

**Анализ экологических рисков на магистральных
и технологических нефтепроводах**

И. Н. Квасов¹, Е. В. Шендалева¹, О. В. Штенгауэр², М. А. Александров^{3*}

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

²Омское моторостроительное объединение им. П. И. Баранова, г. Омск, Россия

³Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

*e-mail: turaleksandrov@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам анализа экологического риска аварии на магистральных и технологических нефтепроводах. Актуальность темы состоит в нормативном введении требований об оценке риска во многие сферы деятельности, связанные с опасностью или неопределенностью результата. Так, требования об оценке риска изложены во всех международных стандартах на системы менеджмента, начиная с ISO 9001. Целью статьи является анализ аварийной ситуации на нефтепроводе для прогнозирования долговременных экологических последствий. Задачей исследования является разработка концептуальной модели воздействия техногенной аварии на экологическую среду. В ходе решения поставленной задачи были выбраны методы исследования и разработаны ситуационные модели оценивания риска. По результатам предварительного расчета можно сделать вывод о высоком уровне экологического риска, не учитываемом в системах экологического менеджмента нефтяных компаний.

Ключевые слова: экологический риск; трубопроводный транспорт; магистральный нефтепровод

**Environmental risk analysis of accident on main
and technological oil pipelines**

**Igor N. Kvasov¹, Elena V. Shendaleva¹, Olga V. Shtengauer²,
Michael A. Aleksandrov^{3*}**

¹Omsk State Technical University, Omsk, Russia

²Omsk engine-building association of P. I. Baranov, Omsk, Russia

³Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

*e-mail: turaleksandrov@mail.ru

Abstract. Article is devoted to questions of environmental risk analysis of accident on main and technological oil pipelines. The relevance of a subject consists in standard introduction of requirements about risk assessment to many fields of activity, related to danger or result indeterminacy. Thus, risk assessment requirements are stated in all international standards on the management systems, starting with ISO 9001. The aim of the article is consideration of a contingency situation on the oil pipeline in respect of its long-term environmental impacts. A research problem is development of conceptual model of man-caused accident impact on

the ecological environment. During the solution of an objective research techniques were chosen, and situational models of risk estimation are developed. Based on the predesigned results, it is possible to draw a conclusion on the high level of environmental risk which isn't considered in the ecological management systems of the oil companies.

Key words: environmental risk; pipeline transportation; main oil pipeline

Введение

В любой деятельности человека присутствует риск. В ГОСТ Р 51897-2011¹ риск определен как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей». Риск характеризуют сочетанием вероятности возможного события² и его последствий (ущербов) [1].

Загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами — одна из главных экологических проблем во многих регионах России. Транспортируемая нефть и нефтепродукты по магистральным и технологическим трубопроводам при возникновении техногенных ситуаций могут оказывать негативное воздействие на природные ресурсы: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвенный покров, недра, растительный и животный мир, а также жизнь и здоровье людей.

Социально-экологическая ответственность нефтяных компаний представляет собой осознанную и мотивированную реализацию мероприятий по предупреждению и сокращению аварийных ситуаций и опасных воздействий на окружающую среду. Внедрение системы экологического менеджмента в деятельность компаний требует обязательного анализа экологических рисков.

Постановка задачи

В рамках социально-экологической ответственности нефтяные компании должны оценивать не только технические риски (пожарный риск, риск аварий и т. д.), но и экологические риски, как кратковременные, так и долговременные. Однако компании чаще всего ограничивают оценивание рисков конечными событиями техногенных аварий, то есть оценивают ущербы и вероятности событий, произошедших непосредственно в ходе аварий.

При таком подходе экологические риски рассматривают в виде реализации технических рисков (разливы нефти, загазованность территории и помещений и т. д.), но не с позиций потенциального экологического вреда для персонала и населения, флоры и фауны, воздушных, земельных и водных ресурсов окружающих территорий [2–4].

В то же время в Российской Федерации действует значительное количество законов и подзаконных актов, связанных с природоохранными, санитарно-гигиеническими и токсикологическими требованиями, которые не учтены в методиках оценки экологического риска нефтяных компаний.

Целью статьи является анализ возможных долговременных экологических последствий аварийной ситуации при транспорте нефти и нефтепродуктов по промышленным трубопроводам и магистральному нефтепроводу.

¹ ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения. – Введ. 2011-11-16. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

² ГОСТ Р 54135-2010. Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общие аспекты и мониторинг. – Введ. 2010-12-21. – М.: Стандартинформ, 2010. – 39 с.

Задачей исследования является разработка концептуальной модели и ситуационных моделей воздействия техногенной аварии на экологическую среду.

Решение данной задачи связано с несколькими аспектами:

- идентификация конечных событий техногенных аварий в качестве исходных экологических бедствий для оценивания экологического риска;
- построение ситуационных моделей оценивания экологического риска с использованием «деревьев событий»;
- оценивание экологического ущерба;
- оценивание экологического риска техногенной аварии.

Теория

Нефть и нефтепродукты представляют собой сложную жидкую смесь углеводородов и высокомолекулярных углеводородных соединений с атомами кислорода, азота, серы и молекулами воды, углеводородных газов, органических кислот, минеральных солей и других элементов.

Вредные свойства нефти³ и углеводородных фракций [5, 6] заключаются в следующем:

- нефть имеет низкую температуру вспышки (36 °С); способна накапливать электрические заряды, создающие реальную угрозу взрыва, пожара и поражения людей; образует пирофорные соединения с серой, способные самовоспламениться при контакте с воздухом;
- нефть и нефтепродукты токсичны;
- большинство фракций нефти химически агрессивны;
- углеводородные газы, содержащиеся в нефти, токсичны и взрывоопасны; они тяжелее воздуха в 3–4 раза, скапливаются в пониженных местах и продолжительное время сохраняются там;
- нефть в различных состояниях взрыво- и пожароопасна.

Анализ экологического риска связан с неопределенностью влияния каждого вредного фактора и сочетания этих факторов на биосферу, конкретного человека и определенную социальную группу.

Оценку воздействия техногенных аварий на природную обстановку⁴ проводят с учетом [7, 8]:

- состава и свойств грунтов в природном залегании;
- толщины и плотности снежного покрова, режима его накопления, теплофизических свойств;
- характеристики растительного и почвенного покрова и их тепло- и массообменных свойств;
- степени заболоченности и обводненности территории;
- распределения температуры грунта по глубине;
- наличия рельефообразующих процессов (криогенных зон, эрозии, песков и др.);
- влияния метеорологических факторов;
- состава, численности растительных и животных видов, биопродуктивности экосистем.

³ РД 03-26-2007. Руководящие документы. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Утв. Приказом Ростехнадзора от 14.12.2007 № 859 [Электронный ресурс]. – Введ. 2008-01-25. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200058334>.

⁴ ВСН 014-89. Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Охрана окружающей среды. Утв. Приказом Миннефтегазстроя СССР от 93.05.1989. № 103. – Введ. 1989-07-01. – М.: ВНИИСТ, 1989. – 41 с.

Факторы^{5,6}, влияющие на выбор метода анализа риска [9, 10]:

- сложность проблемы;
- высокая степень неопределенности путей развития экологических бедствий;
- необходимость больших временных и информационных ресурсов;
- неопределенность количественных оценок экологического риска во временном аспекте.

К методу анализа экологического риска предъявляются следующие требования:

- научная обоснованность и соответствие анализируемой системе;
- доступность информации, дающей представление о характере риска и путях его снижения;
- логичность выбора метода анализа риска;
- проверяемость и повторяемость результатов анализа.

В зависимости от вида используемой информации методы анализа риска⁷ делят на качественные и количественные. В настоящее время широко используют разнообразные методы оценки риска [11, 12]:

- детерминированные (качественные: контрольные листы, структурированный анализ сценариев SWIFT, предварительный анализ опасности PHA (Preliminary Hazard Analysis), анализ вида и последствий отказов FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), анализ ошибочных действий AEA, концептуальный анализ риска CHA, концептуальный обзор безопасности CSR (Conceptual Safety Review), анализ ошибок человека HMA (Human Mistakes Analysis), анализ влияния человеческого фактора HRA (Human Risk Analysis), выявление ошибки персонала HEI (Human Error Identification); количественные: кластерный анализ (Cluster Analysis), определение и ранжирование риска HIRA, анализ вида, последствий и критичности отказов FMECA, количественное определение влияния на надежность человеческого фактора HRQ (Human Risk Quality), анализ эффекта домино DEA (Domino Effect Analysis), определение и оценка потенциального риска);
- вероятностные (качественные теоретико-вероятностные: причины последовательности несчастных случаев; количественные теоретико-вероятностные: анализ дерева событий ETA (Event Tree Analysis), анализ деревьев отказов FTA (Fault Tree Analysis), метод анализа «Что было бы, если бы...» (What-if method), дерево решений, вероятностная оценка риска; качественные вероятностно-эвристические: методы экспертного оценивания (индивидуальные, комбинированные, коллективные), аналогий для определения сценариев развития аварий; количественные вероятностно-эвристические: балльные оценки, субъективные вероятностные оценки опасных состояний, согласование групповых решений на основе коэффициентов конкордации, построение обобщенных ранжировок, парных сравнений);
- методы, используемые в условиях неопределенности нестатистической природы (нечеткие качественные: анализ опасности и работоспособности HAZOP (Hazard and Operability Study), нечеткая логика; нейросетевые количественные: прогнозирование нарушений и отказов — нейронные сети прямого

⁵ ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – Введ. 2012-12-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 121 с.

⁶ Руководство по оценке риска для здоровья людей и защиты окружающей среды при использовании химических смесей // Мир стандартов. – 2008. – № 7(28). – С. 69–86.

⁷ ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – Введ. 2009-12-10. – М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с.

распространения и рекуррентные, оперативное управление безопасностью химико-технологических процессов, идентификация предаварийных ситуаций — нейронные сети адаптивного резонанса);

- статистические (качественные: карты потоков, метод Монте-Карло, Марковский анализ; количественные: контрольные карты, Байесовский анализ);
- комбинированные (детерминированные и вероятностные, вероятностные и нечеткие, детерминированные и статистические качественные: логико-графические методы анализа риска ХОО, анализ максимальной возможности возникновения несчастного случая МСЧ, блок-схема надежности RBD, анализ надежности структуры SRA, анализ безопасности SA, таблицы состояний и аварийных сочетаний, оценка токсикологического риска; количественные: оптимальный анализ риска ORA, организованный систематический анализ риска MOSAR, количественная оценка риска QRA).

Детерминированные методы предусматривают анализ этапов развития аварий, начиная от исходного события через последовательность предполагаемых отказов до установившегося конечного состояния.

Вероятностно-статистические методы анализа риска предполагают как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчет относительных вероятностей путей развития аварии.

Методы анализа риска в условиях неопределенностей *нестатистической природы* предназначены для описания неопределенностей источника риска, связанных с отсутствием или неполнотой информации о процессах возникновения и развития аварии; человеческими ошибками; допущениями применяемых моделей для описания развития аварийного процесса.

Комбинированные методы включают в себя различные комбинации перечисленных выше методов.

Полный количественный анализ риска может включать все указанные методы или некоторые из них.

Основные цели интеграции экологического риска в проблемы обеспечения экологической безопасности заключаются в том, что в соответствии с уровнем риска оценивают степень опасности различных видов деятельности для экологической среды; осуществляют ранжирование опасных воздействий, территорий и групп населения; формируют политику в области размещения новых опасных производственных объектов; осуществляют управление экологическим риском с целью его снижения при заданных ограниченных ресурсах.

Процесс оценки экологического риска можно представить в виде последовательности этапов.

Этап 1. Выявление проблемы:

- посещение территории экологического бедствия;
- формулирование аспектов экологического бедствия;
- оценка экологических факторов.

Этап 2. Предварительное оценивание экологического риска:

- оценка влияния вредных факторов на состояние окружающей среды;
- определение ущерба.

Этап 3. Формулирование проблемы оценивания базового риска:

- оценка токсичности вредных факторов;
- разработка концептуальной модели путей воздействия внешних факторов;
- формирование гипотез по разработке ситуационных моделей.

Этап 4. Исследование и обеспечение качества данных по оцениванию риска:

- разработка плана сбора доказательств;

- разработка плана анализа доказательств;
- разработка плана по оцениванию экологического риска.

Этап 5. Проверка плана отбора проб.

Этап 6. Исследование территории экологического бедствия и анализ данных.

Этап 7. Окончательная оценка риска.

Этап 8. Осуществление⁸ корректирующих действий [13–15].

На основании вышеизложенного можно представить концептуальную модель анализа экологического риска в виде

$$R_N = F(U_N, P_N) = \langle U_{Ni}, P_{Ni}(U_{Ni}/U_{Ti}) \rangle,$$

где P_N — вероятность влияния техногенной аварии на природную среду; U_N — ущерб природной среде от техногенной аварии; U_T — ущерб техническим объектам и техносфере; i — вид неблагоприятного события; $P_{Ni}(U_{Ni}/U_{Ti})$ — условная вероятность ущерба природной среде в ходе техногенной аварии и в последующие временные периоды.

Аварии на площадочных сооружениях перекачивающих станций и линейной части трубопроводов могут привести к следующим конечным событиям:

- пролив нефти и нефтепродуктов на почву, водный объект, недра;
- пожар пролива при его воспламенении;
- горение аэрозоля нефти и нефтепродуктов;
- вспышка и последующий пожар смешанных с воздухом паров нефти/нефтепродуктов;
- выброс вскипающей нефти/нефтепродуктов из горящего резервуара;
- образование огненного шара;
- взрыв смешанных с воздухом паров нефти/нефтепродуктов;
- взрывы смешанных с воздухом паров нефти/нефтепродуктов в резервуарах и сооружениях;
- разлет осколков при разрушении сооружений и оборудования;
- травмы людей как следствие влияния ударной волны, разрушения сооружений, осколков;
- тепловое воздействие продуктов горения на людей, животных, растения;
- токсичное воздействие продуктов горения на почву, водные объекты, недра, биосферу;
- токсичное воздействие нефтепродуктов и их смесей с атмосферным воздухом.

Обсуждение результатов эксперимента

Были рассмотрены сценарии развития аварийной ситуации [17–22] в условиях перемещения проливов⁹ по поверхности грунтов и почв, в болотах, в малых водотоках:

- на линейной части нефтепроводов;
- при пожаре горящего пролива;
- при взрыве облака топливовоздушной смеси (ТВС).

⁸ ГОСТ Р 14.09-2005. Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента. – Введ. 2007-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 35 с.

⁹ Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 № 30 «Об утверждении методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (вместе с РД 03-418-01). – Введ. 2001-10-01. – М., 2002. – 25 с.

Пролив нефти	Влияние нефти на атмосферные явления	Образование малогорючих паровоздушных смесей	Испарение лёгких фракций углеводородов	Диспергация углеводородов
			Смещение паров нефти с атмосферной влагой	Образование аэрозолей
			Осаждение паров нефти в несмешанном состоянии	Смещение с каплями влаги, тумана
			Образование горючей паровоздушной смеси	Смещение с каплями влаги дождя
				Осаждение на почву и водоёмы
			Выпадение смеси в осадок и её накопление	Осаждение на здания, оборудование, машины
				Возгорание паровоздушной смеси
				Загрязнение воздуха токсичными веществами
			Перемещение смеси при сильном ветре	
	Влияние нефти на состояние почвы	Проникновение в почвенный слой	Разрушение структуры почвы	Сокращение площади сельскохозяйств. земель
			Изменение химического состава почвы	Нарушение баланса питательных веществ
			Накопление нефти на поверхности почвы	Изменение минерального состава почвы
				Загрязнение подземных вод
			Инфильтрация в грунт, подземные воды	Растрескивание почвы
				Неспособность почвы впитывать влагу
				Заболочивание почвы
			Битумизация и цементация почвы	
	Влияние нефти на водные ресурсы	Распространение на поверхности воды	Формирование плёнки на поверхности	Нарушение окислительных процессов
			Загрязнение токсичными веществами	Изменение температуры воды
				Нарушение концентрации нефти в воде
			Образование эмульсии «нефть в воде»	Перемещение сгустков по поверхности
			Образование эмульсии «вода в нефти»	Опускание сгустков нефти на дно
				Миграция эмульсии в воде
			Поглощение кислорода в воде	Разложение под действием бактерий
				Разложение растений и животных
			Опускание слоя загрязнённой воды	Нарушение биологического равновесия
				Накопление токсичных отложений
	Влияние нефти на флору и фауну	Влияние углеводородов	Нарушение обмена веществ растений	Интоксикация и гибель растений
			Нарушение жизненных процессов	Изменение процессов транспирации
				Снижение процессов ассимиляции
			Нарушение жизненных процессов	Невозможность перемещения и миграций
				Отравление и гибель животных
			Влияние оксида азота	Нарушение функции воспроизводства
			Прямое влияние кислотных осадков	Некроз растений
			Влияние фотохимических реакций	Нарушение роста растений
				Ингибирование ферментативных реакций

Рис. 1. *Дерево событий при рассмотрении влияния пролива нефти на атмосферу, водные ресурсы, почву, биосферу*

При детальном рассмотрении влияния конечных событий техногенных аварий на экологический риск были построены деревья событий для каждого из природных ресурсов (атмосфера, почва, водные ресурсы, биологические ре-

сурсы). На первой стадии анализа был применен один из наиболее широко известных методов¹⁰ — «дерево событий» [23].

На рисунке 1 приведено дерево событий для пролива нефти и нефтепродуктов. На рисунке 2 приведено дерево событий для оценки влияния пожара горящего пролива.

Взрыв облака ТВС не оказывает прямого воздействия на почву и воду, а влияет косвенно через загрязнение почвы продуктами горения, изменение биохимических показателей водных стоков и т. д. Эти факторы были рассмотрены в деревьях событий влияния пожара горящего пролива и распространения пролива. На рисунке 3 приведено дерево событий для оценки влияния взрыва ТВС.

Пары нефти, пожар горящего пролива, взрыв облака ТВС оказывают на человека огромное негативное влияние. При этом риск заболеваний человека является в основном долговременным. На рисунке 4 приведено дерево событий для оценки влияния конечных событий техногенных аварий на здоровье человека.

Пожар пролива нефти	Влияние пожара на атмосферу	Задымленность	Образование фотохимического смога	Уменьшение прозрачности атмосферы	Уменьшение солнечной радиации
			Дымовые аэрозоли	Взаимодействие с атмосферной влагой	Кислотные осадки - дожди и туманы
					Изменение температуры воздуха
					Воздействие на озоновый слой
		Диффузионное горение паров нефти	Загрязнение токсичными веществами	Рост концентрации продуктов горения	Снижение концентрации кислорода
					Конвенкция потоков продуктов горения
	Влияние пожара на водные ресурсы	Выделение окисей азота и углерода	Реакция газов с водой	Превращение воды в растворы кислот	Понижение pH дождевой воды
					Снижение pH пресной воды
					Повышение кислотности среды
		Изменение гидротермических показателей	Изменение гидрологического режима		Изменение русловых процессов водотока
					Усиление испарения воды
		Изменение биохимических показателей			Нарушение баланса микроэлементов
	Влияние пожара на почву	Изменение физико-химических свойств	Нарушение баланса микроэлементов	Изменение кислотности почвы	Увеличение значения pH
			Испарение влаги из почвы		Снижение pH пресной воды
			Разрушение почвенного перегноя	Утрачивание почвой пористости	Развитие ветровой эрозии
		Сгорание растений	Изменение содержания гумуса в почве		Заиливание почвы
		Загрязнение почвы продуктами горения			Повышение зольности в почве
					Образование сажи
					Накопление токсичных веществ
	Влияние пожара на флору и фауну	Влияние на биосферные процессы	Накопление токсичных веществ	Интоксикация флоры и фауны	Раздражающие воздействия
				Задержка роста и развития	Заболевания и гибель
			Миграции животных	Снижение биологической продуктивности	Необратимые потери биоразнообразия
			Массовое появление насекомых вредителей		Нанесение вреда растениям
	Влияние на растения и животных		Выгорание растений		Нехватка пищи для животных
			Термические ожоги животных		Гибель животных

Рис. 2. *Дерево событий при рассмотрении влияния пожара горящего пролива нефти на атмосферу, водные ресурсы, почву, биосферу*

¹⁰ ГОСТ Р 54142-2010. Методология построения универсального дерева событий. Определения. – Введ. 2010-12-21. – М.: Стандартинформ, 2012. – 33 с.

Взрыв облака топливовоздушной смеси (ТВС)	Влияние на атмосферу	Ударная волна	Отражение ударной волны от земной поверхности	Торможение масс движущегося воздуха	Резкое повышение давления
					Резкий звук
		Дрейф облака ТВС	Воспламенение облака ТВС	Уменьшение прозрачности атмосферы	Снижение солнечной радиации
			Испарение части горючей жидкости	Дымовые аэрозоли	Кислотные осадки
		Резкое повышение температуры воздуха	Увеличение концентрации углекислого газа	Разнесение паров в атмосферной среде	Выпадение частиц и осаждение их на объекты
		Световое излучение	Высокотемпературный нагрев газообразных продуктов	Поглощение инфракрасных лучей	Резкий поверхностный нагрев
	Влияние на флору и фауну	Световое излучение	Животные	Ожоги участков тел	Преграждение светового излучения и падение температуры
				Ожоги сетчатки глаз	Болезнь или гибель
			Растения	Сгорание растений	Частичное или полное ослепление
		Ударная волна	Повреждение внутренних органов	Разрыв кровеносных сосудов	Потери биоразнообразия
		Тепловое воздействие	Вдыхание перегретого воздуха	Ожоги внутренних дыхательных путей	Внутреннее кровоотечение
					Удушье

Рис. 3. *Дерево событий при рассмотрении влияния взрыва топливовоздушной смеси на атмосферу и биосферу*

Поражающее воздействие на людей	Взрыв облака ТВС	Тепловое воздействие	Вдыхание перегретого воздуха	Ожоги верхних дыхательных путей
		Ударная волна	Повреждение внутренних органов	Внутреннее кровоотечение
		Осколочные поля	Травмы от обломков сооружений	Внутренние и внешние травмы
		Разрушение окружающих конструкций	Деформирующие травмы	Сдавливание и удушье
	Распространение пролива нефтепродуктов	Раздражающее воздействие	Поражение слизистых оболочек	Заболевания глаз
		Наркотическое действие		Заболевания лёгких
		Отравляющее действие	Влияние на кровеносную систему	Наркотическое привыкание
			Влияние на нервную систему	Заболевания сердечно-сосудистой системы
			Влияние на иммунную систему	Поражение центральной нервной системы
	Пожар горящего пролива	Проникновение токсичных газов в кожу и лёгкие	Отравление токсичными газами	Онкологические и иммунные заболевания
		Задымление	Аллергические реакции	Заболевания лёгких, печени
		Термическое поражение		Удушье
				Термические ожоги разной степени

Рис. 4. *Дерево событий при рассмотрении влияния техногенной аварии на здоровье человека*

В соответствии с разработанными ситуационными моделями по данным реальной аварии был выполнен анализ экологического риска. В весенний период на магистральном нефтепроводе с подводным переходом через реку образовалось сквозное отверстие на расстоянии 20 м от берега реки. Расстояние между задвижками — 2 000 м, скорость нефти 4 — км/ч, время обнаружения утечки — 10 минут, площадь сечения трубы — 0,75 м², объем вытекшей нефти — 2 025 м³.

Согласно действующей законодательной и нормативной базе, оцененный ущерб от загрязнения почв нефтью составил 16,402 млн рублей, ущерб от загрязнения атмосферы — 1,259 млн рублей, ущерб от загрязнения водного объекта — 314,98 млн рублей, общий экологический ущерб, полученный в ходе аварии, — 332,641 млн рублей. По прошествии трех лет экономический ущерб от заболеваний населения и восстанавливающих экологических мероприятий составил 98,6 млн рублей. Общий ущерб в течение трех лет — 431,242 млн рублей. Экологический риск на данном участке линейного трубопровода при оцененной вероятности 0,0004045 составил 58 145 рублей. Детальная оценка ущерба и риска для фауны и флоры по прошествии трех лет не была проведена ввиду сложности организации подобного исследования.

Выводы

Анализ законодательных и нормативных регламентов к охране природных ресурсов, здоровья человека, промышленной безопасности, требований к анализу и оценке риска показал следующее:

- 1) отсутствие единой методологии оценивания экологического риска, объединяющей все вышеперечисленные требования (хотя эти сферы являются дополняющими друг друга);
- 2) отсутствие методологии количественной оценки экологического риска в случае аварийных ситуаций на магистральных и промысловых трубопроводах, что не позволяет прогнозировать тяжесть событий в этой сфере и управлять этим риском;
- 3) отсутствие методологии количественной оценки экологического риска для систем экологического менеджмента, что не позволяет определять их результативность и эффективность;
- 4) критериями оценки систем экологического менеджмента служат показатели результативности систем менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний, а не собственно экологические показатели и показатели здоровья населения;
- 5) предлагаемый подход позволит получить более взвешенную оценку ущербов для экологической среды и экологического риска.

Перед нашей страной стоит задача экономического возрождения, но уже на качественно иной технической, технологической и экологической основе. Важность понимания этой задачи и участия в ее решении касается всех граждан нашей страны.

Библиографический список

1. Knight, K. Chairman ISO/TMB/WG on Risk Management Terminology. Risk Management: an integral component of corporate governance and good management – ISO Bulletin. – October 2003. – P. 21–24.
2. Булгакова В. В., Габдулхаков Р. Р., Кадырова Г. А. Обзор методов оценки риска опасных производственных объектов // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2017. – Т. 1, № 2. – С. 57–61.

3. Лебедев М. П., Большаков А. М., Захарова М. И. Методическое пособие по оценке риска аварий опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли в условиях Севера. – Якутск: Изд-во Северо-восточного федерального ун-та имени М. К. Аммосова, 2018. – 28 с.
4. Ефремов И. В., Рахимова Н. Н. Техногенные системы и экологический риск. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 171 с.
5. Adams A. The UK experience in offshore pipeline operations // *Pipes & pipelines international*. – 1992. – Vol. 37, Issue 2. – P. 9–14. – Available at: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=5120080>.
6. Risk, Uncertainty, and Rational Action / C. C. Jaeger [et al.]. – 1st edition. – London: Taylor & Francis, 2001. – 320 p.
7. Langseth H., Portinale L. Bayesian networks in reliability // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2007. – Vol. 92, Issue 1. – P. 92–108. DOI: 10.1016/j.ress.2005.11.037
8. On the use of the hybrid causal logic method in offshore risk analysis / W. Røed [et al.] // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2009. – Vol. 94, Issue 2. – P. 445–455. DOI: 10.1016/j.ress.2008.04.003
9. Хохлявин С. А. Менеджмент риска: стандарты Австрии, Великобритании и Австралии — предтеча будущего стандарта ISO 31000 // *Мир стандартов*. – 2007. – № 2(13). – С. 33–38.
10. Елизарьев А. Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р. Белой): Автореф. дис. канд. геогр. наук. – Уфа: УГАТУ, 2007. – 25 с.
11. Сравнительный анализ современных методов оценки риска для обеспечения безопасности / Р. Р. Габдулхаков [и др.] // *Бюллетень результатов научных исследований*. – 2017. – № 1–2 (22–23). – С. 5–15.
12. Количественная оценка риска химических аварий / В. М. Колодкин [и др.]; под ред. В. М. Колодкина. – Ижевск: Изд-во Удмуртского ун-та, 2001. – 228 с.
13. Тыныбеков А. К., Алишеров А. Экологические риски и экологическая безопасность // *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова*. – 2016. – № 4 (54). – С. 184–191.
14. Колесников Е. Ю. К вопросу о расчете и нормировании пожарных рисков // *Проблемы анализа риска*. – 2010. – Т. 7, № 3. – С. 48–79.
15. Варламов Д. П., Стеклов О. И. Управление рисками эксплуатации линейной части магистральных газопроводов, подверженной коррозионному растрескиванию под напряжением // *Управление качеством в нефтегазовом комплексе*. – 2013. – № 3. – С. 38–44.
16. Овсиенко С. Н., Зацепя С. Н., Ивченко А. А. Моделирование разливов нефти и оценка риска воздействия на окружающую среду // *Труды Государственного океанографического института*. – 2005. – № 209. – С. 248–255.
17. Зацепя С. Н., Ивченко А. А., Овсиенко С. Н. О параметризации растекания нефти по горизонтальной пористой поверхности // *Труды Государственного океанографического института*. – 2009. – № 212. – С. 218–225.
18. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения регионов России / В. М. Гильмундинов [и др.] // *Регион: экономика и социология*. – 2013. – № 1. – С. 209–228.
19. Куракина Н. И., Кузьмина А. Д. Вопросы оценки экологических рисков в ЯНАО // *Наука настоящего и будущего*. – 2018. – Т. 1. – С. 354–357.
20. Коновалова Н. В. Пространственное распределение экологического риска развития неблагоприятных ситуаций арктических территорий // *Совершенствование методологии познания в целях развития науки: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф.* – Уфа, 2017. – С. 104–108.
21. Штенгауэр О. В., Шендалева Е. В. Оценка экологических рисков при транспортировке, хранении нефти и нефтепродуктов // *Стандартизация, метрология и управление качеством: сб. матер. Всерос. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию Росстандарта и 170-летию метрологической службы России* – Омск: Омский государственный технический университет, 2015. – С. 273–277.
22. Занин А. В., Мильке А. А., Квасов И. Н. Оценка риска трубопроводного транспорта углеводородов с морских нефтедобывающих платформ на территории арктического шельфа // *Нефть и газ Западной Сибири: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф.* – Тюмень, 2017. – Том 2. – С. 139–142.
23. Тыныбеков А. К. Оценка природного и экологического риска // *Технологии гражданской безопасности*. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 72–77.

References

1. Knight, K. (2003). Chairman ISO/TMB/WG on Risk Management Terminology. Risk Management: an integral component of corporate governance and good management – ISO Bulletin, pp. 21-24. (In English).
2. Bulgakova, V. V., Gabdulkhakov, R. R., & Kadyrova, G. A. (2017). Obzor metodov otsenki riska opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov. Novaya nauka: problemy i perspektivy, 1(2), pp. 57-61. (In Russian).
3. Lebedev, M. P., Bol'shakov, A. M., & Zakharova, M. I. (2018). Metodicheskoe posobie po otsenke riska avariyn opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov neftegazovoy otrasli v usloviyakh Severa. Yakutsk, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University Publ., 28 p. (In Russian).
4. Efremov, I. V., & Rakhimova, N. N. (2016). Tekhnogennye sistemy i ekologicheskiy risk. Orenburg, Orenburg State University Publ., 171 p. (In Russian).
5. Adams, A. (1992). The UK experience in offshore pipeline operations. Pipes & pipelines international, 37(2), pp. 9-14. (In English). Available at: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=5120080>
6. Jaeger, C. C., Renn, O., Rosa E. A. & Webler, T. (2001). Risk, Uncertainty, and Rational Action. 1st edition. London, Taylor & Francis, 320 p. (In English).
7. Langseth, H., & Portinale, L. (2007). Bayesian networks in reliability. Reliability Engineering & System Safety, 92(1), pp. 92-108. (In English). DOI: 10.1016/j.res.2005.11.037
8. Røed, W., Mosleh, A., Vinnem, J. E., & Aven, T. (2009). On the use of the hybrid causal logic method in offshore risk analysis. Reliability Engineering & System Safety, 94(2), pp. 445-455. (In English). DOI: 10.1016/j.res.2008.04.003
9. Khokhlyavin, S. A. (2007). Menedzhment riska: standarty Avstrii, Velikobritanii i Avstralii - predtecha budushchego standarta ISO 31000. Mir standartov, (2(13)), pp. 33-38. (In Russian).
10. Elizar'ev, A. N. (2007). Otsenka antropogennogo vozdeystviya na gidroekologicheskiy rezhim vodnykh ob'ektov (na primere r. Beloy): Avtoref. diss. kand. geogr. nauk. Ufa, Ufa State Aviation Technical University Publ., 25 p. (In Russian).
11. Gabdulkhakov, R. R., Yagudin, R. I., Bakhtiyarov, A. M., Elizar'eva, E. N., & Marvanov, R. V. (2017). Benchmarking for up-to-date risk assessment methods for safety assurance. Bulletin of scientific research results, (1-2(22-23)), pp. 5-15. (In Russian).
12. Kolodkin, V. M., Murin, A. V., Petrov, A. K., & Gorskiy, V. G. (2001). Kolichestvennaya otsenka riska khimicheskikh avariyn. Izhevsk, Udmurt State University Publ., 228 p. (In Russian).
13. Tynybekov, A. K., & Alisherov, A. (2016). Environmental risks and ecological safety. The Herald of Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, (4(54)), pp. 184-191. (In Russian).
14. Kolesnikov, E. Yu. (2010). K voprosu o raschete i normirovanii pozharnykh riskov. Issues of Risk Analysis, 7(3), pp. 48-79. (In Russian).
15. Varlamov, D. P., & Steklov, O. I. (2013). Upravlenie riskami ekspluatatsii lineynoy chasti magistral'nykh gazoprovodov, podverzhennoy korrozionnomu rastreskivaniyu pod napryazheniem. Quality Management in Oil and Gas Industry, (3), pp. 38-44. (In Russian).
16. Ovsienko, S. N., Zatsepa, S. N., & Ivchenko, A. A. (2005). Modelirovanie razlivov nefi i otsenka riska vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu. SOI Proceedings, (209), pp. 248-255. (In Russian).
17. Zatsepa, S. N., Ivchenko, A. A., & Ovsienko, S. N. (2009) On parameterization of oil spreading dynamics on horizontal porous surface, SOI Proceedings, (212), pp. 218-225. (In Russian).
18. Gilmundinov, V. M., Kazantseva, L. K., Tagayeva, T. O., & Kugayevskaya, K. S. (2013). Environmental Pollution and Population Health in Russian Regions. Region: Ekonomika i Sotsiologiya, (1), pp. 209-228. (In Russian).
19. Kurakina, N. I., & Kuz'mina A. D. (2018). Voprosy otsenki ekologicheskikh riskov v YANAO. Nauka nastoyashchego i budushchego, 1, pp. 354-357. (In Russian).
20. Konovalova, N. V. (2017). Prostranstvennoe raspredelenie ekologicheskogo riska razvitiya neblagopriyatnykh situatsiy arkticheskikh territoriy. Sovershenstvovanie metodologii poznaniya v tselyakh razvitiya nauki. Ufa, 2017, pp. 104-108. (In Russian).
21. Shtengauer, O. V., & Shendaleva, E. V. (2015). Otsenka ekologicheskikh riskov pri transportirovke, khranении nefi i nefteproduktov. Standartizatsiya, metrologiya i upravlenie kachestvom. Omsk, Omsk State Technical University Publ., pp. 273-277. (In Russian).

22. Zanin, A. V., Mil'ke, A. A., & Kvasov, I. N. (2017). Otsenka riska truboprovodnogo transporta uglevodorodov s morskikh neftedobyvayushchikh platform na territorii arkticheskogo shel'fa. Neft' i gaz Zapadnoy Sibiri. Tom 2. Tyumen, pp. 139-142. (In Russian).
23. Tynybekov, A. K. (2013). Evaluation of Natural and Environmental Risk. Civil Security Technology, 10(4), pp. 72-77. (In Russian).

Сведения об авторах

Квасов Игорь Николаевич, к. э. н., декан факультета транспорта, нефти и газа, профессор кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный технический университет, г. Омск

Шендалева Елена Владимировна, к. т. н., доцент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный технический университет, г. Омск

Штенгауэр Ольга Викторовна, инженер-метролог Омского моторостроительного объединения им. П. И. Баранова филиала научно-производственного центра газотурбостроения «Салют», г. Омск

Александров Михаил Алексеевич, к. т. н., доцент кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: turaleksandrov@mail.ru

Information about the authors

Igor N. Kvasov, Candidate of Economic, Dean of Faculty of Transport, Oil and Gas, Professor at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University

Elena V. Shendaleva, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University

Olga V. Shtengauer, Engineer-metrologist, Omsk engine-building association of P. I. Baranov branch of the Salute gas turbine engineering research and production center, Omsk

Michael A. Aleksandrov, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Transportation of Hydrocarbon Resources, Industrial University of Tyumen, e-mail: turaleksandrov@mail.ru