влияние изменения коэффициента дисконтирования на структуру ввода новых электростанций, % от суммарной мощности

Таблица 1

Тип станции	Норма дисконта, %			
	7	10	15	20
Газовые: КЭС	23	33	43	43
ТЭЦ	19	18	18	18
Угольные: КЭС	29	26	30	32
ТЭЦ	10	9	8	7
АЭС	11	10	0,5	0
ГЭС	5	3	0,5	0
ВИЭ	3	1	0	0

Источник: результаты оптимизационных расчетов авторов для одного из сценариев развития электроэнергетики в европейской части РФ в период 2025—2030 гг.

в случае неприемлемого риска, внесение соответствующих корректив в исходные данные и ограничения оптимизационной модели электроэнергетики или ТЭК — один из способов повышения обоснованности прогнозов и сужения области неопределенности развития систем энергетики.

2. Оценка инвестиционных рисков при анализе стратегических угроз

Одной из основных стратегических угроз развитию энергетики является угроза дефицита мощности — возможное отставание развития топливных баз, транспортной инфраструктуры, ввода новых электростанций от растущих потребностей в топливе и энергии. Препятствием своевременному вводу требуемых мощностей могут быть ресурсные ограничения (финансовые, материальные, трудовые). Из них в рыночной экономике часто наиболее серьезными являются финансовые барьеры — недостаток инвестиций для реализации тех или иных крупномасштабных проектов. Инвестиционные риски во многом связаны с неопределенностью цен и спроса в период будущего функционирования рассматриваемого объекта или системы.

Выявление реальности и значимости угрозы возможного дефицита мощностей в ТЭК должно основываться на количественной оценке инвестиционных рисков как отдельных крупномасштабных проектов, так и вариантов развития энергетики страны и макрорегионов. При этом последовательно должны решаться следующие задачи: определение оптимальных при разных условиях вариантов развития систем энергоснабжения, выделение наименее экономичных (замыкающих) объектов (мощностей), количественная оценка рисков для потенциальных инвесторов финансирования этих объектов, оценка вероятности угрозы дефицита мощности в меняющихся условиях.

Расчеты могут вестись по следующей схеме [8]:

1. Формируется оптимизационная модель энергоснабжения региона (например, федерального округа), целевой функцией которой является минимум стоимости электроэнергии в регионе при заданной потребности в ней. Основные искомые переменные — мощность вводимых электростанций, а основные ограничения и условия включают производство электроэнергии на действующих

станциях, возможные экспорт и импорт электроэнергии, цены на топливо. Все исходные данные задаются интервалами своих возможных значений с указанием характера распределения вероятностей внутри интервалов.

2. Проводится множество расчетов модели (сотни испытаний методом Монте-Карло [9]). Процесс имитации осуществляется таким образом, чтобы случайный выбор комбинации исходных данных не нарушал известных или предполагаемых отношений (корреляций) между переменными.

3. Определяется количество (частоты) попаданий каждой электростанции (с определенной мощностью) в оптимальные для разных условий решения. Отношение этого показателя к общему количеству решений (испытаний) позволяет судить о вероятности реализации проектов отдельных станций. Чем ниже такая вероятность, тем выше инвестиционные риски.

4. Определяются наиболее приемлемое решение по вводу мощностей (как среднее из всех испытаний или по одному из известных критериев принятия решений в условиях неопределенности, например, Гурвица) и соответствующие ему инвестиционные риски, а также средняя и рыночная цены электроэнергии.

5. Оценивается рискованность этого решения (варианта) по инвестиционному риску станций, замыкающих баланс мощности региона, и по среднему из рисков всех вводимых станций.

Угроза дефицита мощности сначала определяется для отдельных макрорегионов, а затем для страны в целом.

Компьютерная программа, используемая при решении поставленной задачи (МИСС — Модель имитационная стохастическая статистическая), разработана В.Н. Тыртышным. Ее достоинство — возможность учета характера неопределенности используемой в прогнозах исходной информации. Важность такого учета показывают результаты экспериментальных расчетов (табл. 2). Из них, в частности, следует, что расчетные значения инвестиционных рисков могут значительно увеличиться, если исходные данные будут заданы диапазонами (интервальная неопределенность), а не нормальным распределением их вероятности внутри этого диапазона или средними значениями.

Влияние характера неопределенности исходных данных на инвестиционные риски новых мощностей Таблица 2

Характер неопределенности	Тип электростанций	Средние риски, %	
		всех станций	наименее эффективных мощностей
Нормальное распределение	Газовые	4	16
	Угольные	4,5	49
	ВИЭ	10	38
Интервальная неопределенность	Газовые	9	39
	Угольные	12	69
	ВИЭ	21	68

Источник: результаты расчетов одного из авторских прогнозов развития электроэнергетики европейской части РФ.

Очевидно, что как исходные данные, так и получаемые оценки рискованности вариантов энергоснабжения отдельных регионов должны быть увязаны (согласованы) с общими прогнозными исследованиями ТЭК страны. При этом на очередной итерации расчетов оптимизационной модели ТЭК могут быть изменены ее региональная структура и ограничения на ввод мощностей с неприемлемо высокими инвестиционными рисками. Могут быть также скорректированы направления и пропускные способности межрегиональных энергетических связей для снижения угрозы возможного дефицита мощностей.

Предлагаемый методический подход к оценке рисков и серьезности угрозы возможного дефицита мощности может быть использован при определении численных значений индикаторов энергетической безопасности, предложенных в [10]:

$$РД = \sum_i r_i N_i / \sum_i N_i;$$

$$МНР = \sum_i \bar{N}_i / \sum_i N_i,$$

где РД — угроза дефицита; МНР — доля новых мощностей с неприемлемым риском в рассматриваемом варианте; N_i — проектируемый ввод мощностей; $\bar{N}_i$ — инвестиционные проекты с недопустимым риском; r_i — инвестиционные риски отдельных проектов.

Пороговые значения этих индикаторов могут использоваться как ограничения в оптимизационных моделях на заключительных этапах итерационных расчетов.

Заключение

Потребность в количественной оценке инвестиционных рисков возникает на разных этапах прогнозных исследований развития ТЭК. Такая оценка нужна для определения сравнительной эффективности рассматриваемых вариантов, ограничений на инвестиционные ресурсы и на ввод новых мощностей в рассматриваемых сценариях, возможных стратегических угроз энергетической безопасности.

Предлагаемые в статье способы комплексной оценки инвестиционных рисков предполагают поэтапный подход к сужению области неопределенности развития ТЭК и использование системы экономико-математических моделей. Итерационные расчеты этих моделей на разных иерархических уровнях (сверху вниз и снизу вверх) позволяют сузить область неопределенности возможной динамики цен и спроса на энергоносители. Это, в свою очередь, дает важную информацию для оценки эффективности и рискованности крупномасштабных проектов. Имитация возможного поведения потенциальных инвесторов в меняющихся условиях облегчает уточнение ограничений на ввод новых мощностей в оптимизационных моделях.

В этих моделях в критериях (целевых функциях) экономической эффективности должны использоваться социальные нормы дисконта. Общеизвестных методов их оценки нет, но в отечественной и зарубежной практике оптимизационных расчетов в энергетике величина дисконта лежит в диапазоне 7—15%.

Прогнозная область развития ТЭК формируется по результатам многовариантных расчетов. Ее анализ должен включать оценку не только экономической эффективности, но и рискованности формирующих ее объектов. При этом значение риска определяется по частоте попадания этих объектов в совокупность рассматриваемых вариантов. Чем реже данный объект встречается в этих вариантах, тем выше инвестиционные риски в условиях вероятной динамики цен и спроса на региональных энергетических рынках. Необходимое для анализа большое количество испытаний при разной комби-

нации исходных данных можно получить, сочетая оптимизацию с методом Монте-Карло.

Оценки рискованности вариантов развития систем энергетики должны найти отражение в индикаторах энергетической безопасности.

Очевидно, что рациональные способы анализа прогнозной области и количественной оценки инвестиционных и других рисков зависят от рассматриваемой перспективы, величины и характера неопределенности исходной информации и важности результатов прогнозов для принятия стратегических решений.

Литература

1. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике: Элементы теории, направления развития. М.: Наука, 1979. 414 с.
2. Кононов Ю.Д. Поэтапный подход к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК и к оценке стратегических угроз // Известия РАН. Энергетика. 2014. № 2. С. 61—70.
3. Яковлева И.Н. Как рассчитать ставку дисконтирования и риска для производственного предприятия // Справочник экономиста. 2008. № 9. С. 24—33.
4. Steinbach I., Staniaszek D. Discount rates in energy system analysis. Discussion Paper. Fraunhofer ISI, 2015. 18 p.
5. Жданов И.Ю. Ставка дисконтирования. 10 современных методов расчета [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www/finrr.ru/stavka-diskontirovaniya.html>
6. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2001. 832 с.
7. Головань С.И., Спиридонов М.А. Бизнес-планирование и инвестирование: Учебник. Ростов н/Д.: Феникс, 2008. 302 с.
8. Кононов Ю.Д., Кононов Д.Ю. Оценка инвестиционных рисков при выявлении стратегических угроз энергетической безопасности // Надежность и безопасность энергетики. 2016. № 2 (33). С. 9—12.
9. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. М.: Наука, 1975. 472 с.
10. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука, 2015. 147 с.

Сведения об авторах

Кононов Юрий Дмитриевич: доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки, главный научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН)

Количество публикаций: 240, в т. ч. монографий — 18

Область научных интересов: моделирование и исследование взаимосвязей энергетики и экономики, системный анализ

Контактная информация:

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130

Тел.: (3952) 500-646, доп. 361, факс: (3952) 42-67-96

E-mail: kononov@isem.irk.ru

Кононов Дмитрий Юрьевич: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН)

Количество публикаций: 46, в т. ч. монографий — 2

Область научных интересов: прогнозирование развития систем энергетики, ценовая и инвестиционная политика в ТЭК

Контактная информация:

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130

Тел.: +79025165890, факс: (3952) 42-67-96

E-mail: dima@isem.irk.ru

УДК 331.461

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера

М.И. Захарова,Институт физико-
технических проблем Севера
им. В.П. Ларионова СО РАН,
г. Якутск

Аннотация

Низкие температуры и аномальные метеоусловия Севера оказывают существенное влияние как на частоту аварий, так и на развитие аварий. Аномальные метеорологические условия Севера характеризуются мощными температурными инверсиями, возникающими при антициклоне за счет излучения вечномерзлого грунта при экстремально низких температурах окружающего воздуха, и условиями застоя воздуха. Эти аномальные условия влияют на процесс рассеивания газа в атмосфере, способствуя его замедлению и образованию взрывоопасных концентраций газа у поверхности земли. В результате возрастает опасность аварий газопроводов, происходящих по сценарию — истечение газа без последующего воспламенения. Образовавшееся скопление взрывоопасных концентраций газа у земли в дальнейшем может привести к взрыву и пожару.

В статье представлен методический подход к оценке риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера. Разработано «дерево событий» истечения газа из газопровода при низких температурах окружающей среды с учетом аномальных метеоусловий. Оценены частоты реализации аварийных сценариев при истечении газа из газопровода, предназначенные для количественной оценки риска аварий газопроводов при низких температурах окружающей среды. Обосновано влияние температурной инверсии на величину избыточного давления ударной волны при взрыве облака газозвушной смеси метана и увеличение дальности действия поражающих факторов при аварии газопровода.

Ключевые слова: анализ риска, истечение газа, температурная инверсия, рассеивание, частота аварийных сценариев, ударные волны.

Содержание

Введение

1. Основные причины аварий газопроводов с истечением газа. Образование взрывоопасного облака газозвушной смеси метана при аномальных метеоусловиях Севера
2. Опасные метеорологические условия и их влияние на скопление газа у поверхности земли
3. Оценка вероятностей появления опасных метеорологических условий и вероятности образования облака ГВС метана в открытой местности
4. Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при низких температурах окружающей среды
5. Влияние температурной инверсии на величину избыточного давления ударной волны при взрыве облака ГВС метана в открытой местности

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время безопасность в природно-техногенной сфере является важнейшей проблемой во всем мире. Магистральные газопроводы являются источником повышенной опасности из-за большого количества сварных и фланцевых соединений, запорной и регулирующей арматуры, жестких условий работы с высоким уровнем внутренних напряжений, испытываемых постоянно в течение все-

го срока службы, и значительных объемов веществ, перемещаемых по ним. Поэтому даже относительно незначительное отклонение фактических условий эксплуатации от принятых в проектных расчетах могут привести к разрушению газопровода и выбросу значительного количества опасных веществ.

Распространение выбросов опасных веществ в атмосфере и их воздействие на людей и окружающую среду — важные факторы, определяющие тяжесть последствий аварий на магистральных газопроводах. Следовательно, решение задач, связанных с предупреждением возможных аварийных ситуаций и минимизацией технологических и экологических рисков, при широкомасштабном строительстве и модернизации объектов трубопроводного транспорта и дальнейшем транспортном освоении труднодоступных районов Крайнего Севера, Арктических зон России приобретает все большее значение.

Анализ риска — новое научное направление, представляет собой один из существенных компонентов обеспечения безопасности и проводится для выявления отдельных источников опасности и оценки их потенциального влияния на возможные ущербы, которые могут быть причинены населению, окружающей среде и хозяйственным объектам. Неконтролируемое развитие аварийных ситуаций на магистральных газопроводах, эксплуатирующихся в экстремальных природно-климатических и метеорологических условиях Севера, значительно осложняющих эксплуатацию объектов со взрыво- и пожароопасными веществами, может привести к значительным разрушениям и к гибели людей, а также к необратимым последствиям в окружающей природной среде.

Определенный интерес представляет оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера.

Низкие температуры и аномальные метеоусловия Севера оказывают существенное влияние как на частоту аварий, так и на процессы развития аварий.

Аномальные метеорологические условия Севера характеризуются мощными температурными инверсиями, возникающими при антициклоне за счет излучения вечномерзлого грунта при экстремально низких температурах окружающего воздуха, и условиями застоя воздуха. Мощные температурные инверсии в сочетании с условиями застоя воздуха влияют на процесс рассеивания газа в атмосфере, способствуя его замедлению и образованию взры-

воопасных концентраций газа у поверхности земли, что приводит к возрастанию опасности от аварий газопроводов в условиях Севера.

1. Основные причины аварий газопроводов с истечением газа. Образование взрывоопасного облака газозооушной смеси метана при аномальных метеоусловиях Севера

На долю магистральных газопроводов (МГ) приходится подавляющее число крупных аварий и отказов во всей газовой промышленности. Линейная часть трубопроводов является потенциально опасным объектом и обладает огромным энергетическим потенциалом, способным оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду (до нескольких сот метров). Причиной взрыва газопровода в основном является разрыв газопровода. Поражающими (опасными) факторами аварийного разрушения магистрального газопровода являются тепловой поток и барическое воздействие.

По результатам анализа аварий газопроводов при низких температурах [1] установлены их основные причины и вероятности P возникновения: трещина в газопроводе — $P = 0,09$, коррозия — $0,27$, износ трубы — $0,18$, деформации трубы в результате усталости металла и перепада температур — $0,09$, отказ задвижки — $0,14$, повреждение трубы — $0,14$.

Начальная стадия аварий на МГ характеризуется истечением больших объемов сжатого природного газа из разрушенного участка трубы в атмосферу.

Для инженерной оценки массового расхода газа при разрыве трубопровода используем методический подход, базирующийся на системе уравнений Белла [2, 3]:

$$\begin{cases} G(r, d_{eqv}) = \frac{F \cdot G_0(d_{eqv})}{1 + \eta} \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\eta^2 \cdot \varepsilon}\right) + \eta \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\varepsilon}\right) \\ G_0(d_{eqv}) = \frac{\pi \cdot d_{eqv}^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{\gamma \cdot P_0^2}{R \cdot Z_{cr} \cdot T_0}} \cdot \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}; \eta = \frac{M_g}{\varepsilon \cdot F \cdot G_0(d_{eqv})} \\ M_g = \frac{L_y \cdot S_p \cdot P_0}{R \cdot Z_0 \cdot T_0}; \varepsilon = \frac{2}{3} \cdot \frac{L_y}{a_0} \cdot \sqrt{\frac{\gamma \cdot f_{fr} \cdot L_y}{D_{in}}}; a_0 = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot Z_0 \cdot T_0} \end{cases} \quad (1)$$

где G , G_0 — соответственно текущий и начальный массовый расход газа (в момент разрыва), кг/с; τ — текущее время истечения газа, с; F — фактор инерционной задержки; η — коэффициент сохранения

массы; ε — постоянная времени, с; p_0 — давление газа в трубопроводе до разрыва, Па; d_{eqv} — эквивалентный диаметр отверстия, м; R — газовая постоянная, Дж/кг·К; T_0 — температура газа в трубопроводе до разрыва, К; Z_{cr} — коэффициент сжимаемости газа по условиям на срезе аварийного разрыва при p_{cr} и T_{cr} ; γ — показатель адиабаты; M_g — общая масса газа, способная вытечь из отсеченного аварийного участка трубопровода, кг; L_y — длина отсеченного участка трубопровода, м; a_0 — скорость звука в газе до разрыва, м/с; f_{fr} — коэффициент трения газа о стенки трубы; D_{in} — внутренний диаметр трубы, м; Z_0 — коэффициент сжимаемости газа до разрыва при p_0 и T_0 ; S_p — площадь поперечного сечения трубы, м².

Начальный массовый расход рассчитывается в предположении, что в месте разрыва характер процесса адиабатический, при этом постоянная времени истечения ε определяется исходя из допущения об изотермическом характере процесса движения газа, имеющем место на большей части длины отсеченной секции трубопровода.

Если в момент разгерметизации магистрального газопровода газ не воспламеняется, возникает необходимость анализа процессов его рассеивания в атмосфере для определения зоны загазованности.

Исходя из физических представлений и анализа специфики истечения газа под давлением из разрушенного газопровода, а также основываясь на данных о рассеивании в атмосфере аварийных выбросов из трубопровода [4], можно утверждать, что в ближней области выбрасываемый газ рассеивается по законам струйного смешения. При этом область рассеивания представляет собой расходящийся конус. На определенном расстоянии от аварийного разрыва трубы (150—300 м) начинается диффузионный механизм рассеивания газовой смеси.

Необходимо отметить, что в зарубежных исследованиях процесса формирования неорганизованных облаков газовоздушной смеси (ГВС) природного газа — метана на открытой местности, взрывных явлений в атмосфере не отмечалось [5], не зарегистрированы они и в отечественной нефтехимической промышленности. Это обусловлено свойствами метана — низкой плотностью газа (0,72 кг/м³), достаточной химической стабильностью и низкой скоростью химического взаимодействия с кислородом воздуха. Результаты исследований дают основания полагать, что в отличие от тяжелых углеводородов

газообразный метан представляет меньшую опасность взрыва больших масс газовоздушных облаков. Однако такая опасность существует при аномальных условиях Севера. При отсутствии источника воспламенения формируется газовоздушное облако. Зона загазованности по направлению истечения струи газа может возрасти до 500—600 м [3].

Образование взрывоопасного облака ГВС метана в приземном слое атмосферы возможно только при аномальных метеоусловиях Севера — приземная температурная инверсия в сочетании со штилем при низких температурах окружающего воздуха.

2. Опасные метеорологические условия и их влияние на скопление газа у поверхности земли

Инверсия в метеорологии означает аномальный характер изменения какого-либо параметра в атмосфере с увеличением высоты. Наиболее часто это относится к температурной инверсии, то есть к увеличению температуры с высотой в некотором слое атмосферы вместо обычного понижения.

В работе [6] проведен анализ содержания примесей в воздухе при нарушении условий застоя. В результате выявлено, что усиление ветра до 1—2 м/с вызывает меньшее снижение содержания примесей в атмосфере, чем ликвидация приземной инверсии при сохранении штиля. Ослабление ветра до штиля оказывает двоякое воздействие на содержание примесей в воздухе. С одной стороны, концентрация примесей в приземном слое атмосферы должна сильно возрастать. В то же время неограниченно возрастает подъем перегретых выбросов, которые при отсутствии ветра переносятся в более высокие слои атмосферы и рассеиваются. Однако если штиль сопровождается инверсией, то для поднимающихся выбросов создается потолок, препятствующий их дальнейшему подъему. В результате концентрация примесей у земли сильно возрастает. Таким образом, наличие штиля или слабого ветра само по себе не может рассматриваться в качестве неблагоприятной ситуации, опасным оказывается сочетание штиля с инверсией [6, 7].

В холодное время года всю территорию Восточной Сибири охватывает мощный сибирский антициклон, в котором происходит формирование континентального воздуха, в нижних слоях более холодного, чем арктический. Формирование континентального воздуха в зимнее время при ясной тихой погоде, способствующей большой потере тепла

земной поверхностью в результате излучения, приводит к сильному охлаждению воздуха снизу и образованию мощных температурных инверсий, т.е. к возрастанию температуры с высотой.

Зимние инверсии в Восточной Сибири имеют сложный характер, они представляют сочетание антициклонических и радиационных инверсий. В зимних условиях над континентами, особенно при наличии снежного покрова, возникают два процесса: радиационное охлаждение и нисходящее антициклоническое движение воздуха, которые друг друга взаимно усиливают. Вследствие этого радиационные нижние инверсии переходят на высоте в радиационно-антициклонические. Вертикальная протяженность таких комбинированных инверсий может достигать 1—2 км и более [8].

В конце зимы, когда приход солнечной радиации заметно увеличивается и радиационный баланс в дневное время становится положительным, при разрушении приземной инверсии возникает приподнятая инверсия.

Также приподнятые инверсии могут возникать в антициклонах (так называемые инверсии сжатия) при прохождении атмосферных фронтов.

Исходя из данных работы [6] повторяемость неблагоприятных условий (штиль и приземная инверсия) в зимнее время составляет 0,8 в Алма-Ате, 0,78 в Красноярске, 0,79 в Иркутске.

Вертикальная протяженность штилей весьма велика (несколько сотен метров и выше) в областях с резко континентальным климатом (Сибирь, Средняя Азия и др.).

Районом исключительно мощных и продолжительных инверсий является Якутия. Для холодного времени года, особенно с декабря по февраль, для большей части территории характерны слабые ветры и штили, которые обуславливают слабое перемешивание воздуха, а следовательно — слабый вертикальный теплообмен, поэтому здесь возникают мощные приземные инверсии, которые усиливаются в горных районах [9].

Глубокие инверсии устанавливаются в течение зимы в долинах рек Колымы, Яны, Индигирки. Радиационные инверсии здесь также усиливаются под влиянием орографии: в результате застоя на дне долин стекающего со склонов холодного воздуха. Как интенсивность, так и вертикальная протяженность приземных инверсий в Якутии достигают существенных значений. Средняя мощность инверсий

в период с ноября по март превышает 1000 м и достигает в декабре и январе 1150—1250 м [38]. Столь большую мощность следует объяснить совместным действием нескольких факторов: выхолаживанием подстилающей поверхности за счет радиационного излучения, особенностями местоположения и антициклоническим сжатием [38].

В Якутии уже в сентябре продолжительность непрерывных инверсий составляет 5—7 дней, а к октябрю возрастает до 10 дней и более. В течение трех зимних месяцев сохраняется непрерывное инверсионное распределение температуры воздуха. В марте здесь еще отмечаются длительные инверсии с высокими значениями градиентов. В апреле число дней с инверсиями составляет 15—17, причем в 8—10 из них инверсия сохраняется непрерывно [4].

Таким образом, в зимний период на всей территории Восточной Сибири устанавливаются мощные, круглосуточные инверсии с перепадами температур в зоне инверсий 7—16 °С. В марте под влиянием солнечной радиации и турбулентного перемешивания в большинстве районов они начинают разрушаться.

В летние месяцы в основном преобладают ночные инверсии со сравнительно невысокими значениями градиентов и небольшой вертикальной протяженностью.

Инверсионное распределение, связанное с ростом температуры с высотой, определяется как устойчивая стратификация. При наличии приземной инверсии температуры с ослаблением скорости ветра до штиля затухает турбулентный обмен в атмосфере. В этом случае рассеяние газа в атмосфере практически происходит в соответствии с известными закономерностями молекулярной диффузии [7]. Рассеивание газа, осуществляемое за счет молекулярной диффузии, незначительно и приводит к образованию опасной загазованности с концентрациями, превышающими предельно допустимые значения или нижний концентрационный предел распространения пламени.

3. Оценка вероятностей появления опасных метеорологических условий и вероятности образования облака ГВС метана в открытой местности

Рассмотрим вероятность образования облака взрывоопасной газовоздушной смеси (ГВС) метана на открытой местности. Наиболее значительное скопление взрывоопасной ГВС метана в окружающей среде имеет место, когда появляются неблагоприятные для ее

рассеивания метеорологические условия. К опасным метеорологическим условиям относятся застои воздуха, характеризующиеся очень слабыми ветрами 0 — 1 м/с (штиль), и температурные инверсии [6, 7].

Вероятность (частота) образования облака взрывоопасной ГВС метана оцениваем как произведение следующих параметров: вероятности (частоты) истечения газа из газопровода без воспламенения на вероятность опасных метеорологических условий:

$$P_{gam} = P_d \cdot P_{dwc} \quad (2)$$

где P_d — вероятность (частота) истечения газа из газопровода без последующего воспламенения; P_{dwc} — вероятность опасных метеорологических условий.

По результатам анализа и систематизации статистических метеоданных с 1997 по 2016 г. получены вероятности появления опасных метеоусловий по месяцам в зимнее и летнее время в п. Оймякон (рис. 1, 2).

Из рис. 1 видно, что в зимний период наибольшая вероятность появления опасных метеорологических условий наблюдается в декабре месяце. Наиболее опасными периодами являются ноябрь, декабрь, январь — месяцы, где вероятность образования инверсии со штилем в среднем составляет 0,95.

Сравнение вероятности образования инверсии со штилем при отрицательных и положительных температурах показывает, что вероятность появления опасных метеоусловий в зимний период увеличивается от 5 до 14 раз по сравнению с летним периодом. Следовательно, увеличивается и вероятность образования облака взрывоопасной ГВС метана.

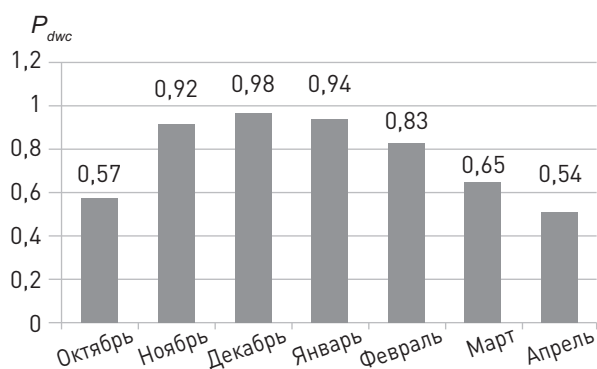


Рис. 1. Вероятности появления опасных метеорологических условий по месяцам в зимнее время в п. Оймякон

4. Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при низких температурах окружающей среды

По результатам анализа известных аварий газопроводов, произошедших при низких температурах, разработано «дерево событий» истечения газа из газопровода с оценкой частот реализации аварийных сценариев, предназначенных для количественной оценки риска (рис. 3).

Частоту истечения газа из газопровода при низкой температуре оценим по статистике аварий, произошедших на действующей части магистрального газопровода «Мастах — Берге — Якутск». Магистральный газопровод «Мастах — Берге — Якутск» диаметром 530 мм общей протяженностью 936 км эксплуатируется с 1967 г. За период с 1967 по 2016 г. при отрицательных температурах произошло 12 аварий с истечением газа [1].

По результатам оценки, частота истечения газа из газопровода при отрицательных температурах составит $3,2 \cdot 10^{-4}$ 1/(км·год).

Рассмотрим наиболее опасный сценарий 1 (см. рис. 3) — истечение газа из газопровода с последующим воспламенением, поражением соседних объектов и людей. Условная вероятность этого сценария определяется как произведение условных вероятностей следующих событий: истечение газа из газопровода с вероятностью P_1 → воспламенение газа с вероятностью P_2 → поражение соседних объектов с вероятностью P_3 → поражение людей с вероятностью P_4 .

Частота возникновения наиболее опасного сценария 1 $H(C_1)$ составит $2,32 \cdot 10^{-5}$ 1/(км·год).

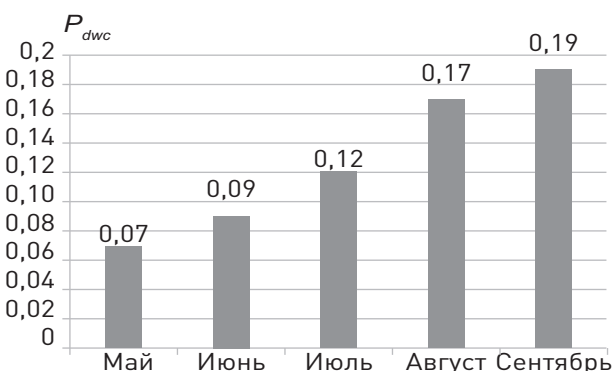


Рис. 2. Вероятности появления опасных метеорологических условий по месяцам в летнее время в п. Оймякон

Аналогично оценены частоты других сценариев реализации аварии при истечении газа из газопровода (см. рис. 3).

По разработанному «дереву событий» истечения газа из газопровода оценивается экологический риск R_e от загрязнения атмосферы метаном при реализации сценария 6 как произведение величины удельного ущерба Y_e на массу аварийного выброса M_g и на частоту возникновения сценария 6 $H_i(C_6)$:

$$R_e = Y_e \cdot M_g \cdot H_i(C_6). \quad (3)$$

Аналогично определяется материальный риск от потерь газа R_g и от проведения ремонтно-восстановительных работ R_r :

$$R_g = Y_g \cdot M_g \cdot H_i(C_6); \quad (4)$$

$$R_r = Y_r \cdot H_i(C_6), \quad (5)$$

где Y_g — удельный материальный ущерб от потери газа, руб/кг; Y_r — затраты на ремонтно-восстановительные работы; $i = 1, 2, 3, 4$.

В условиях Севера сценарий 5 может привести к катастрофическим последствиям при дальнейшем развитии.

Сценарий 5 аварии в обобщенном виде кратко описывается следующим образом: разгерметизация трубопровода с выбросом (истечением) природного газа в окружающую среду → образование облака ГВС метана → при наличии источника зажигания возможен взрыв → воздействие поражающих факторов на реципиенты.

5. Влияние температурной инверсии на величину избыточного давления ударной волны при взрыве облака ГВС метана в открытой местности

Возникающая при разрушениях газопроводов воздушная волна сжатия не представляет прямой угрозы для жизни человека, оказавшегося даже в непосредственной близости от центра разрыва, и не способна вызвать какие-либо повреждения зданий и сооружений, расположенных за пределами существующих нормативных разрывов, а вероятность механического поражения различных реципиентов осколками труб значительно ниже вероятностей воздействия других поражающих факторов, таких как тепловое излучение при пожаре газопровода и воздушная волна сжатия при

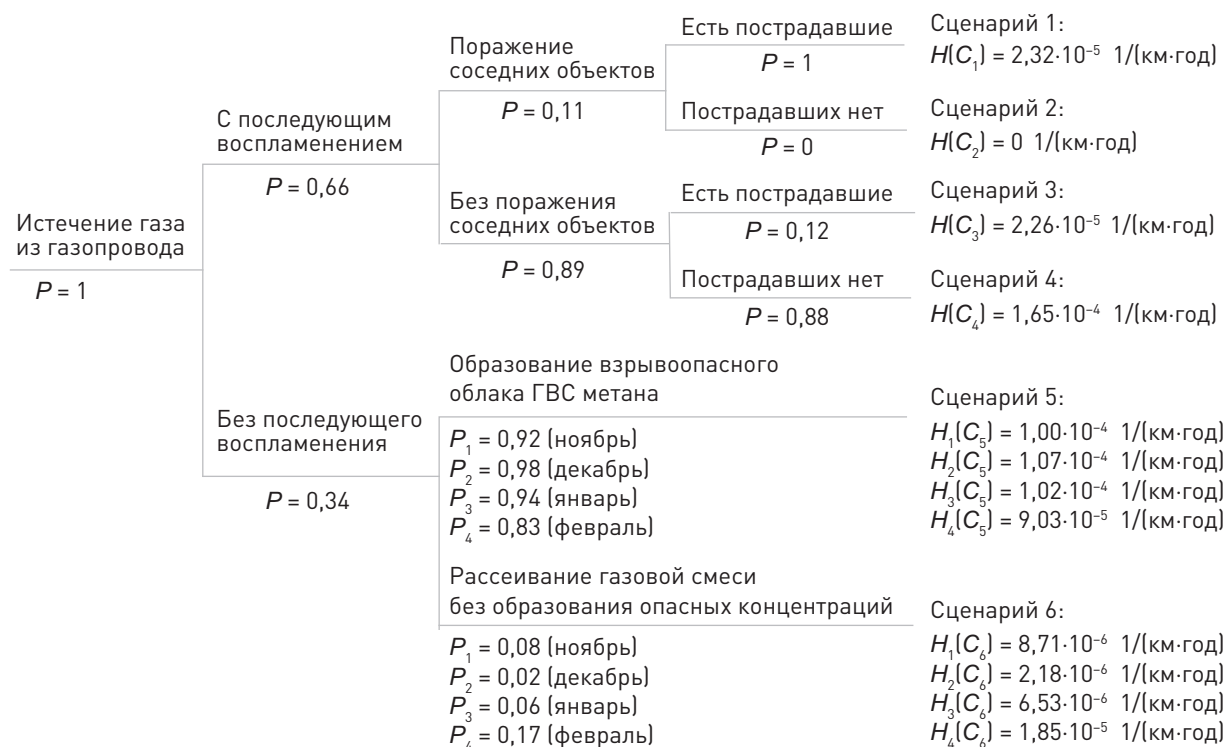


Рис. 3. «Дерево событий» истечения газа из газопровода при низких температурах окружающей среды

Результаты оценки увеличения избыточного давления Δp_f (200 Па) слабой ударной волны в зависимости от характера изменения температуры с высотой при взрыве облака ГВС метана

Таблица

Градиент температуры с высотой	Изменение скорости распространения ударной волны $V_{ув}$ с высотой H	К	Δp_f , кПа	Степень поражения	
				С	П
Слабый положительный градиент около поверхности с сильно положительным градиентом вверх (инверсия)		25	5	Расстекление зданий	Возможны осколочные травмы
Отрицательный градиент у поверхности с сильно положительным градиентом вверх (приподнятая инверсия)		100	20	Средние повреждения зданий	Серьезное повреждение тканей

Примечание. К — коэффициент возможного увеличения избыточного давления Δp_f ударной волны; С — сооружения; П — персонал (население).

дефлаграционном взрыве облака ГВС метана в открытой местности.

Рассмотрим дефлаграционный взрыв облака ГВС метана в открытой местности. Для оценки параметров дефлаграционного взрыва облака ГВС метана можно рекомендовать руководство по безопасности, изложенное в документе [10]. Но на дальних расстояниях в условиях Севера следует учесть влияние мощных температурных инверсий на параметры слабой ударной волны, т.е. на волны с избыточным давлением не более 200 Па.

Изучению влияния инверсии на возможность увеличения слабых воздушных волн при взрывных работах посвящены труды следующих авторов — Я.И. Цейтлина, М.И. Ганопольского, В.А. Громова, Ю.С. Рыбнова, В.И. Кудрявцева, В.Ф. Евменова, П.В. Меньшикова [11—13].

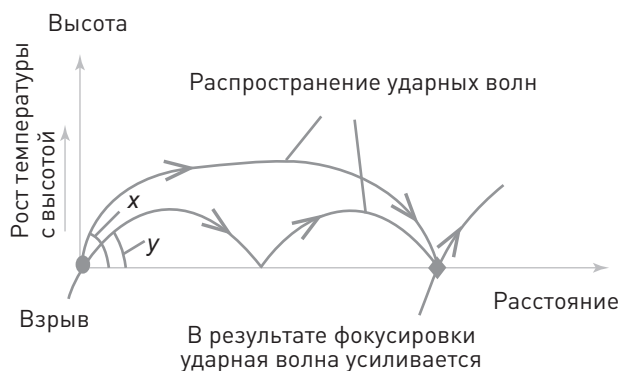


Рис. 4. Эффект фокусировки ударных волн при температурной инверсии

В работе П.В. Меньшикова [13] экспериментально получены коэффициенты возможного увеличения воздушной ударной волны в зависимости от характера изменения температуры с высотой. При отрицательном градиенте температур увеличения избыточного давления ударной волны не наблюдается. При положительном градиенте температур возможны увеличения избыточного давления ударной волны от 5 до 100 раз, в зависимости от характера инверсии. Результаты экспериментальных работ П.В. Меньшикова можем применить для крупных аварий газопроводов, таких как взрыв облака ГВС метана в открытом пространстве.

Результаты оценки увеличения избыточного давления Δp_f (200 Па) слабой ударной волны представлены в таблице.

Из таблицы видно, что избыточное давление, увеличившись в 25 раз при приземной инверсии и в 100 раз при приподнятой инверсии, приводит к поражению человека на том же расстоянии, которое было безопасно для человека при отсутствии инверсии.

Рассмотрим механизм увеличения избыточного давления ударной волны под влиянием температурной инверсии. Известно, что скорость распространения ударной волны с увеличением температуры повышается. Поэтому при температурной инверсии, когда температура растет с высотой, движение волны в приземном слое будет более медленное и фронт волны отклонится к поверхности земли. Схематично это показано на рис. 4.

Ударные волны, вышедшие под углом x , отклонятся к земле и достигнут поверхности земли на некото-

ром расстоянии. Ударные волны, вышедшие под углом y ($y < x$), достигнут поверхности земли на меньшем расстоянии. Отразившись от поверхности, они совершат еще один цикл. При соответствующем соотношении x и y ударные волны, вышедшие под углом x , придут в ту же точку, что и ударные волны, вышедшие под углом y . Сложение волн в точке прихода приведет к увеличению давления в фазе сжатия.

Таким образом, на дальних расстояниях необходимо учитывать увеличение значения избыточного давления при наличии температурной инверсии.

Заключение

Повышение промышленной безопасности опасных производственных объектов, работающих в условиях Севера, требует всестороннего учета влияния специфических для данного района природно-климатических факторов на параметры риска. В статье проанализированы климатические особенности Севера, выявлены неблагоприятные аномальные метеоусловия, характеризующиеся образованием мощных температурных инверсий. Обосновано влияние неблагоприятных аномальных метеоусловий на характер развития аварий, показаны существенные изменения протекания аварий газопроводов на Севере от условий с умеренным климатом. Отмеченные обстоятельства позволяют считать разработанный методический подход к оценке риска аварий газопроводов, размещаемых на территории Крайнего Севера, Арктики, актуальным и перспективным.

Литература

1. Захарова М.И. Анализ риска аварий резервуаров и газопроводов в условиях Севера // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 2. С. 54—64.
2. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».
3. Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А. Стохастические модели и результаты количественной оценки интегрированного риска аварий на магистральном трубопроводном транспорте в условиях Заполярья // Устойчивое экологическое развитие: региональные аспекты. Междунар. науч. сб. Саратов: СГТУ, 2001. С. 125—138.
4. Сафонов В.С., Одишария Г.Э., Швыряев А.А. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. М.: РАО «Газпром», 1996. 208 с.
5. Маршалл В. Основные опасности химических производств: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 672 с.
6. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Труды ГГО. 1973. Вып. 254. С. 121—131.
7. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеопиздат, 1975. 448 с.
8. Безуглая Э.Ю., Виноградова Е.В., Елекоева Л.П., Жабарова Б.Н., Лебедева В.Ф., Разбегаева Е.А., Захарова Г.Б., Церфас К.Э. Инверсии температуры над территорией СССР // Труды ГГО. 1977. Вып. 387. С. 88—109.
9. Анапольская Л.Н., Копанева И.Д. Климатические параметры Восточно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов. Научно-справочное пособие. Л.: Гидрометеопиздат, 1979. 389 с.
10. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 апреля 2015 г. № 159).
11. Цейтлин Я.И., Ганопольский М.И., Громов В.А. Влияние метеоусловий на интенсивность слабых ударно-воздушных волн взрывов // ФТПРПИ. 1980. № 3. С. 51—55.
12. Рыбнов Ю.С., Кудрявцев В.И., Евменов В.Ф. Экспериментальные исследования влияния приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности на амплитуду слабых воздушных ударных волн от наземных химических взрывов // Физика горения и взрыва. 2004. Т. 40. № 6. С. 98—100.
13. Меньшиков П.В. Факторы, влияющие на интенсивность ударной воздушной волны // Технология и безопасность взрывных работ: материалы научно-технической конференции «Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле». Екатеринбург. 2011 г. С. 246—255.

Сведения об авторе

Захарова Марина Ивановна: кандидат технических наук, научный сотрудник Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН
Количество публикаций: 27
Область научных интересов: анализ риска
Контактная информация:
Адрес: 677891, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1
Тел.: +7 (4112) 39-05-52,
E-mail: marine3@yandex.ru

УДК: 519.865.5

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Оценка вероятности дефолта компании на основе системно-динамической модели

Д. С. Куренной,
Д. Ю. Голембиовский,
МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация

В работе демонстрируется возможность использования системно-динамической модели нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия для оценки вероятности его дефолта на основе метода Монте-Карло. Полученные результаты сравниваются с данными рейтинговых агентств.

Ключевые слова: системная динамика, кредитные риски, обратное стресс-тестирование, управление рисками.

Содержание

Введение

1. ARIMA-GARCH-модели макроэкономических параметров

2. Оценка вероятности дефолта компании

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время разработано значительное число математических методов оценки вероятности дефолта заемщика, основанных на анализе значений различных количественных и качественных показателей предприятия [5, 19]. При этом большинство из методов не учитывает структуру компании, ее динамику в условиях изменяющихся внешних факторов и предполагает наличие большой выборки данных об аналогичных предприятиях.

Данная работа демонстрирует возможность использования системно-динамической модели [4, 5, 11, 17] для оценки вероятности банкротства компании, что позволяет избавиться от указанных недостатков. В парадигме системной динамики исследуемое предприятие представляется в виде непрерывно взаимодействующих элементов и внешних факторов. Связи между элементами описываются функциональными зависимостями и дифференциальными уравнениями, которые определяют динамику компании и степень ее устойчивости по отношению к различным макроэкономическим сценариям. Поведение макроэкономических переменных в работе описывается при помощи ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей [1, 3, 16], применяющихся в эконометрике

для прогнозирования нестационарных временных рядов. Вероятность дефолта компании определяется в результате ряда экспериментов, проводимых по методу Монте-Карло над полученной системно-динамической моделью, как доля макроэкономических сценариев, приводящих к разорению предприятия.

Статья состоит из двух частей. Первый раздел посвящен изложению концепции моделирования внешних для предприятия параметров с помощью ARIMA-GARCH-моделей и содержит описание основных свойств системно-динамической модели нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия, вероятность дефолта которого оценивается в рамках данного исследования. Вторая часть представляет сравнительный анализ результатов моделирования с данными рейтинговых агентств Moody's и Fitch. Заключение содержит выводы об эффективности данного подхода к оценке кредитного риска заемщиков.

1. ARIMA-GARCH-модели макроэкономических параметров

Системная динамика представляет собой подход имитационного моделирования, предназначенный для описания структуры и динамики сложных систем на основе концепции потоков, накопителей и обратных связей [4, 11], которым соответствует формальное представление в виде системы дифференциальных уравнений.

Целью данной работы является исследование возможности использования принципов системной динамики для оценки вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия. На основе финансовой отчетности периода 2007—2015 гг. и информации из других открытых источников была построена системно-динамическая модель компании Башнефть [12, 17], которая ведет добычу с 1932 г. и разрабатывает около 170 месторождений на территории Башкортостана, Татарстана, Оренбургской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Полное описание рассматриваемой системно-динамической модели содержится в [17].

Ключевым элементом данной системы является накопитель «Средства в рублях», равенство нулю которого означает дефолт предприятия. В качестве

внешних параметров, оказывающих влияние на состояние модели, рассматриваются цены на нефть и нефтепродукты, которыми торгует предприятие, курс доллара к рублю, ставка привлекаемых и погашаемых кредитов, основная ставка НДПИ, удельные себестоимости добычи, переработки и общехозяйственных расходов. Необходимо отметить, что события 2016 г., связанные с покупкой этой компании ПАО «Роснефть», при построении модели не учитывались.

В рамках данного исследования указанные внешние параметры системы описываются при помощи ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей, которые применяются в эконометрике для анализа и прогнозирования нестационарных временных рядов [1, 3, 16]. Основная концепция таких моделей состоит в определении зависимости текущей величины ряда от его предыдущих значений и экзогенных факторов с учетом случайных ошибок. Стандартная модель авторегрессии — скользящего среднего (англ. ARMA; autoregressive moving average) может быть формализована следующим образом:

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \cdot Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \cdot e_{t-i} + e_t,$$

где p и q — натуральные числа, определяющие порядок модели; $a_1, \dots, a_p$ и $b_1, \dots, b_q$ — действительные числа, являющиеся коэффициентами авторегрессии и скользящего среднего соответственно; c — константа; $\{e_t\}$ — стационарный случайный процесс.

Интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего (англ. ARIMA; integrated autoregressive moving average) являются обобщением ARMA-моделей для нестационарных временных рядов. Основная идея заключается в переходе от нестационарного процесса к стационарному путем взятия разностей некоторого порядка. Фактически модель $ARIMA(p, d, q)$ означает, что разности временного ряда порядка d подчиняются модели $ARMA(p, q)$:

$$\Delta^d Y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \cdot \Delta^d Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \cdot e_{t-i} + e_t, \quad (1)$$

где Δ^d — оператор разности временного ряда порядка d , означающий последовательное взятие d раз разностей первого порядка.

При помощи лагового оператора L : $LY_t = Y_{t-1}$ формулу (1) можно записать в виде

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t.$$

Обобщенные модели авторегрессионной условной гетероскедастичности (англ. GARCH; AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) используются для анализа временных рядов, у которых условная дисперсия изменяется и зависит от своих предыдущих значений и прошлых значений ряда. В контексте ARIMA-моделей они применяются к стационарному процессу e_t :

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2,$$

где c_0 — константа; γ_i и β_i — коэффициенты модели; $\{z_t\}$ — случайный процесс независимых одинаково распределенных случайных величин.

В рамках данного исследования $\{z_t\}$ подчиняется стандартному нормальному закону. Таким образом, совокупность уравнений, описывающих ARIMA(p, d, q)-GARCH(r, s)-модель, имеет следующий вид:

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t;$$

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2.$$

При наличии действующих на случайный процесс экзогенных факторов используются модифицированные интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего ARIMAX(p, d, q)-GARCH(r, s). В рамках данного исследования рассматривается модификация с одним экзогенным фактором (X_t) без лаговой зависимости, в данном случае соответствующие уравнения модели записываются следующим образом:

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t + w \cdot X_t;$$

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2,$$

где w — действительное число.

Для каждого внешнего параметра рассматриваемой компании осуществлялось построение ARIMA-GARCH- или ARIMAX-GARCH-моделей на основе исторических данных периода 2007—2014 гг. с помощью пакета прикладных программ MATLAB [14]. Модифицированная интегрированная модель авторегрессии — скользящего среднего позволяет учесть корреляцию между рассматриваемыми макропараметрами. Таким образом, отражается влияние цен нефти на цены нефтепродуктов и курс доллара. Выбор конкретных значений p, d, q, s и r обусловлен минимальной величиной байесовского информационного критерия (BIC) [10] для различных комбинаций указанных параметров из множества $\{1, 2, 3, 4, 5\}$. Значения BIC и параметров, определяющих порядок авторегрессий, представлены в табл. 1. Статистическая значимость и качество всех построенных моделей оценены на основе асимптотического теста Фишера и анализа стандартных ошибок коэффициентов авторегрессий. Средняя ошибка аппроксимации для полученных моделей не превышает 9,8%.

Графики, изображенные на рис. 1 и 2, иллюстрируют поведение основных внешних факторов в течение 22 кварталов исторического периода 2010—2014 гг. и 50 реализаций их ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей на прогнозируемом временном промежутке 2014—2021 гг., отличающихся друг от друга поведением случайного процесса z_t . В рамках данной статьи не представляется возможным продемонстрировать полный статистический анализ всех построенных авторегрессий из-за большого количества внешних параметров, однако на основе полученных графиков и вышеизложенного можно сделать вывод о достаточном для целей исследования качестве статистических моделей.

Порядок ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей внешних параметров¹

Таблица 1

Внешний фактор системно-динамической модели	p	d	q	s	r	X	BIC
1. Курс доллара к рублю	1	1	1	0	1	1 (2)	109,61
2. Цены на нефть (мировые)	3	2	1	3	2	0	169,87
3. Цены на нефть (РФ)	3	2	1	4	1	1 (2)	386,22
4. Цены на дизель (мировые)	2	0	1	2	1	1 (2)	269,67
5. Цены на дизель (РФ)	2	1	1	3	2	1 (3)	357,52
6. Цены на бензин (мировые)	3	2	1	2	1	1 (2)	283,10
7. Цены на бензин (РФ)	2	1	1	2	2	1 (3)	383,74
8. Цены на мазут (мировые)	3	2	1	3	2	1 (2)	247,01
9. Цены на мазут (РФ)	3	2	1	2	2	1 (3)	358,32
10. Средние цены на прочие нефтепродукты (мировые)	3	2	1	3	3	1 (2)	260,85
11. Средние цены на прочие нефтепродукты (РФ)	3	1	1	1	3	1 (3)	387,89
12. Основная ставка НДПИ	3	2	2	3	3	0	270,87
13. Удельная себестоимость общехозяйственных расходов	1	1	1	1	1	0	311,86
14. Удельная себестоимость переработки	3	0	1	2	2	0	302,73
15. Удельная себестоимость добычи	3	2	1	2	1	0	269,15
16. Ставка привлекаемых кредитов	1	1	1	2	2	0	74,28

Примечание. Столбец X указывает на наличие (значение «1») или на отсутствие (значение «0») в модели экзогенного фактора, номер которого указан в скобках в соответствии с данной таблицей.

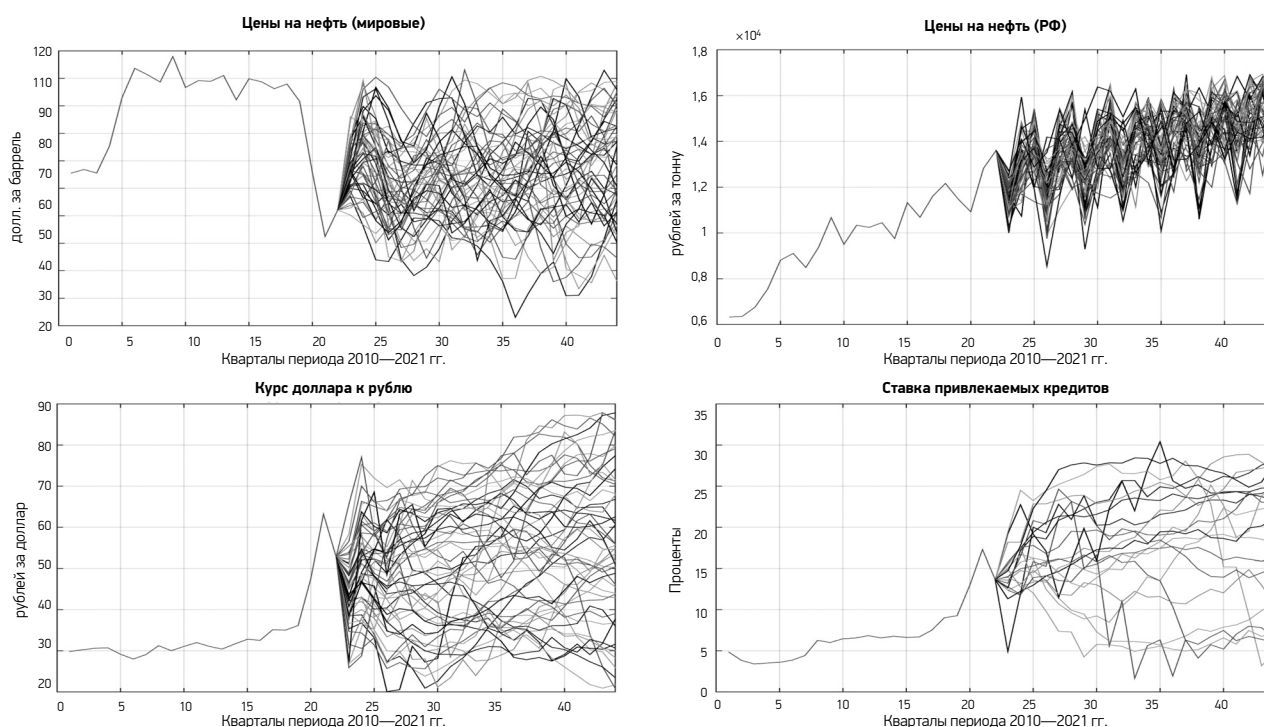


Рис. 1. Макроэкономические переменные. Исторические данные и реализации соответствующих ARIMA-GARCH и ARIMAX-GARCH моделей в течение моделируемого периода

¹ В данном случае нулевое значение параметра, определяющего порядок, означает отсутствие соответствующего слагаемого в ARIMA-GARCH-модели.

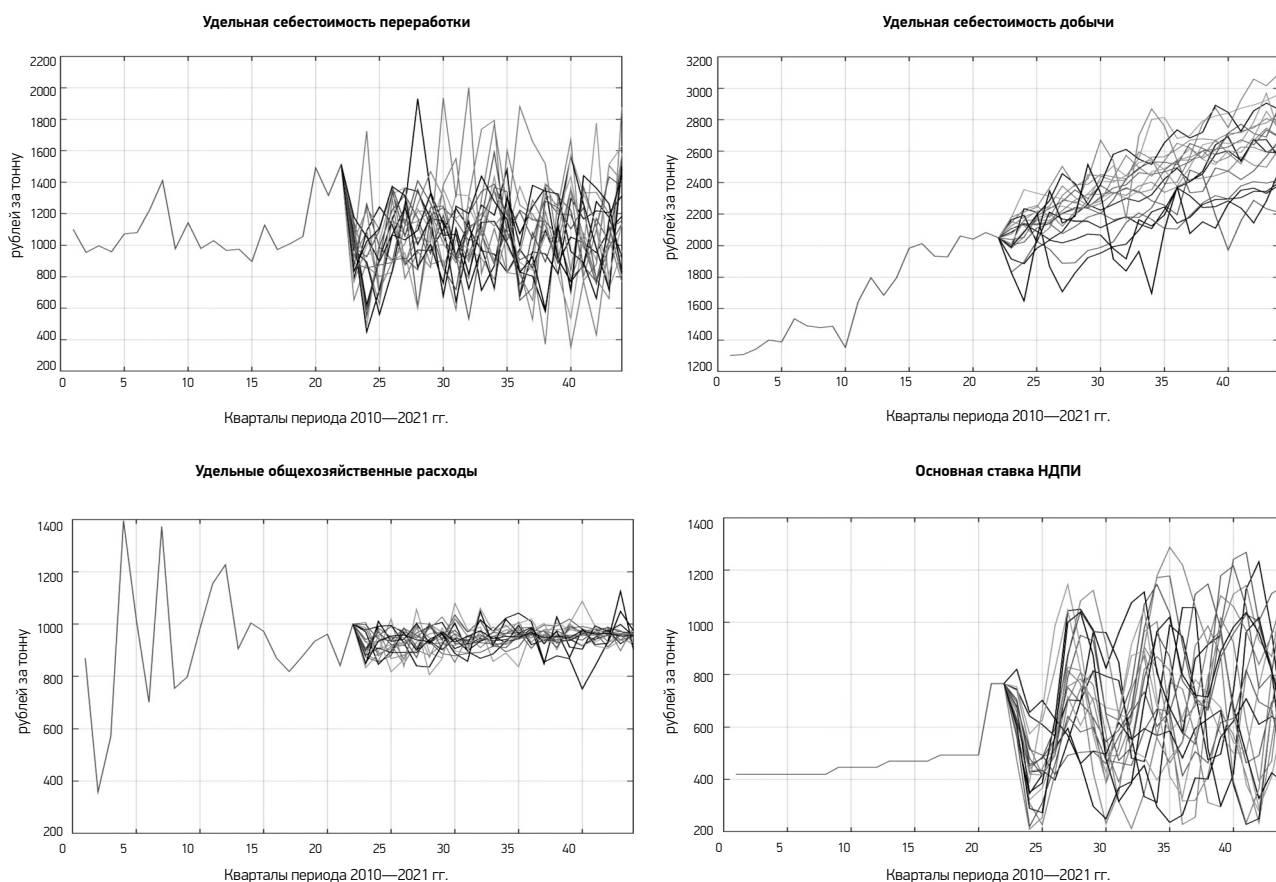


Рис. 2. Макроэкономические переменные. Исторические данные и реализации соответствующих ARIMA-GARCH-моделей в течение моделируемого периода

2. Оценка вероятности дефолта компании

Для того чтобы оценить вероятность дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия, была произведена симуляция системно-динамической модели компании со второго квартала 2014 г. с учетом различных сценариев внешних макроэкономических параметров, реализуемых описанными ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделями. Общее количество экспериментов по схеме Бернулли с двумя исходами составило 10 000. В каждом из них фиксировался факт наступления или ненаступления банкротства предприятия в течение различных периодов времени: одного, двух, трех, четырех, пяти и десяти лет. В результате

вероятность дефолта для каждого временного промежутка рассчитывалась по формуле

$$p = \frac{k}{n},$$

где k — количество экспериментов, в которых компания претерпела дефолт; n — общее число запусков модели.

Затем осуществлялось построение доверительных интервалов с уровнями доверия 95 и 99% при помощи стандартного метода Клоппера — Пирсона [1] для биномиального распределения. Полученные результаты представлены в табл. 2. В данном случае вероятность дефолта показывает процент случаев,

Оценка вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия

Таблица 2

Период наступления дефолта	$L_{\text{нижн}}^{95}$	$L_{\text{верхн}}^{95}$	$L_{\text{нижн}}^{99}$	$L_{\text{верхн}}^{99}$	Вероятность дефолта, %	Moody's (1983—2016)	Fitch (1981—2015)	Moody's (2015)
1 год	0,787	1,182	0,736	1,252	0,97	0,47	0,77	0,905
2 года	1,987	2,581	1,904	2,682	2,27	1,54	2,51	
3 года	3,386	4,141	3,278	4,267	3,75	2,85	4,04	
4 года	4,667	5,539	4,54	5,683	5,09	4,15	5,58	
5 лет	8,524	9,66	8,355	9,845	9,08	5,47	6,83	
10 лет	10,949	12,213	10,76	12,417	11,56	10,36	9,92	

$L_{\text{нижн}}^{95}$, $L_{\text{верхн}}^{99}$ — нижняя и верхняя границы доверительного интервала с уровнем доверия 95%.

$L_{\text{нижн}}^{95}$, $L_{\text{верхн}}^{99}$ — нижняя и верхняя границы доверительного интервала с уровнем доверия 99%.

Moody's (1983—2016) — средний процент разорившихся компаний в течение различного периода (1—5 лет и 10 лет) и имевших рейтинг Ba1.

Fitch (1981—2015) — средний процент разорившихся компаний в течение различного периода (1—5 лет и 10 лет) и имевших рейтинг BB+.

Moody's (2015) — процент разорившихся в 2015 г. компаний с рейтингом Ba1.

соответствующих дефолту предприятия (т.е. определяется как $p \cdot 100$).

В 2015 г. компании Башнефть был присвоен рейтинг Ba1 агентством Moody's [15] и BB+ агентством Fitch [13]. В табл. 2 показан средний процент разорившихся компаний с этим рейтингом в течение различных периодов времени (1—5 и 10 лет), установленный на основе данных временного отрезка 1983—2016 гг. для Moody's и 1981—2015 гг. для Fitch. Последний столбец содержит информацию о проценте предприятий, имевших рейтинг Ba1 агентства Moody's в начале 2015 г. и объявивших дефолт в течение этого года. Обратим внимание, что средний за период 1983—2016 гг. процент разорившихся в течение года компаний ниже аналогичного показателя для 2015 г. При этом данные рейтинговых агентств различаются между собой на 1—1,5 пункта, что позволяет считать подобную разницу при сравнении результатов моделирования с оценками рейтинговых агентств допустимой.

На основе представленной таблицы можно сделать вывод о близости данных рейтинговых агентств и оценки вероятности дефолта, полученной с помощью системно-динамической модели. В большинстве случаев модельная вероятность банкротства лежит между оценками рейтинговых

агентств, а найденные доверительные интервалы покрывают величину среднего процента разорившихся компаний с погрешностью в 0,1—3 пункта. Наиболее точными можно назвать результаты, полученные при оценке вероятности наступления дефолта в течение одного года, двух, трех и четырех лет. Расхождения, имеющие место при рассмотрении прогнозных периодов в 5 и 10 лет, можно объяснить недостаточной для таких больших промежутков времени точностью ARIMA-GARCH-моделей, которые не способны учесть изменения, произошедшие на рынке за это время. Кроме того, использованная при построении системно-динамической модели компании Башнефть информация не является исчерпывающе полной, так как основана только на анализе открытых источников. Заметим, что банки имеют возможность получать любые данные от своих заемщиков и тем самым уточнять его системно-динамическую модель.

Заключение

В статье предложен способ оценки вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия на основе системно-динамической модели, описывающей структуру и поведение исследуемой компании. В качестве внешних параметров,

влияющих на состояние компании, были рассмотрены цены на нефть и нефтепродукты, которыми торгует предприятие, курс доллара к рублю, ставка привлекаемых и погашаемых кредитов, основная ставка НДПИ, удельные себестоимости добычи, переработки и общехозяйственных расходов. Моделирование динамики внешних факторов в течение периода 2015—2025 гг. осуществлялось по методу Монте-Карло на основе ARIMA-GARCH-моделей.

Сравнительный анализ полученных результатов и данных Moody's и Fitch демонстрирует близость моделируемой вероятности банкротства предприятия и соответствующих оценок рейтинговых агентств, что позволяет сделать вывод о приемлемости описанного подхода для оценки вероятности дефолта заемщика.

Литература

1. Bollerslev T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity // *Journal of Econometrics*. 1986. № 31. P. 309—328.
2. Clopper C.J. The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial / C.J. Clopper, E.S. Pearson // *Biometrika*. 1934. № 26. P. 404—413.
3. Engle R.F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the UK inflation // *Econometrica*. 1982. № 50. P. 987—1008.
4. Forrester J.W. *Urban Dynamics* / Pegasus Communications. 1969.
5. Forrester J.W. *Industrial Dynamics* / MIT Press. 1961.
6. Gurný P., Gurný M. Comparison of credit scoring models on probability of default estimation for us banks // *Prague economic papers*. 2013.
7. Morecroft J. and Sterman J. (eds.) *Modeling for Learning Organizations*. Portland, OR: Productivity Press. 1994.
8. Riddalls C.E., Bennett S. Modeling the dynamics of supply chains // *International Journal of Systems Science*. 2000.
9. Roberts E.B. (editor) *Managerial Application of System Dynamics* / Productivity Press. 1994.
10. Schwarz G. Estimating the dimension of a model // *Annals of Statistics*. 1978. № 2. P. 461—464.
11. Sterman J.D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: McGraw-Hill Companies, 2000.
12. URL: http://www.bashneft.ru/shareholders_and_investors/finance-results/
13. URL: <https://www.fitchratings.com/site/regulatory>
14. URL: <https://www.mathworks.com/>
15. URL: <https://www.moodys.com/Pages/GuideToDefault-Research.aspx>
16. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.
17. Куренной Д.С., Голембиовский Д.Ю. Системно-динамическая модель кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании // *Проблемы анализа риска*. Т. 14. 2017. № 1 С. 6—22.
18. Справочник аналитика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bashneft.ru/>
19. Тотьянина К.М. Обзор моделей вероятности дефолта // *Управление финансовыми рисками*. 2011. № 1 (25). С. 12—24.

Сведения об авторах

Куренной Дмитрий Святославович: аспирант кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова

Количество публикаций: 3

Область научных интересов: системная динамика, оптимизация, машинное обучение, математическое моделирование

Контактная информация:

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 52

Тел.: +8 (915) 492-26-25

E-mail: dima-kurennoy@yandex.ru

Голембиовский Дмитрий Юрьевич: профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, д. т. н., профессор

Количество публикаций: более 50

Область научных интересов: стохастическая оптимизация, производные финансовые инструменты, управление рисками, системная динамика

Контактная информация:

Адрес: 119435, г. Москва, Новодевичий проезд, д. 6, кв. 24

Тел.: +8 (916) 142-83-51

E-mail: golemb@cs.msu.ru

Аннотации статей на английском языке

HOW LARGE COMPANIES MANAGE RISK. THE PRACTICE OF RISK ASSESSMENT IN PUBLIC CORPORATION «RUSSIAN RAILWAYS» AND THE DIRECTION OF DEVELOPMENT

V. A. Gapanovich, JSC "Russian Railways", Moscow

I. B. Shubinsky, O. B. Pronevich, V. E. Shved, JSC "Scientific Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport", Moscow

Annotation. The article considers some methods of risk management at production facilities and problems of residual risk assessment. A brief review of the areas of application of standardized methods for risk assessment was conducted, as well as an analysis of the results of assessing occupational fire and occupational risks in railway transport. The approach to management of residual risk is offered on the basis of the factors forming it.

Keywords: risk, residual risk, hidden failure, human factor, quantitative assessment, risk matrix, integrated assessment.

INFORMATION SUPPORT OF MONITORING AND DEVELOPMENT RISKS FOR SOCIAL, NATURAL AND TECHNOGENIC SYSTEMS

V. V. Moskvichev, Institute of Computational Technologies SB RAS, Krasnoyarsk

V. V. Nicheporchuk, ISM SB RAS, Krasnoyarsk

V. P. Potapov, Institute of Computational Technologies SB RAS, Kemerovo branch, Kemerovo

O. V. Taseiko, Institute of Computational Technologies SB RAS, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk

M. I. Faleev, Strategic Research Center of EMERCOM of Russia, Moscow

Annotation. This paper presents the methodology and technologies of information resources formation for informational analytical systems in the territorial management of development risks and safety of social, natural and technogenic systems. The structure of information flows of spatial monitoring data as a basis for centralized data warehouse and information exchange methods is proposed here. Principal requirements to information resources for risk assessment are formulated.

Keywords: S-N-T system, information exchange, data analysis technologies.

INTRODUCTION PROBABILISTIC AND STATISTICAL METHOD AND RISK — THE ORIENTED APPROACH IN PRACTICE PLANNINGS OF CIVIL DEFENSE

A. V. Shevchenko, Open Company "Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies — Gazprom VNIIGAZ", the settlement. Fork, with / p Razvilkovsky, Lenin area, Moscow region

Annotation. On the basis of probabilistic-statistical method methodical aspects of formation of system of initial data on an assessment of a possible situation which can develop as a result of influence of the opponent in the territory of the Russian Federation in the conditions of the modern military conflict are considered. The advantages of the probabilistic-statistical method over the traditional deterministic one are shown on the example of "fast global impact". It is shown that the risk-based approach can be successfully applied in civil defense planning activities in conjunction with the state supervision in the field of civil defense. The introduction of a risk-based approach will help to determine the risks of possible military conflicts against Russia, to identify priority scenarios of military conflicts for civil defense planning, to assess the effectiveness of planning, to make timely adjustments to the results of monitoring of potential threats and the state of civil defense.

Keywords: «fast global blow», probabilistic and statistical method, possible situation, civil defense, planning, risk — the oriented approach, system of basic data, modern military conflict, distribution function.

THE RISKS OF RUSSIA'S GARBAGE ECOLOGICAL CATASTROPHE

Yu. I. Sokolov, Russian Scientific Society for Risk Analysis, Moscow

Annotation. The article deals with the risks associated with the uncontrolled increase in the volume of municipal waste placed around cities, and the lack of an infrastructure for the safe disposal of waste.

Keywords: municipal waste, solid municipal waste landfills, places of unauthorized garbage disposal, garbage disposal, separate garbage collection, garbage disposal, garbage truck, incineration plant, reclamation of garbage disposal sites, accumulated environmental damage.

NEGATIVE ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS IN RUSSIA IN 20-TH CENTURY: ISSUES OF FORMER MINING AND PROCESSING PLANT "TUVACOBALT"

V. I. Zabelin, Institute of Complex Development of Natural Resource

Annotation. The article regards the main factors of harmful impact on environment as well ecological security issues of former Mining and Processing Plant (MPP) "TUVACOBALT" on the base of geoecological researches of Tuvinskiy Institute of Integrated Development of Natural Resources of the Siberian Department of the Russian Academy of Sciences in 1962—2017. Analyses results of arsenic containing cobalt ores as well as tails of their hydrometallurgical conversion, soils, waters and plants are presented; it is highlighted the hazard from huge volumes of accumulated high concentration arsenic waste products, including in the toxic soluble state. At present the waste products are exposed to wind and water erosion, at possible mass effluence into High Yenisei basin they represent the large scale threat of environment pollution. To solve the problem of territorial ecological safety of former MPP is possible only by creation of the new technologically advanced mining and processing enterprise that disposes of arsenic containing waste products.

Keywords: arsenic, cobalt, waste products, threats, pollution, new enterprise

ASSESSMENT AND CONSIDERATION OF INVESTMENT RISKS IN FORECAST STUDIES OF ENERGY DEVELOPMENT

Y. D. Kononov, D. Y. Kononov, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk

Annotation. The research substantiates the importance of the investment risk assessment and consideration in the energy development forecasts. A focus is made on the methods of such an assessment in determination of strategic threats to energy security and in optimization models applied in the long-term energy planning.

Keywords: energy sector, forecasting, uncertainty, strategic threats, investment risks, modeling, optimization, discounting.

RISK ASSESSMENT OF THE EMERGENCY EXPIRATION OF GAS FROM THE GAS PIPELINE UNDER ABNORMAL METEOCONDITIONS OF THE NORTH

M. I. Zakharova, V. P. Larionov Institute of Physics-Technical Problems of the North, SB RAS, Yakutsk

Annotation. Low temperatures and abnormal meteoconditions of the North have significant effect both on the frequency of accidents, and on development of accidents. Abnormal weather conditions of the North are characterized by the powerful temperature inversions arising at an anti-cyclone at the expense of the radiation of permafrost soil at extremely low temperatures of air and conditions of air stagnation. These abnormal conditions influence process of gas dispersion in the atmosphere, promoting his delay and formation of explosive concentration of gas at the Earth's surface. As a result the accidents risk of the gas pipelines occurring according to the scenario — the expiration of gas without the subsequent ignition increases. The formed congestion of explosive concentration of gas at Earth can lead further to explosion and the fire.

Methodical approach to risk assessment of the emergency expiration of gas from the gas pipeline under abnormal meteoconditions of the North is presented in article. "The event tree" of the gas expiration from the gas pipeline at low ambient temperatures taking into account abnormal meteoconditions is developed. The implementation frequencies of emergency scenarios at the expiration of gas from the gas pipeline intended for quantitative assessment of accidents risk of gas pipelines at low ambient temperatures are estimated. Influence of temperature inversion on the size of excessive pressure of a shock wave at explosion of a cloud of air-gas mix of methane and to increase in range of the striking factors at failure of the gas pipeline is proved.

Keywords: risk analysis, gas expiration, temperature inversion, dispersion, frequency of emergency scenarios, shock waves.

ESTIMATING THE PROBABILITY OF OIL COMPANY DEFAULT BASED ON SYSTEM DYNAMICS MODEL

D. S. Kurennoy, D. Yu. Golembiovskiy, Moscow State University, Moscow

Annotation. This study demonstrates the possibility of using a system-dynamic model of oil producing and refining enterprise for assessing the probability of its default. The obtained results are compared with the estimations of rating agencies.

Keywords: system dynamics, credit risk, reverse stress testing, risk management.

Инструкция для авторов

1. Общие требования к представлению статьи. Журнал «Проблемы анализа риска» публикует междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: техногенного, природного, социально-экономического, финансового, экологического и др.

Представляемая в редакцию статья должна соответствовать тематике журнала, быть написана на русском языке (титульный лист представляется на русском и английском языке), быть оригинальной, ранее не опубликованной и не представленной к публикации в другом издании.

Авторы несут ответственность за достоверность приведенных сведений, отсутствие данных, не подлежащих открытой публикации, и точность информации по цитируемой литературе.

Все представленные в редакцию журнала рукописи авторам не возвращаются.

2. Порядок представления рукописи. Первоначальное представление статьи в редакцию журнала осуществляется в электронном виде одним из следующих способов: с помощью электронной почты на e-mail journal@dex.ru; на CD-диске по почте; непосредственно в редакцию журнала на любом электронном носителе.

В наименовании электронного файла должны быть указаны: первый автор статьи, сокращенное название статьи, дата представления (например, «Иванов_Стандарты финансового РМ_120111»). На обложке CD-диска или в теме сообщения, посланного на электронный ящик редакции, должно быть указано наименование файла статьи.

Статья будет направлена на рецензирование одному или двум экспертам. Возможно, потребуются доработка или переработка статьи по результатам рецензирования до принятия решения о ее опубликовании.

После принятия решения об опубликовании статьи авторы должны представить в редакцию окончательный подписанный вариант рукописи, на бумажном носителе, а также электронную версию статьи и свою фотографию, приложив их к рукописи на CD-диске или передав на электронный почтовый ящик редакции (par@dex.ru, journal@dex.ru). Редакция оставляет за собой право дальнейшей редакционной и корректорской правки статьи. Корректуре автору в обязательном порядке не высылается, с ней можно ознакомиться в редакции.

Если статья не принимается к печати, автору высылается отказ по электронной почте.

3. Лицензионный договор. Если принято решение об опубликовании статьи, в соответствии с требованиями Гражданского кодекса РФ между авторами и журналом заключается лицензионный договор с приложением к нему акта приема-передачи произведения. С лицензионным договором и актом приема-передачи произведения можно ознакомиться на сайте www.dex.ru в разделе «Инструкция для авторов». Данные документы, подписанные со стороны авторов, должны быть переданы в редакцию вместе с окончательным подписанным вариантом рукописи.

4. Общие требования к рукописи. Электронный файл рукописи должен быть сформирован с использованием стандартных пакетов редакторских программ (например, MS Word, WordPad).

Формат страниц: А4, рекомендуемые отступы от краев листа: сверху — 3 см, слева и справа — 2 см, рекомендуемый шрифт Times New Roman, 12 пт, межстрочный интервал — одинарный или полуторный. Страницы должны быть пронумерованы.

Файл со статьей должен содержать:

- 1) титульный лист (на русском и английском языке),
- 2) текст статьи (введение, структурированные разделы статьи, заключение),
- 3) литературу (последовательный перечень цитируемой литературы),
- 4) сведения об авторах.

5. Титульный лист. Представляется на русском и английском языках и должен включать: УДК, краткое информативно-смысловое название, инициалы, фамилию, краткое (по возможности) наименование организации (при указании организации не допускается приводить только аббревиатуру). Располагается после фамилии автора, город, аннотацию: должна быть краткой (не более 200 слов), информативной и отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, ключевые слова (не более 15) должны способствовать индексации и классификации, содержание: включает заголовки первого уровня разделов, использование ссылок и указание страниц не допускается.

6. Текст статьи. Основной текст статьи должен содержать: введение, структурированные, пронумерованные разделы статьи, заключение, литература.

Введение должно содержать четкое обозначение целей и задач работы. В нем могут даваться ссылки на ключевые работы в области исследования, но введение не должно быть литературным или историческим обзором.

Структурированные разделы статьи должны содержать четкое и последовательное изложение материала работы. Заголовки разделов основной части должны иметь нумерацию (1, 2, 3 и т. д.), эта же нумерация должна быть отражена в содержании (разделы введение, заключение, литература, сведения об авторах не нумеруются). Допускается в каждом разделе создавать подзаголовки разделов.

Заключение должно включать основные выводы, обсуждение спорных моментов, значимость теоретических положений, их ограничения; место и роль в разрезе предыдущих исследований, возможностей практических приложений.

7. Требования к таблицам, рисункам и формулам

Таблицы и рисунки рекомендуется располагать внутри текста после первого указания на них. Размер таблиц и рисунков не должен выходить за рамки формата текста. Все таблицы и рисунки должны быть последовательно пронумерованы и иметь краткое название (название таблиц дается над таблицей, рисунков — под ними).

Таблицы и рисунки должны быть понятными безотносительно к объяснению в тексте. Пояснения к таблицам и рисункам должны быть краткими. Пояснения к таблицам должны располагаться внизу таблицы и иметь указатели с использованием надстрочной буквенной или цифровой индексации (меньшего размера относительно текста). Пояснения к рисункам должны располагаться под названием рисунков с использованием шрифта меньшего размера относительно текста названия рисунков.

Таблицы представляются в стандартном редакторе MS Office, например MS Word или MS Excel.

Рисунки должны быть высокого качества. Графики должны предоставляться преимущественно в формате MS Excel. Схемы и карты предоставляются в векторных форматах EPS, CDR. Фотографии и другие иллюстративные материалы, предоставляемые в виде растровых изображений, должны иметь разрешение 300 dpi (при размере на формат издания) и быть в форматах TIFF или JPEG (без сжатия). На растровых рисунках должны хорошо прочитываться текст и все значимые элементы.

Формулы отдельно стоящие формулы должны быть набраны с использованием стандартных средств MathType или Equation.

Переменные величины и элементы формул, располагаемые внутри текста, набираются по возможности с использованием текстовых выделений (нижний, верхний регистры, курсив, греческие буквы и т.д.)

Формулы и буквенные обозначения должны быть тщательно выверены автором, который несет за них полную ответственность.

8. Литература. Библиографические ссылки в статье рекомендуется осуществлять как затекстовые ссылки и обозначать номерами в порядке цитирования в квадратных скобках, например [1] или [2—5], при необходимости с указанием страниц. Ссылки на неопубликованные работы недопустимы. Список литературы должен размещаться в конце статьи и составляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Порядок составления списка следующий: для книг: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название, место и год издания, издательство, общее количество страниц; для глав в книгах и статей в сборниках: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, полное название книги, фамилия и инициалы редактора (редакторов), место и год издания, издательство, номера первой и последней страниц; для журнальных статей: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц. Если число авторов больше трех, вначале пишется название статьи, затем все авторы и далее название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц; для диссертаций: фамилия и инициалы автора, докторская или кандидатская, полное название работы, год и место издания.

Ссылки на литературу в статьях, представленных для публикации зарубежными авторами, могут производиться с использованием международного стандарта.

Авторы самостоятельно несут ответственность за точность информации по цитируемой литературе.

9. Сведения об авторах. Сведения об авторах должны включать: фамилию, имя и отчество (полностью), степень, звание и занимаемую должность, полное и краткое наименование организации, число публикаций, в том числе монографий, учебных изданий, область научных интересов, контактную информацию: почтовый адрес, телефон, факс, e-mail.

Учредители:

- Общероссийская общественная организация «Российское научное общество анализа риска»
- ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)
- Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Журнал внесен 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

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

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

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

Мнение членов редколлегии и редсовета может не совпадать с точкой зрения авторов

Редакция не имеет возможности вести переписку с читателями (не считая ответов в виде журнальных публикаций)

Журнал издается с 2004 года. Периодичность: 1 раз в 2 месяца

© Проблемы анализа риска, 2018

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

Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 печ. л. Печать офсетная. Тираж 1000 экз. Подписано в печать 24.04.2018.

Редакция:

Главный редактор
Быков Андрей Александрович
E-mail: journal@dex.ru, par@dex.ru

Ответственный секретарь
Виноградова Лилия Владимировна
E-mail: journal@dex.ru

Отдел подписки
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

Верстка:
Луговой Александр Вячеславович,
Столбова Марина Сергеевна

Корректурa:
Легостаева Инна Леонидовна,
Синаюк Рива Моисеевна,
Шольчева Янина Геннадьевна

Дизайн: АО ФИД «Деловой экспресс»

Адрес редакции:
125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
АО ФИД «Деловой экспресс»
Тел.: +7 (495) 787-52-26

Издание, распространение и реклама —
АО ФИД «Деловой экспресс»,
125167, Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

<http://www.dex.ru>

 <https://vk.com/parjournal>