



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

Колесникова Е.В.,
канд. геогр. наук, доцент
Алексеев Д.К.,
канд. геогр. наук, доцент
кафедра прикладной и системной экологии

LECTURE NOTES

RISK MANAGEMENT

Kolesnikova E.V.,
PhD., Associate Professor
Alekseev D.K.,
PhD., Associate Professor
Department of Applied and Systemic Ecology

Санкт—Петербург
РГГМУ
2021

Традиционная техника безопасности базируется на категорическом положении — обеспечить безопасность, не допустить никакой аварии. Как показывает практика, такая концепция неадекватна законам техносферы. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей потому, что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой в стремлении к такой безопасности, которую готово принять общество в данный период времени. Восприятие общественностью риска и опасностей субъективно. Люди очень эмоционально реагируют на редкие события, сопровождающиеся большим количеством единовременных жертв. В то же время частые события, в результате которых погибают единицы или небольшие группы людей, не вызывают столь напряженного отношения. Ежедневно на производстве погибает 40-50 человек, в целом по стране от различных опасностей лишаются жизни более 1000 человек в день. Но эти сведения менее впечатляют, чем гибель 5-10 человек в одной аварии или каком-либо конфликте. Это необходимо иметь в виду при рассмотрении проблемы приемлемого риска. Субъективность в оценке риска подтверждает необходимость поиска приемов и методологий, лишенных этого недостатка. По мнению специалистов, использование риска в качестве оценки опасностей предпочтительнее, чем использование традиционных показателей.

В основе управления риском лежат принципы оптимизации соотношений *выгоды* и *ущерба*. Стратегическая цель управления риском — стремление к повышению уровня благосостояния общества при обязательном условии: никакая практическая деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызываемого ею ущерба (оправданность практической деятельности). Сформулируем эти принципы.

1-й принцип постулируется в одном из важнейших государственных документов России "Концепция перехода РФ к устойчивому развитию", в котором он сформулирован следующим образом "*... никакая хозяйственная деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызываемого ущерба*".

ПОДПРИНЦИП 1 (А). Деятельность, при которой отдельные индивидуумы подвергаются чрезмерному риску, не может быть оправдана, даже если эта деятельность выгодна для общества в целом.

ПОДПРИНЦИП 1 (Б). Члены общества *добровольно соглашаются на наличие в их жизни* определенного, не превышающего чрезмерного уровня, риска от той или иной деятельности, которая требуется для удовлетворения их материальных и духовных потребностей.

Эти подпринципы требуют введения понятия "чрезмерный уровень риска", которое в последнее время получило широкое распространение в практической деятельности по обеспечению безопасности. Его введение основано на аксиоматической формулировке понятия о предельно допустимом уровне (ПДУ) риска для *индивидуума*.

ПДУ риска должен быть настолько низким, чтобы это не вызывало какого-либо беспокойства *индивидуума*. Соответственно, установление конкретного численного значения для ПДУ - это, в первую очередь, социальная проблема, решение которой входит в компетенцию социальных наук и политики.

2-й принцип - *Принцип оптимизации защиты от опасности*

Тактическая цель управления риском — стремление к увеличению среднестатистической продолжительности предстоящей *жизни* (СППЖ), в течении которой личность может вести полнокровную и деятельную жизнь в состоянии физического, душевного и социального благополучия (оптимизация защиты).

3-й принцип — *Принцип региональности*

Политика в области управления риском будет эффективной и последовательной только в том случае, если в управление риском включен *весь совокупный спектр существующих в регионе опасностей* и вся информация о принимаемых решениях в этой области без каких-либо ограничений доступна самым широким слоям населения (региональный императив).

4-й принцип — *Принцип экологического императива*

Политика в области управления риском должна реализовываться в рамках строгих ограничений техногенного *воздействия на природные экосистемы* (экологический императив).

Количественная оценка экологического риска.

Как было сказано выше, оценка опасности с помощью риска в различных сферах уже давно разрабатывается учёными. Как методические подходы, так и практические аспекты активно развиваются и с настоящее время, существует множество работ на эту тему. Однако нужно выделить одно из важнейших свойств рискологической концепции, это возможность рассчитать риск, то есть оценить его количественно. Именно это позволяет сравнивать риски для различных техногенных систем, ранжировать факторы опасности, нормировать риск, и, в конечном итоге управлять им. Методики по расчёту риска столь разнообразны, потому что они хотя и служат одной цели, созданы для совершенно разных техногенных систем. Рассмотрим основные современные показатели количественной оценки экологического риска.

Техногенный риск

Почти все виды риска связаны между собой. Природный, экологический, экономический, социальный и пр. Экологический риск невозможно исследовать отдельно от техногенного. Техногенный риск, при определенном стечении обстоятельств, может перейти в экологический (авария на опасном объекте, повлекшая за собой загрязнение компонентов окружающей среды). В то же время экологический риск может повлечь за собой техногенный (деградация окружающей среды, нехватка чистой воды может увеличить социальное напряжение в обществе, привести к забастовкам или оттоку рабочей силы, так называемой текучке кадров, что, как известно, первый предвестник аварий на производстве).

Техногенный риск — обобщенная характеристика возможности реализации опасности в техногенной сфере, определяемая через *вероятность* возникновения *техногенной аварии* или катастрофы и математическое ожидание негативных последствий от них. При определении показателей техногенного риска используют критерии *прочности, ресурса, надежности, живучести*, а также данные по *ущербам* — людям, объектам техносферы и окружающей среды. Источниками техногенного риска являются отказы техногенных систем, ошибки операторов и персонала (человеческий фактор), опасные природные процессы. Для снижения техногенного

риска применяются комплексные методы — построение систем защит и барьеров для развития техногенных аварий и катастроф, проведение диагностики и мониторинга ТС и операторов, применение сил и средств предупреждения и локализации чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Индивидуальный риск

Одним из важнейших, может быть главным свойством понятия «риск» является возможность его нормировать. Благодаря этому в России, как и за рубежом, существуют общепринятые нормы опасности, которых предприятия должны придерживаться любой ценой. Наиболее распространенным во всем мире способом нормировать опасность является нормирование индивидуального риска. В научной литературе и в нормативных документах связанных с темами экологической безопасности, пожарной, гражданской, пассажирской, военной и т.д. применяются разные термины. Однако нужно понимать, что часто речь идет именно о индивидуальном риске. Рассмотрим это чрезвычайно распространенное понятие.

Индивидуальный риск — частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности. Индивидуальный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{и} = \frac{n}{N} \quad (1)$$

где n — число реализованных неблагоприятных случаев,

N — возможное число событий.

Характеристика опасности в разных сферах деятельности в виде индивидуального риска удобна тем, что она не зависит объема исследуемой выборки. Например, на 28.05.2020 количество погибших от коронавируса COVID-19 в США составило 102 346 человек, а в Италии — 33 072 человек, т.е. в три раза меньше. Но означает ли это, что Италия в меньшей степени пострадала от пандемии? Или это означает, что в Италии просто меньше количество населения? Рассчитанный по формуле 4 индивидуальный риск для США и Италии составил 0,000312 и 0,000548 соответственно. Таким образом индивидуальный риск от коронавируса (при условии сохранения тенденции) в Италии выше, чем в США в 1,76 раз. Индивидуальный риск

рассчитывается за определенный период времени, как правило, он составляет один год.

Коллективный риск

Для характеристики опасности для работников предприятий или населения используется понятие «коллективный риск». *Коллективный риск* — ожидаемое количество смертельно травмированных в результате возможных аварий за определенный период времени. Есть разные подходы к расчетам данного вида риска в зависимости от характера опасности: техногенной, пожарной или при оценке риска здоровью. В общем виде для плановой системы координат (X и Y) коллективный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{колл}} = \sum_{i=1}^k N_i \cdot \lambda_i \quad (2)$$

где $i = 1 \dots k$ — число расчетных сценариев возникновения и развития аварии, при которых возможны людские потери,

λ_i (1/год) — частота реализации сценария i ,

N_i — ожидаемое количество погибших при сценарии i ,

$P(x,y)$ — вероятностная зона поражения с учетом распределения субъектов $N(x,y)$ на рассматриваемой территории.

Социальный риск

Для характеристики и оценки опасности для большого количества людей (сотрудников предприятия, населения) в практику расчетов риска введен термин «социальный риск». Употребляется он, как правило, для опасных объектов (газопровод, автомобильные заправочные станции) или для вида деятельности повышенной опасности (пожарные риски).

Социальный риск это зависимость частоты событий (F), в которых пострадало на том или ином уровне число людей (N), больше определенного. Например, для объекта социальный пожарный риск принимается равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек.

Традиционно социальный риск представляют в виде графика ступенчатой функции, так называемой F/N диаграммы, задаваемой формулой:

$$F_{(x)} = \sum_{j=1}^{N(x)} \lambda_j \quad (3)$$

На рисунке 1 можно видеть F/N диаграмму и кривую приемлемого социального риска в общем виде. С такой диаграммы можно снять информацию о частоте поражения любого количества человек (1) и сравнить эти данные с кривой приемлемого социального риска (2). На рисунке 2 приведен пример рассчитанных F/N кривых для нефтепровода при различных сценариях аварии.

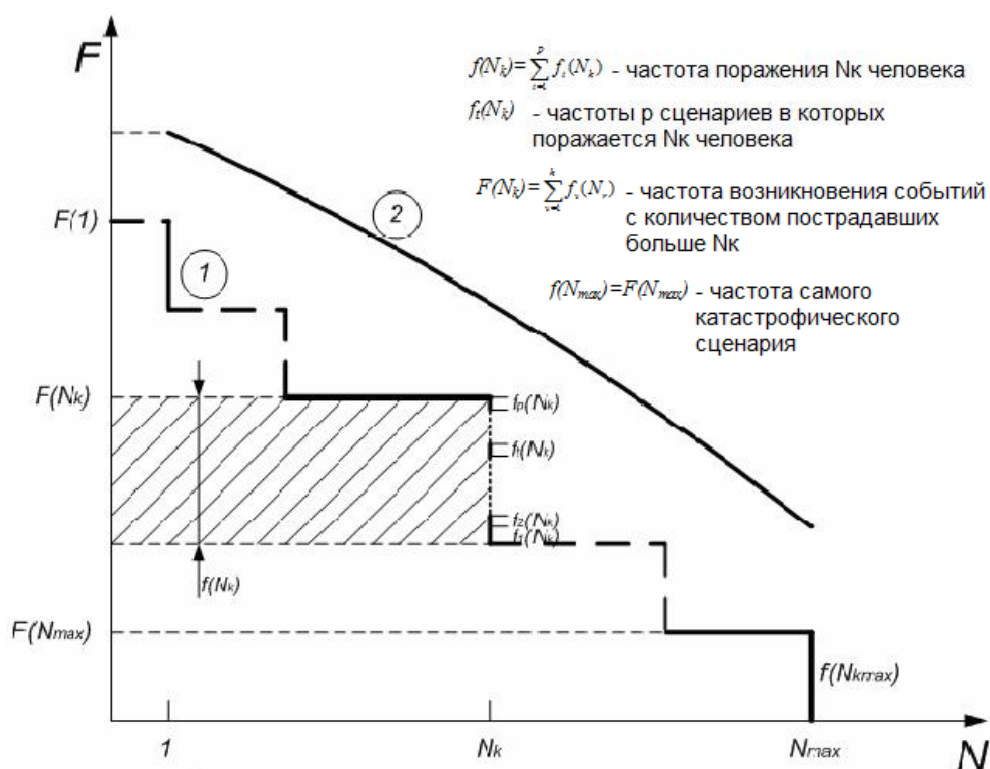


Рисунок 1. F/N диаграмма и кривая приемлемого социального риска.

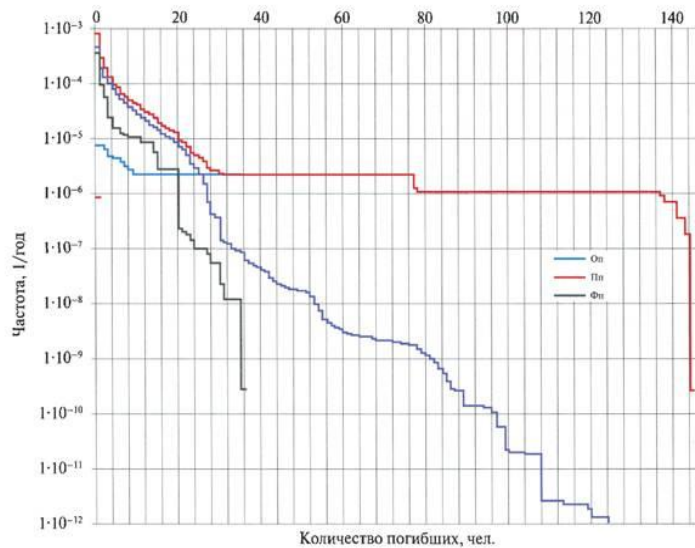


Рисунок 2. F/N диаграмма распределения коллективного риска при сценариях аварии на нефтепроводе: Взрывы облаков ТВС (Ввпо), Объемные пожары — огненные шары (Оп), Площадные пожары (Пп), Факельные пожары (Фп).

Потенциальные риск

Невозможно контролировать ситуацию, сложившуюся на опасном объекте, без расчета потенциального риска. *Потенциальный риск* представляет собой *пространственное* распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня.

$$R(x, y) = \sum_i^j \lambda_j \cdot P_j(x, y) \quad (4)$$

- $R(x, y)$ — поле потенциального риска
- λ , (1/год) — частота реализации сценария аварии
- $P(x, y)$ — вероятностная зона поражения

Потенциальный риск можно выразить и через коллективный риск:

$$F = \int_s N(x, y) \cdot R(x, y) \quad (5)$$

F — коллективный риск,

$N(x,y)$ — распределение персонала или населения на рассматриваемой территории,

$R(x,y)$ — поле потенциального риска.

Потенциальный риск удобно картировать, получая таким образом пространственное распределение опасности по территории. На рисунке 3 представлен пример поля потенциального риска разрушения зданий в случае аварии на опасном объекте. Для создания такой карты необходимо проведение большого числа расчетов для каждой точки территории. Внизу рисунка представлена шкала с численным выражением риска. На рисунках 4 и 5 показаны примеры расчетов поля потенциального риска гибели человека трубопровода и поля трубопровода потенциального риска гибели человека. Важно отметить, что такие рисунки сопровождаются легендой с численным выражением риска. Так, безопасное расстояние, на котором можно находиться от нефтепровода составляет 1,5 — 5,0 км, смертельное поражение — менее 1,2 км, вероятности гибели человека 10^{-6} в год — 0,2 км, 10^{-8} в год — 0,5 км.

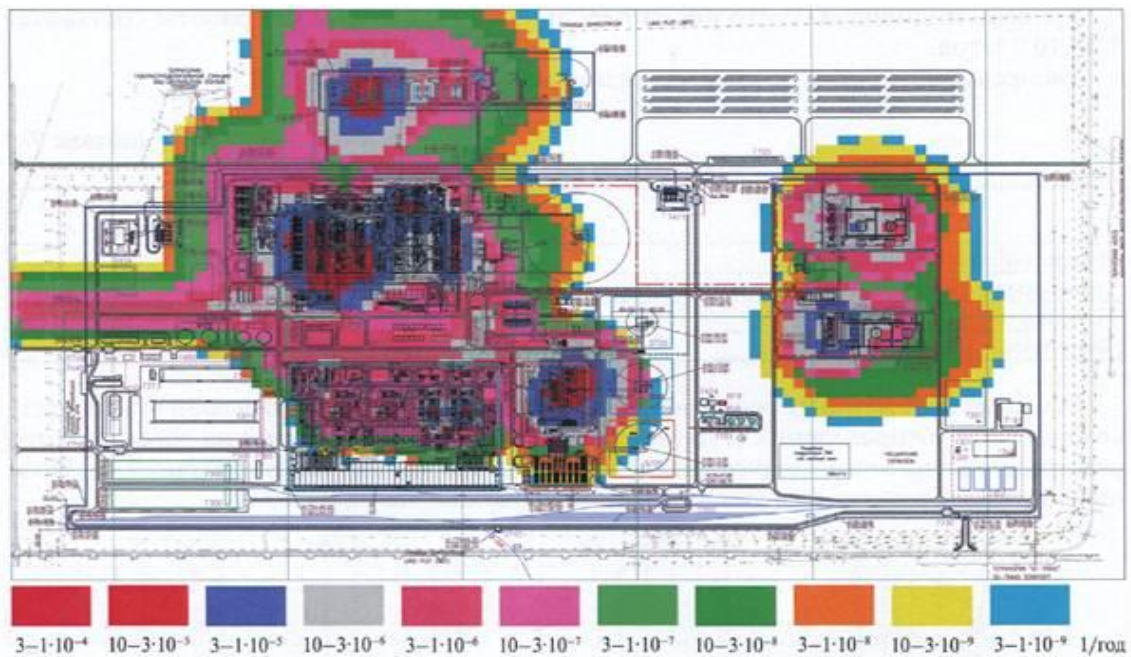


Рисунок 3. Территориальное распределение превышения избыточного давления во фронте УВ (120 кПа) для сценариев Ввпо на объекте.

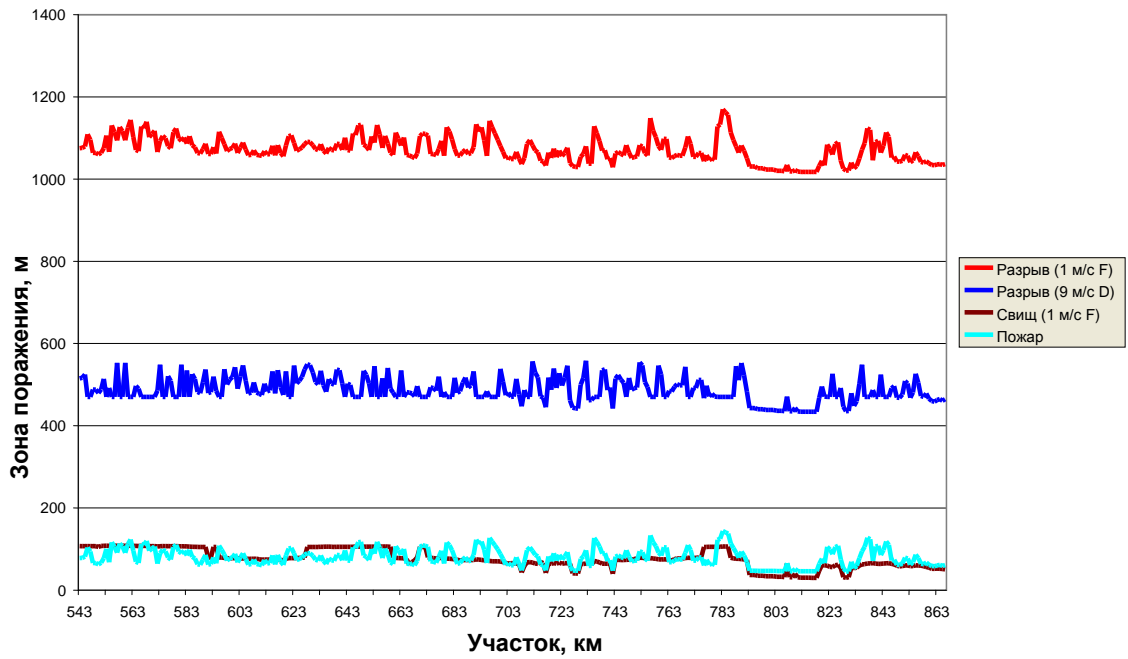


Рисунок 4. Поле потенциального риска гибели человека трубопровода

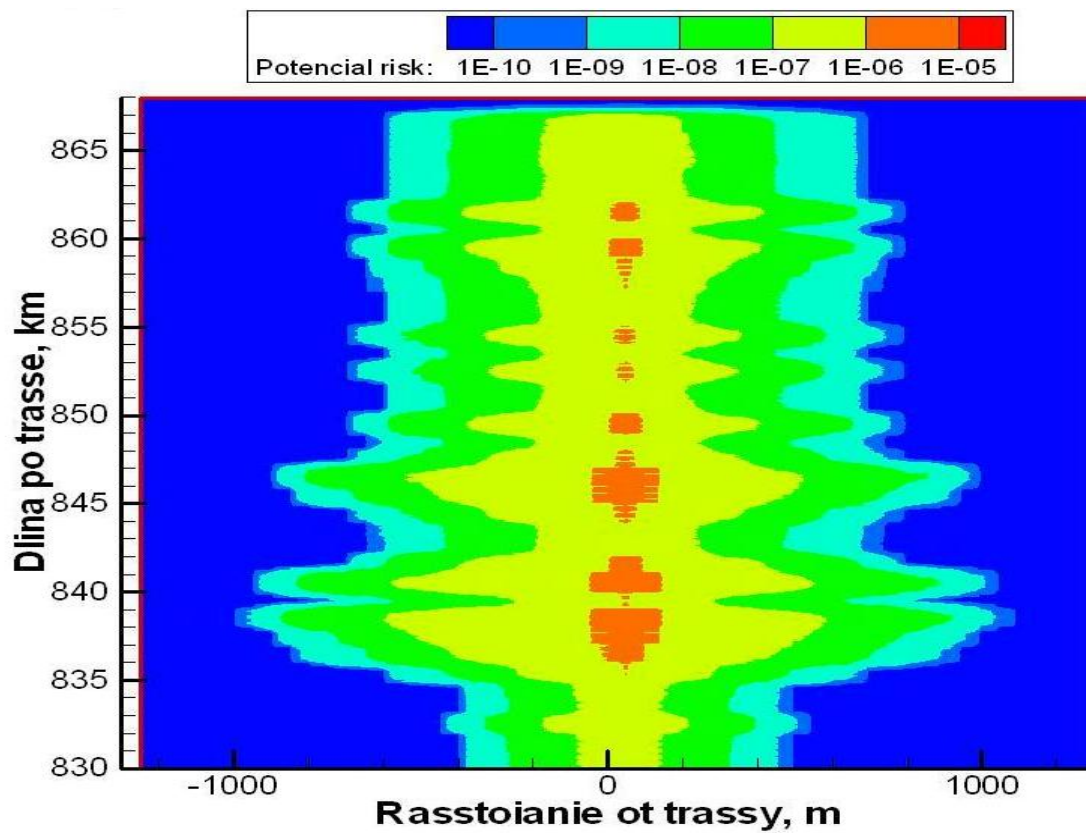


Рисунок 5. Поле трубопровода потенциального риска гибели человека

Регулирование риска невозможно без информационного сопровождения.

На рисунке 6 представлена иллюстрация влияния компенсирующих мероприятий на зависимость потенциального риска гибели людей Rn (1/год) от расстояния до оси трубопровода r (м) при авариях на участке нефтепровода. Как можно видеть, после проведения всех компенсирующих мероприятий риск для населенного пункта, находящегося на расстоянии 27 от нефтепровода, составит значение менее 10^{-8} .

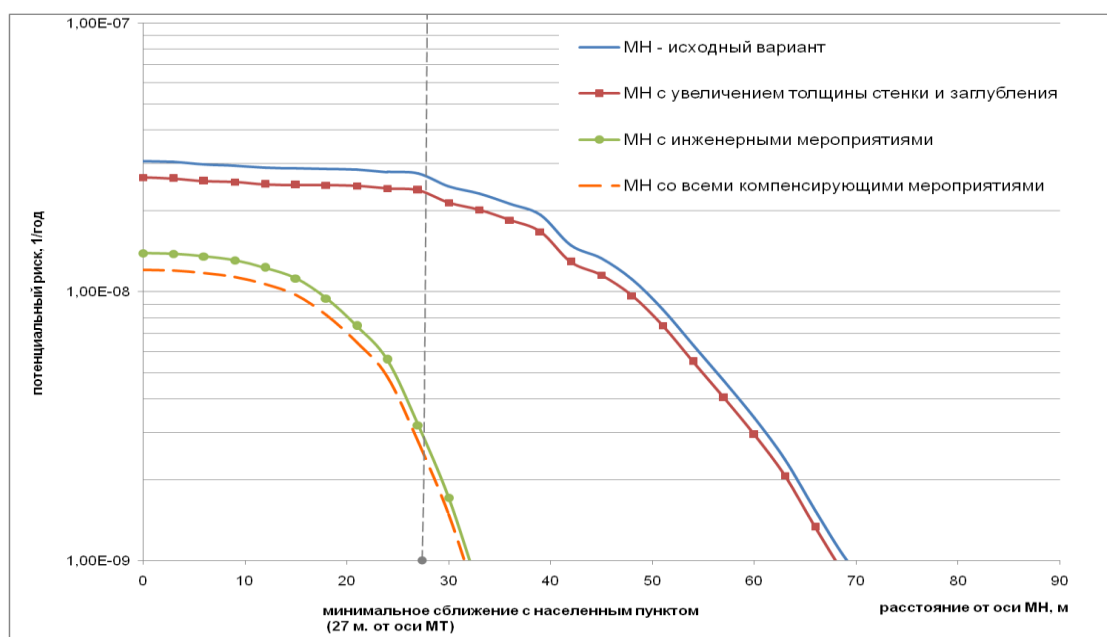


Рисунок 6. Влияние компенсирующих мероприятий на зависимость потенциального риска гибели людей Rn (1/год) от расстояния до оси трубопровода r (м) при авариях на участке нефтепровода.

Основные нормативные уровни экологического риска.

Как было сказано выше, расчеты экологического риска не имеют никакой ценности без их нормирования. Основные нормативные уровни экологического риска в общем приняты мировой общественностью и практически во всех странах мира формулируются следующим образом.

- **Приемлемый ЭР** — это риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других проблем в конкретном обществе и в конкретное время.
- **Предельно допустимый ЭР** — максимальный уровень приемлемого экологического риска. Он определяется по всей совокупности неблагоприятных экологических эффектов и не должен превышать независимо от интересов экономических или социальных систем.
- **Пренебрежимый ЭР** — минимальный уровень приемлемого экологического риска, находится на уровне флуктуаций уровня фонового риска или определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска.
- **Фоновый риск** — это риск, обусловленный наличием эффектов природы и социальной среды обитания человека.

Численное выражение области недопустимых, допустимых и пренебрежимо малых рисков варьируют в разных странах и для разных видов деятельности. Однако в общем виде их можно выразить следующим образом (как можно видеть, здесь приводятся значения описанного выше индивидуального риска).

- область недопустимых рисков ($R_{инд} > 10^{-3} \text{ год}^{-1}$),
- область допустимых рисков ($5 \cdot 10^{-5} < R_{инд} < 10^{-3} \text{ год}^{-1}$),
- область пренебрежимо малых рисков ($R_{инд} < 5 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$),

Профессиональный риск для ряда промышленных профессий в Англии и США находится на уровне от $2,7 \cdot 10^{-3}$ до $8,5 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$, таблица 1.

Таблица 1 — Риски различных видов деятельности

Вид деятельности	Вид источника опасности	Диапазон средних частот аварий в год
Транспортировка	Автомобильный транспорт	$10^{-8} — 10^{-5}$
	Водный транспорт	$10^{-9} — 10^{-3}$
	Железнодорожный транспорт	$10^{-6} — 10^{-5}$
	Трубопроводный транспорт	$10^{-7} — 10^{-4}$
Хранение	—	$10^{-7} — 10^{-5}$
Переработка	—	$10^{-6} — 10^{-5}$

Концепция приемлемого риска

Как уже упоминалось выше, человечеству пришлось отказаться от концепции нулевого риска. Практически любой вид антропогенной деятельности немедленно вызывает риск: экологический, технический, природный, социальный, экономический. «Вся жизнь — управление рисками, а не исключение рисков» — сказал бывший глава Citicorp Banking Corporation Уолтер Ристон, а русский писатель И.А. Бунин еще в начале XX века заметил: «Больше всех рискует тот, кто никогда не рискует». Сейчас вся мировая общественность придерживается концепции не нулевого, а приемлемого риска, то есть риска невысокого и оправданного. Однако определение значения такого риска весьма проблематично и связано с такими аспектами, как экономические, моральные, географические, исторические и пр. Рассмотрим проблематику оценки приемлемого риска с помощью иллюстрации на рисунке 10. Как видно из рисунка, при увеличении затрат на безопасность технических систем снижается технический, а значит и экологический риск. Однако такая тенденция сохраняется лишь до определенного предела. Финансовые средства являются ресурсом исчерпаемым и при дальнейшем их использовании начинает расти другой вид риска — социально-экономический. Таким образом, область приемлемого риска должна поддерживаться достаточными, но продуманными затратами на безопасность производственных объектов. Однако проблематика определения приемлемого риска заключается не только в финансовом вопросе. Так, например, пожарные риски гибели человека очень высокие, это связано с повышенной опасностью этой профессии. Тем не менее, они признаются приемлемыми, в то время как для других видов деятельности такие риски категорически неприемлемы. Здесь встает вопрос о том, насколько мотивирован риск для данной сферы.

Мотивированный и немотивированный риск

Мотивированный риск может быть весьма высоким и при этом приниматься обществом, в то время как немотивированный риск, пусть даже его невысокие значения, общество принимает очень болезненно. Рассмотрим терминологию.

- **Мотивированный риск.** В случае производственных аварий, пожаров, в целях спасения людей и материальных ценностей человеку приходится идти на риск,

превышающий приемлемый. В этом случае риск **считается обоснованным (мотивированным)**.

- Для ряда опасных факторов, например возникающих в случае радиационных аварий, установлены величины мотивированного риска, превышающего приемлемый риск, — «**планируемое повышенное облучение**», допускаемое в исключительных случаях для лиц, участвующих в ликвидации последствий радиационных аварий.
- **Немотивированным (необоснованным)** риском называют риск, *превышающий приемлемый* и возникающий в результате нежелания работников на производстве соблюдать требования безопасности, использовать средства защиты и т.д., что, как правило, приводит к травмам и формирует предпосылки аварий на производстве.

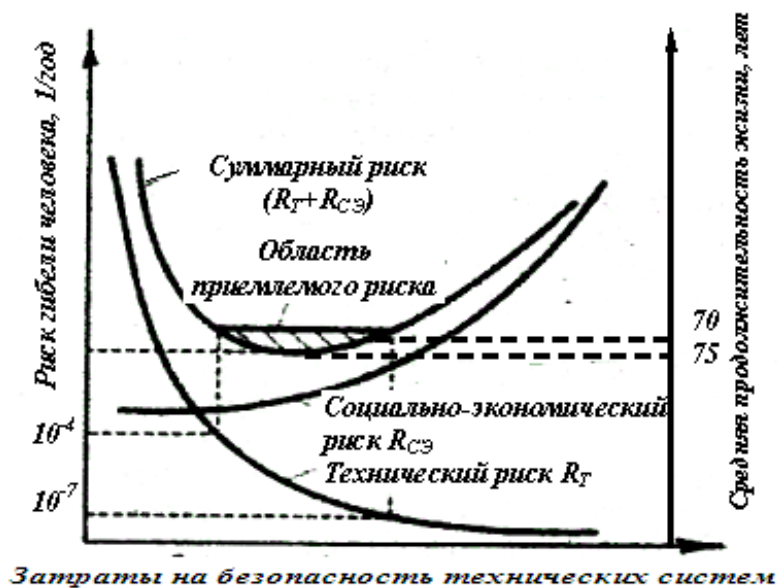


Рисунок 7. Принципиальная схема определения приемлемого риска.

- Помимо коллективной приемлемости существует также и **индивидуальная приемлемость**, установленная для себя сознательно или неосознанно и являющаяся *балансом между риском и выгодой*. В определённых случаях люди готовы добровольно идти на риск, в 1000 раз больший, чем приемлемый. Решающая роль в принятии такого решения лежит в *психологии* человека.

Фоновый риск

Как было сказано выше, определение границ приемлемого риска весьма проблематично. Отчасти здесь могут помочь исследования фонового риска — риска, которым характеризуется исследуемая территория вне зависимости от деятельности исследуемого опасного объекта. Фоновые риски обычно спокойно принимаются обществом, а это один из важнейших критериев нормирования. В таблице 2 приведены данные по самым высоким фоновым рискам в Российской Федерации.

Таблица 2 — Фоновые показатели риска в России

Событие	Вероятность смерти, год ⁻¹
Риск гибели в ЧС природного характера	$1,7 \cdot 10^{-7}$
Риск гибели в результате авиакатастрофы	$3,0 \cdot 10^{-6}$
Риск гибели при пожаре	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели человека в ДТП	$2,1 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели в результате ЧС техногенного характера	$4,8 \cdot 10^{-6}$
Риск гибели в результате ЧС биолого-социального характера	$3,5 \cdot 10^{-8}$

Литература по разделу

Основная:

1. Башкин В.Н. Экологические риски. Расчет, управление, страхование. Москва. Высшая школа. 2007. 358 с.
2. Биненко В.И., Донченко В.К., Растоскуев В.В. Риски и экологическая безопасность природно-хозяйственных систем: монография;/ СПбГУ. - СПб., 2012. — 352 с.
3. Ваганов П. А. Риск смерти и цена жизни // Правоведение.1999. № 3. С. 67-82.
4. ГОСТ Р 22.1.06-99 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования».

5. Порфирьев Б.Н. Управление в чрезвычайных ситуациях: проблемы теории и практики. Итоги науки и техники. Серия "Проблемы безопасности: чрезвычайные ситуации" Т. 1. М.: ВИНТИ, 1991.-204 с.

6. Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 N 30 "Об утверждении "Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов"

Дополнительная

7. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие. Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. - с.: 154.

8. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. — М.: ВНИИ ГОЧС, 1993.

9. Hallenbeck W.H. Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health. Boca-Raton, 1993. 212 p.

10. Kolluru, R. Risk assessment and management handbook Text.: For environmental health and safety professionals / R. Kolluru, S. Bartell, R. Pit-blado, S. Stricoff. New York : McGraw-Hill, Inc., 1996. - 476 p.

11. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques. Office of Environmental and Scientific Affairs. The World Bank. (Методика Всемирного банка оценки опасности промышленных производств).

Контроль полученных знаний

Контрольные вопросы

1. Основные нормативные уровни экологического риска. Принципы определения. Показать взаимосвязь.
2. Техногенный риск. Показать его связь с экологическим риском, привести примеры (не менее трех).

3. Потенциальный риск. Коллективный риск. Индивидуальный риск. Показать их взаимосвязь.
4. Область недопустимых, допустимых и пренебрежимо малых рисков, принципы определения. Фоновые показатели риска в России.
5. Фоновые показатели риска в России, привести числовые значения, пояснить назначение.
6. Концепция приемлемого риска, проблемы и принципы определения приемлемого риска. Показать графически.
7. Количественные показатели риска определения, назначение, формулы.
8. Потенциальный риск, его связь с коллективным риском (формулы). Поле потенциального риска гибели человека от точечного и линейного опасного объекта.
9. Коллективный риск (формула). Построение F/N диаграммы. Кривая приемлемого социального риска.
10. Понятие индивидуального риска. Способы его оценки.
11. Принципы определения приемлемости риска. Мотивированный и немотивированный риск, привести примеры.
12. Подходы к управлению риском. Основные принципы и критерии управления риском (четыре принципа).
13. Управление риском и страхование. Подход Бернулли. Примеры применения.
14. Управление риском и страхование. Подход Колумба. Примеры применения.

Контрольная работа 1

Вариант 1

Задание 1. Обосновать необходимость применения понятия «риск» при обеспечении экологической безопасности.

Задание 2. Коллективный риск, его связь с потенциальным риском (определения, формулы, анализ).

Вариант 2

Задание 1. Экологическая опасность (привести не менее трех определений с указанием источника цитирования). Основные факторы экологической опасности. Источники и последствия экологической опасности. Ответ проиллюстрировать примерами.

Задание 2. Индивидуальный риск, определение, формулы, принцип применения данного понятия при обеспечении безопасности.

Вариант 3

Задание 1. «Опасность» и «безопасность», сопоставить понятия. Отдельно описать, в чем сходства и в чем отличия данных понятий.

Задание 2. Техногенный риск. Показать его связь с экологическим риском, привести примеры (не менее трех).

Вариант 4

Задание 1. Сходство и отличие понятий «опасность» и «риск», понятий «вероятность» и «риск». Пояснить на конкретных примерах.

Задание 2. Потенциальный риск, (формула). Поле потенциального риска гибели человека от точечного и линейного опасного объекта (показать графически).

Вариант 5

Задание 1. Концепция приемлемого риска, проблемы и принципы определения приемлемого риска. Показать графически.

Задание 2. Основные нормативные уровни экологического риска. Показать взаимосвязь. Ответ пояснить на конкретных примерах.

Примерные темы рефератов (эссе, докладов, сообщений)

1. Гидрометеорологические риски ЕТР.
2. Эволюция понятия «риск» при обеспечении экологической безопасности.
3. Экологическая опасность. Факторы экологической опасности, привести примеры.
4. Способы обеспечения экологической безопасности.
5. «Опасность» и «риск»: сходство и отличие понятий.
6. «Вероятность» и «риск» сходство и отличие понятий.

7. «Ущерб» и «риск»: сходство и отличие понятий.
8. Основная цель интеграции понятия экологический риск в проблемы обеспечения экологической безопасности.
9. Принципы определения приемлемости риска.
10. Восприятие различных видов риска населением. Мотивированный и немотивированный риск.
11. Оценка риска функционирования опасного объекта с использованием матрицы экологического риск.

Оценка экологического ущерба в случае аварии

Оценка возможного ущерба при аварии в российских руководящих документах предписано проводить в четыре этапа, на которых определяются:

- I. Прямые потери,
- II. Опосредованные потери,
- III. Социально-экономические потери,
- IV. Экологический ущерб.

Рассмотрим подробнее состав работ на каждом этапе.

I. Прямые потери

На первом этапе проводится оценка ущерба, который эксперт ожидает получить практически одновременно с аварией, например, непосредственно при взрыве на НП:

- уничтожения и повреждения основных производственных фондов,
- уничтожения и повреждения оборотных фондов (продукции),
- потери, вызванные компенсацией ущерба, нанесенного имуществу третьих лиц.

II. Опосредованные потери,

На втором этапе определяются опосредованные виды ущерба. Это уже более отдалённые убытки, однако возмещаемые, как правило, управляющей компанией, и поэтому справедливо относящиеся к общему ущербу.

- затраты на локализацию/ликвидацию аварии,
- расследование аварии,
- потери (убытки) из-за неиспользованных производственных возможностей,

- упущенная экономическая выгода.

III. Социально-экономические ущерб,

Определение социально-экономических потерь так же является задачей экологов. Как было показано выше, практически все виды рисков связаны и могут переходить один в другой. Экологический, технический или природный риск приводят к возникновению социального риска — риска травмирования или гибели людей при аварии. Экология, как наука молодая, оказалась более других подготовленной для регулирования этого вида опасности. Возможный ущерб от аварии для каждого километра НП складывается из четырёх составляющих, какая из четырёх сыграет решающую роль заранее неизвестно и на государственном уровне может оказаться не столь важным.

Определение социально-экономических потерь включает расходы:

- от выбытия трудовых ресурсов,
- по выплате пособий на погребение погибших,
- по выплате пенсий по случаю потери кормильца,
- на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию пострадавших от аварии,
- по выплате пособий по временной нетрудоспособности.

Как было написано выше, мы рассматриваем расчёт экологического риска для НП на этапе проектирования. Как же определить, сколько людей пострадает в случае возможного взрыва, если НП еще не построен, персонал еще не нанят на работу? Рассмотрим схему расчетов на этом этапе подробнее.

Ущерб от выбытия трудовых ресурсов определяется по формуле:

$$\text{Пв.т.р} = (\text{ВВП/Чз.э} - 12 \times 3с) \times (\text{Вп} - \text{Вс}), \quad (6)$$

где Пв.т.р — недопроизведенный ВВП, или ущерб государству от выбытия трудовых ресурсов;

ВВП — валовый продукт региона, для которого проводится оценка стоимости человеческой жизни;

Чз.э — число занятых в экономике;

Зс — средняя зарплата в регионе;

Вп — средний пенсионный возраст в регионе;

Вс — средний возраст в регионе.

Средний пенсионный возраст в регионе определяется:

$$Вп = 60/(1 + К) + 55К/(1 + К), \quad (7)$$

где К — соотношение женщин и мужчин в регионе.

Понятно, что константы 60 и 55 уже не являются константами и требуют корректировок исследователя согласно современной на момент расчетов ситуации.

Оставим их здесь в первоначальном виде.

Социально-экономический ущерб, связанный с гибелью человека определяется по формуле

$$Пг = Спог + 12Зс \times Чи(18 - Вс.и)/(1 + Чи), \quad (8)$$

где Спог — средние расходы на выплату пособий на погребение погибших в регионе;

Чи — число иждивенцев на одного занятого в экономике;

Зс — средняя зарплата;

Вс.и — средний возраст иждивенцев в данном регионе.

IV. Экологический ущерб

На последнем, четвертом этапе оценки ущерба от аварии проводятся расчеты собственно экологического ущерба или иначе платы за загрязнение окружающей среды при авариях. Для этого проводится анализ возможных потерь, характерных для исследуемой местности. Это могут быть нарушения среды обитания малых народов севера, уничтожение редких видов животных и растений, нарушение или приближение к границам ООПТ и пр. Выбор оцениваемых проблем зависит от условий данной местности и от опыта исследователей. На этом этапе часто проводятся исследования методами экспертных оценок, таких, как метод Делфи и пр. Однако для всех проектов в обязательном порядке проводятся расчеты

экологического ущерба для трёх составляющих. Итак, плата за загрязнение ОС при авариях складывается из ущерба от загрязнения:

- водных объектов,
- земли,
- атмосферного воздуха.

Рассмотрим алгоритмы расчета по каждому компоненту ОС отдельно.

Расчет размера вреда, причиненного *водным объектам* проводится по формуле

$$Y = K_{вг} \times K_{в} \times K_{ин} \times K_{дл} \times \sum Ni, \quad (9)$$

где Y — размер вреда, руб.,

$K_{вг}$ — коэффициент, учитывающий природно-климатические условия, зависящий от времени года,

$K_{в}$ — коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов),

$K_{ин}$ — коэффициент индексации,

$K_{дл}$ — коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия (загрязняющих) веществ на водный объект,

Ni — такса для исчисления размера вреда при загрязнении в результате аварий водных объектов i -м (загрязняющим) веществом.

Расчет размера ущерба от **загрязнения земель** химическими веществами ведутся по формуле

$$П = \sum (H_c \times S_i \times K_{в} \times K_{а(I)} \times K_{э(i)} \times K_{г}), \quad (10)$$

где $П$ — **плата** за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами (тыс. руб.),

H_c — **норматив стоимости** сельскохозяйственных земель,

K_v — коэффициент пересчета в зависимости от **периода времени по восстановлению** загрязненных сельскохозяйственных земель.

Расчет размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами приводят по формуле

$$\Pi = \sum (H_c \times S_i \times K_v \times K_a(I) \times K_э(i) \times K_г), \quad (11)$$

где S_i — площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида.

$K_a(I)$ — коэффициент пересчета в зависимости от **степени загрязнения земель** химическим веществом i -го вида.

$K_э(i)$ — коэффициент **экологической ситуации** и экологической **значимости** территории i -го экономического района.

$K_г$ — коэффициент пересчета в зависимости от **глубины загрязнения** земель.

По произведенным для каждого километра НП расчетам строятся графики, по которым проводится анализ возможных опасных ситуаций (рис. 8)



Рисунок 8. Фрагмент графика **распределения ущерба от загрязнения земель по двум сценариям.**

Воздействие на атмосферный воздух

При **аварийном разливе нефтепродуктов** происходит испарение легких фракций. Наиболее значительный ущерб происходит при сценарии аварии с возгорании нефти. При горении **бензина и дизельного топлива** в атмосферный воздух поступают токсичные вещества, такие как:

- оксид углерода,
- оксиды азота,
- оксиды серы,
- органические кислоты,
- сажа,
- сероводород,
- формальдегиды,
- цианистый водород и др.

При **отсутствии возгорания** масса выбросов низкомолекулярных углеводородов в атмосферный воздух определяется как

$$M_{н.у.} = q \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

где: F — площадь поверхности пролива, m^2 ,

q — удельная величина выбросов углеводородов в атмосферу с поверхности нефтепродукта, $г/м^2$.

При **горении** нефтепродуктов масса выброса каждого загрязняющего вещества рассчитывается как

$$M_i = M \cdot K_{\alpha}, \quad (13)$$

где: M — масса сгоревшего нефтепродукта, т;

K_{α} — коэффициенты удельных выбросов в атмосферу при горении нефтепродукта, т/т.

Платы за загрязнение атмосферного воздуха тогда определяются следующим образом

$$У_{\alpha} = 5F (C_i \cdot M_i), \quad (14)$$

где F — площадь поверхности пролива, м^2 ,

M_i — масса выброса 1-го ЗВ в атмосферу, т,

C_i — расчетная ставка платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах установленного лимита, с учетом коэффициентов, руб.

Параметр C_i в формуле 14 зависит от ряда коэффициентов:

$$C_i = H_i \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{инд}} \cdot K_{\text{г}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (15)$$

где H_i — норматив платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах установленного лимита, руб;

$K_{\text{э}}$ — коэффициент, учитывающий экологические факторы;

$K_{\text{г}}$ — коэффициент за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух городов;

$K_{\text{пр}}$ — коэффициент для особо охраняемых природных территорий;

$K_{\text{инд}}$ — коэффициент, установленный законом о федеральном бюджете на соответствующий год.

Далее для каждого сценария аварии проводится суммирование всех четырёх видов экологического ущерба, для анализа так же строятся графики (рисунок 9)

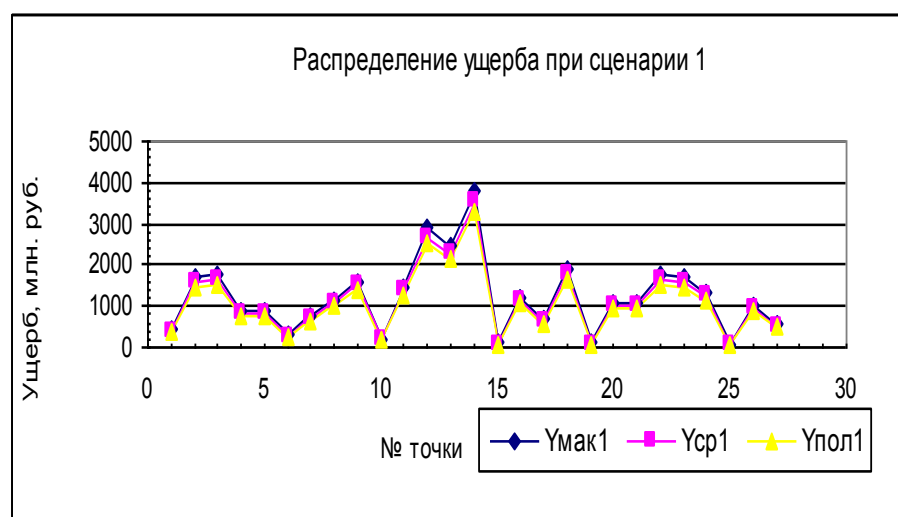


Рисунок 9. Фрагмент графика распределения полного экологического ущерба по длине НП.

Литература по разделу

Основная

1. Временные рекомендации по разработке планов локализации аварийных ситуаций на химико-технологических объектах. (Госгортехнадзор СССР, 05.07.90).
2. Методика оценки последствий химических аварий (методика «ТОКСИ»), согласованная Госгортехнадзором России (письмо от 03.07.98 № 10-03/342), НТЦ «Промышленная безопасность», 1999.
3. «Методика расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов» (пр. Госкомэкологии России от 05.03.97 N 90)
4. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (Письмо Минприроды России от 27.12.1993 № 04-25/61-5678).
5. Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы...»
6. Постановление Правительства РФ от 28.8.1992 № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия»
7. РД «Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах» (утв. Минтопэнерго РФ, АК «Транснефть», 1996.)
8. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах». Утверждено АК «Транснефть», приказ от 30.12.99 № 152; согласовано Госгортехнадзором России, письмо от 07.07.99 № 10-03/418.
9. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утв. Постановлением №63 от 29.10.2002 Федеральным горным и промышленным надзором России).
10. Колесникова Е.В. Гидрометеорологические факторы геополитического риска для Калининградской области. // Международный научно-исследовательский

журнал. ISSN 2227-6017 (ONLINE), ISSN 2303-9868 (PRINT), DOI:
10.18454/IRJ.2227-6017 — №12. 2016 г.

11. Колесникова Е.В., Ерофеева К.А. Региональные факторы риска возникновения техногенных катастроф, Успехи современной науки, журнал ВАК, РИНЦ, №6, т.1, стр.148-152, Белгород, 2016.
12. Колесникова Е.В., Сорокина М.С. Методы обеспечения экологической безопасности при строительстве и функционирования нефтепровода на основе рискологического подхода. Материалы Второй всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов», Казань 2013.
13. Федеральный закон от 21.07.1997 г. №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Дополнительная

1. Ваганов П.А. Катастрофология. СПб.: Изд-во СПбГУ. 2003.
2. ГОСТ Р 22.1.06-99 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования».
3. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. Министерство науки и образования Российской Федерации, Российский государственный гидрометеорологический университет. — Санкт-Петербург: РГГМУ, 2011. — 448 с.
4. Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 N 30 "Об утверждении "Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов".

Контрольные вопросы

1. Расчет размера экологического риска аварии. Основные этапы.

2. Оценка прямых и опосредованных потерь при аварии.
3. Оценка риска аварии на опасных объектах. Социально-экономические потери.
4. Оценка ущерба при травмировании персонала.
5. Оценка ущерба в случае гибели людей.
6. Оценка экологического ущерба при авариях (на примере водных объектов).
7. Расчет размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами.
8. Воздействия на атмосферный воздух при аварии связанной с проливом нефти при отсутствии возгорания (формулы).
9. Оценка воздействия на атмосферный воздух при аварии связанной с проливом нефти в случае возникновения пожара.
10. Построение графика распределения экологического риска по трассе продуктопровода.
11. Оценка показателей риска (риска потерь нефти и экологического риска) по длине трассы магистрального нефтепровода. Формулы расчета риска потерь нефти и экологического риска.
12. Построение графика распределения суммарной длины участков магистрального нефтепровода по показателю риска загрязнения окружающей среды. Алгоритм построения, назначение.
13. Лингвистическая оценка распределения экологического риска по трассе: критерии степени риска аварий на магистральных продуктопроводах.
14. Распределение суммарной длины участков продуктопровода по показателю риска загрязнения окружающей среды.

Примерные темы рефератов (эссе, докладов, сообщений)

1. Расчет размера экологического риска аварии, основные этапы.
2. Оценка возможного ущерба при аварии на конкретном объекте.
3. Оценка ущерба водным объектам при аварии на магистральных продуктопроводах.

4. Оценка ущерба воздуху при аварии на нефтепроводе с возгоранием.
5. Оценка возможного ущерба земельным ресурсам в случае аварии с проливом нескольких загрязняющих веществ.
6. Расчет прямых потерь при аварии.
7. Расчет опосредованных потерь при аварии.
8. Оценка социально-экономического ущерба в случае травмирования/гибели персонала.

Расчетно-графическая работа. Расчет и оценка экологического риска при проектировании нефтепровода

В регионе планируется прокладка магистрального нефтепровода (НП). НП будет проходить по малонаселенной местности, в лесостепной зоне с пересеченным рельефом, с большим количеством водных объектов (рек, ручьев, болот, непересыхающих земель, заливов). По утвержденным в РФ методикам сделать заключительный этап расчёта и оценки риска аварии на НП для двух сценариев: сценарий 1 — гильотинный разрыв трубы, сценарий 2 — образования в трубе свища (отверстия с диаметром до 1 см).

Построить график распределения суммарной длины участков НП по показателю риска загрязнения окружающей среды. Сделать качественную (лингвистическую) оценку распределения экологического риска по трассе. Сделать выводы по исследуемому участку НП о размерах и динамике рисков по длине трассы при различных сценариях аварии.

В качестве исходных данных для расчета риска представлены:

- данные о средней возможной массе потерянной нефти L (т/км),
- рассчитанные значения по возможным платам за загрязнение окружающей среды от аварии при сценарии 1 — N_1 , тыс. руб. и при сценарии 2 — N_2 , тыс. руб.