

УДК 502
БАК: 01.01.05; 05.26.02; 05.26.03

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Анализ рисков нефтяных разливов при транспортных операциях в прибрежных водах морей и океанов

Б.В. Архипов,
Д.А. Шапочкин,
Федеральный
исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук,
г. Москва

Аннотация

В статье приведены общие сведения и требования к порядку проведения анализа рисков при различных видах активности в шельфовых и/или прибрежных областях океана. Построена статистическая модель и даны оценки вероятности разливов в зависимости от объемов утилизации нефтепродуктов.

Ключевые слова: частота выбросов, объем выбросов, статистические данные.

Содержание

Введение

1. Общие сведения и требования к порядку проведения анализа рисков
2. Статистическая модель и оценки вероятности разливов

Заключение

Литература

Введение

Анализ риска разливов нефти и/или нефтепродуктов при проведении различных работ в прибрежных областях морей и океанов является актуальной задачей в связи с возросшей производственной активностью в этих районах. Детальный анализ рисков аварийных разливов углеводородов во время реализации проектов на морском шельфе представляется в общем случае достаточно сложной и трудоемкой задачей и может быть выполнен только при подготовке декларации о промышленной безопасности опасных производственных объектов. Часто требуется предварительный грубый расчет риска величины аварийных разливов при выполнении, например, оценок воздействия на окружающую среду по тем или иным проектам. В работе рассматривается при отсутствии возможности учета отдельных сценариев аварий «валовый» подход, аналогичный подходу Норвежского независимого классификационного и сертификационного общества DNV (норв. Det Norske Veritas), основанный на обобщении статистики объемов выбросов с получением зависимости между объемом и частотой выбросов. Такой подход основывается на данных Международной федерации танкеровладельцев (ITOPF) [1]. В первом грубом приближении проводится аналогия между различными видами активности в прибрежных областях, связанными с использованием нефтепродуктов при реализации различных проектов и транспортировкой их танкерами вне открытого моря. Естественно, что

такой подход может служить только грубой оценкой риска разливов и требует уточнения с учетом особенностей конкретных проектов и/или видов работ [2].

1. Общие сведения и требования к порядку проведения анализа рисков

В соответствии с руководством по безопасности [2] авария — это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах (ОПО), неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ (ст. 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

Аварии могут быть обусловлены как природными явлениями, так и антропогенными причинами. Они, как правило, носят случайный, вероятностный характер. Поэтому для каждого потенциально возможного вида аварии можно определить вероятность ее возникновения, которую связывают с понятием риска. Риск аварии — мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий. Анализ риска аварий (анализ опасностей и оценка риска аварий) — взаимосвязанная совокупность научно-технических методов исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий для обеспечения промышленной безопасности ОПО.

Количественная оценка риска аварии — определение значений числовых характеристик случайной величины ущерба (человеку, имуществу и окружающей среде) от аварии на ОПО. В количественной оценке риска аварии оцениваются значения вероятности (частоты) и соответствующей степени тяжести последствий реализации различных сценариев аварий для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды [2].

Очевидно, что при возникновении аварии возможны различные исходы, которые различаются по продолжительности воздействия и масштабам негативных воздействий. Ее последствия могут быть ликвидированы, локализованы или привести к безвозвратным потерям. В любом случае аварии приводят к материальным потерям и наносят тот или иной ущерб человеку и окружающей среде.

Во многих случаях ущерб может быть выражен в денежном эквиваленте, что позволяет сравнивать риски от различных видов аварий и сопутствующих им ущербов. Так, по данным Международной федерации танкеровладельцев (ITOPF) [1], удельная величина расходов при ликвидации разливов составляет от 70 до 21 000 долл. США/т при средней мировой величине 3830 долл. США/т. Причем в странах Северной Европы средние издержки составили 4564 долл. США/т, а в Северной Америке 5073 долл. США/т. Максимальные затраты на устранение последствий разлива были после аварии танкера «Эксон Валдиз» в 1989 г. в заливе Кука. Они составили: прямые затраты — более 30 000 долл. США/т, а с учетом косвенных потерь — около 45 000 долл. США/т.

Аварии обусловлены в основном аномальными событиями или внешними не предусмотренными нормативными документами причинами, и эти события и причины носят случайный, вероятностный характер. К ним можно отнести экстремальные по отношению к проектным значениям параметры естественных условий (штормы, землетрясения и т.п.), случайные сбои и отказы оборудования из-за технологических нарушений при строительстве и транспортировке, случайные ошибки персонала и т.п.

Одной из основных целей анализа и оценки рисков является доказательство того, что для рассматриваемого объекта риски уменьшены до практически целесообразного низкого уровня. Основными средствами оценки рисков, выявления опасностей и определения соответствующих мер по их ослаблению являются исторические сведения, статистические данные, нормы и стандарты, а также принятая в промышленности практика. Методы количественной оценки рисков используются для численного определения вероятности и последствий аварий. Количественная оценка рисков включает в себя следующие основные элементы:

- выявление потенциально возможных аварийных случаев;
- оценку их вероятности;
- оценку их влияния на людей, окружающую среду и материальные ценности;
- сопоставление оцененного риска с общепринятыми критериями их приемлемости.

Максимально возможный разлив нефти при аварийных разливах нефтепродуктов определяется величиной, равной объему двух танков, что установлено Основными требованиями к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов [9]. Вместе с тем Правилами организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации [10] предписывается прогнозирование последствий возможных масштабов разливов нефти осуществлять на основании оценки риска аварийных нефтяных разливов.

Детальный анализ рисков объемов сбросов углеводородов, связанных с авариями во время реализации проектов на морском шельфе, представляется в общем случае достаточно сложной задачей и может быть выполнен только при подготовке декларации о промышленной безопасности опасных производственных объектов в соответствии с [2].

Этот анализ должен включать различные методы анализа риска типа: анализ «Что будет, если..?», метод проверочного листа, анализ опасности и работоспособности, анализ видов и последствий отказов, анализ деревьев отказов и событий, количественный

анализ риска. При отсутствии возможности учета отдельных сценариев аварий для определения распределения выбросов по объемам может быть применен альтернативный валовый подход норвежского Независимого классификационного и сертификационного общества DNV (норв. Det Norske Veritas), основанный на обобщении статистики объемов выбросов с получением зависимости между объемом и частотой выбросов [4, 15], когда для практических расчетов определяются зависимости частот превышения разлива от объемов выброса с учетом вида работ (рис. 1). По данным работ [4, 15] такой анализ для выбросов из скважин дает:

- для поисково-разведочного бурения $F(Q) = 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{-0,3}$ 1/скв.;
- эксплуатационного бурения $F(Q) = 2,5 \cdot 10^{-4} \times Q^{-0,3}$ 1/скв.;
- эксплуатации $F(Q) = 6,9 \cdot 10^{-5} \cdot Q^{-0,3}$ 1/(скв. · год),

где Q — объем выброса, т; $F(Q)$ — частота превышения разлива объемом Q в соответствующих единицах. Фактически этот подход сводится к аппроксимации имеющегося статистического материала.

В настоящей работе также применяется валовый подход для получения частот разливов, превышающих заданное значение при осуществлении транспортных и погрузочно-разгрузочных операций нефти и нефтепродуктов, основанный на статистике ИТОРФ.

При оценке рисков учитывались регламентирующие нормы и промышленные рекомендации, приведенные в наборе источников [2, 5—10]. Концепция оценки риска для проектируемого объекта означает, что рассматриваемый объект должен быть спроектирован таким образом, чтобы не был превышен предел априорно рассчитанного риска, определенного как приемлемый или допустимый. Критерии риска представляют собой некоторые нормативные или общепринятые значения, сравнение с которыми полученных оценок риска позволяет делать заключения о степени их приемлемости или допустимости для рассматриваемых объектов (люди, конструкции, окружающая среда).

Наиболее простая структура критериев приемлемости риска — это уровни риска, которые служат границей между допустимыми и недопустимыми рисками (или между допустимыми и недопусти-

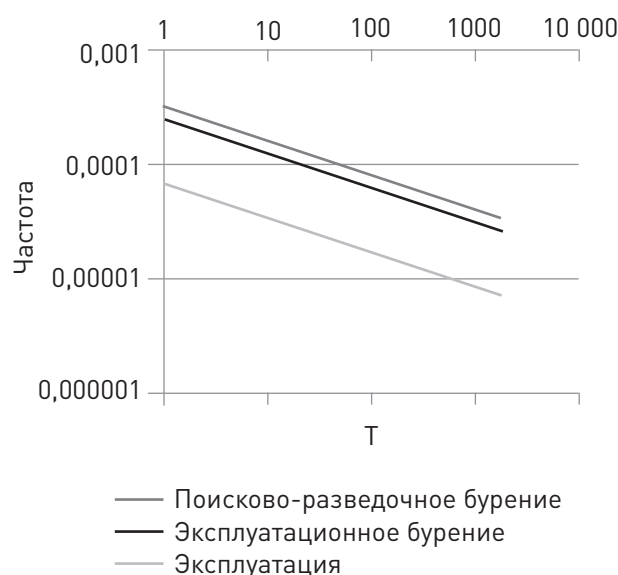


Рис. 1. Зависимость частоты превышения от объема разлива (в логарифмических координатах) при авариях на скважинах, по данным работ [4, 15]

мыми видами деятельности). Например, структура критериев приемлемости рисков, предложенная Британским управлением по здравоохранению и безопасности (UK HSE) [11], указывает некий уровень риска, который обычно известен как максимально допустимый и выше которого риск считается недопустимым, какой бы высокой ни была выгода, а поэтому он должен быть уменьшен. Ниже этого уровня риски также должны быть «низкими, насколько это практически целесообразно». Это значит, что, решая вопрос о необходимости принятия мер по снижению риска, можно учитывать стоимость этих мер, используя расчет рентабельности. В этой области чем выше риски, тем более они заслуживают принятия мер по их снижению. Если же риски достаточно низки, то, возможно, что на их снижение вообще не стоит тратить средства и следует считать их пренебрежимо малыми. В соответствии с этим подходом риски распределяются по 3 категориям:

- $IR > 10^{-3}$ — область недопустимых рисков — в этой области риск считается недопустимым, поскольку вероятность и последствия его возникновения слишком велики. Здесь обязательны меры по снижению риска или соответствующие проектные изменения;

- $5 \cdot 10^{-5} < IR < 10^{-3}$ — в этой области риск считается допустимым только тогда, когда приняты меры, позволяющие сделать вероятность и последствия такого риска «настолько низкими, насколько это практически целесообразно». Следовательно, меры по снижению рисков должны осуществляться только при условии их практической целесообразности, определенной расчетом рентабельности;

- $IR < 5 \cdot 10^{-5}$ — область пренебрежимо малых рисков — в этой области риск считается допустимым, так как или вероятность его возникновения настолько мала, или последствия настолько незначительны, что никаких мер по снижению риска не требуется.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия в соответствии с [6] характеризуются следующим образом:

- относительно удовлетворительная;
- напряженная;

- критическая;
- кризисная;
- катастрофическая.

Для оценки экстремально высоких загрязнений природной среды разработаны специальные критерии. В частности, для морских вод используются следующие показатели [19]:

- максимальное разовое содержание для нормируемых веществ 1—2-го класса опасности в концентрациях, превышающих ПДК в 5 раз и более, а для веществ 3—4-го класса опасности в 50 и более раз;

- появление запаха, не свойственного воде ранее, интенсивностью более 4 баллов;

- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его площади до 6 км²;

- снижение содержания растворенного в воде кислорода до 2 и менее мг/л;

- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК) свыше 40 мг/л;

- массовая гибель рыбы, моллюсков, раков, водорослей и других организмов и водной растительности и др.

Категории аварий

Таблица 1

Категория	Характеристика аварии	Частота аварий, ед./год	Описание
1	Практически невозможная	$< 10^{-6}$	Событие такого типа почти никогда не случалось, но не исключается
2	Редкая	$10^{-6} \div 10^{-4}$	Такие события случались в мировом масштабе, но всего несколько раз
3	Маловероятная	$10^{-4} \div 10^{-2}$	Такая авария происходит, но маловероятна в течение срока реализации проекта
4	Вероятная	$10^{-2} \div 1$	Возможно, что такая авария случится в течение срока реализации проекта
5	Практически неизбежная	> 1	Может случиться в среднем чаще чем раз в год

Категории масштабов последствий аварий

Таблица 2

Категория	Последствия	Описание
1	Незначительные	Не сказывается на здоровье и безопасности населения. Нет травм на объекте. Нет повреждений объекта. Не сказывается на природных ресурсах. Разлив нефти до 1,0 м ³
2	Малозначительные	Нет серьезных травм и гибели людей. Легкие повреждения объекта. Нет простоя. Легкое, кратковременное воздействие на природные ресурсы. Разлив нефти 1—40 м ³
3	Серьезные	Возможны серьезные травмы и гибель людей на объекте, но нет угрозы здоровью и жизни людей. Значительное, негативное, но в конечном счете обратимое воздействие на некоторые природные ресурсы. Некоторый ущерб причиняется непроизводственным объектам на берегу. Разлив нефти 40—400 м ³
4	Катастрофические	Травмы и гибель небольшого числа окружающих жителей или травмы и гибель большого числа работающих на объектах. Значительное повреждение объектов: значительный и продолжительный ущерб причиняется двум и более природным ресурсам. Разлив нефти более 400 м ³

При оценке приемлемости экологических рисков наряду с указанными критериями будем использовать два дескриптора, один из которых связан с вероятностью аварии и ее последствий, а другой — с ее масштабами. Используемые критерии рисков аварий по частоте их возникновения приведены в табл. 1, а категории масштабов аварий в табл. 2 [12].

Дополнительно отметим, что согласно классификации Международной ассоциации нефтегазовой отрасли по охране окружающей среды аварийные разливы делятся по следующим категориям [1, 14, 15]:

- менее 7 т;
- 7—700 т;
- свыше 700 т.

Основными загрязнителями Мирового океана остаются нефть и нефтепродукты. По статистике ЮНГТАД [3] танкеры перевозят примерно 2 млрд т в год. В 1977 г. объемы транспортировки нефти морем были около 1724 млн т, в 1987 г. около 1279 млн т, потом начали подниматься. В 2010 г. они достигли 2772 млн т. Всего за 46 лет (1970—2015) было перевезено $9,24 \cdot 10^{10}$ т (рис. 2).

Существуют несколько основных путей поступления нефтяного загрязнения в морскую среду [16—18]:

- речной сток;
- прямые сбросы сточных вод от муниципальных станций очистки и промышленных объектов;
- диффузное поступление;
- атмосферные выпадения;
- потери при транспортировке нефти и нефтепродуктов и их перегрузке в портах (несанкционированные сбросы, аварийные разливы).

На основе статистической информации ИТОРФ [1] в табл. 3—4 представлены количество аварий с разливом нефти по операциям за 46 лет в период 1970—2015 гг.

2. Статистическая модель и оценки вероятности разливов

На первом шаге вводим модель распределения Пуассона. В этом случае случайной величиной n является число возникновения аварий определенного масштаба. Вероятность $P(n, T)$ возникновения n аварий определенного масштаба (например, больше 7 т)

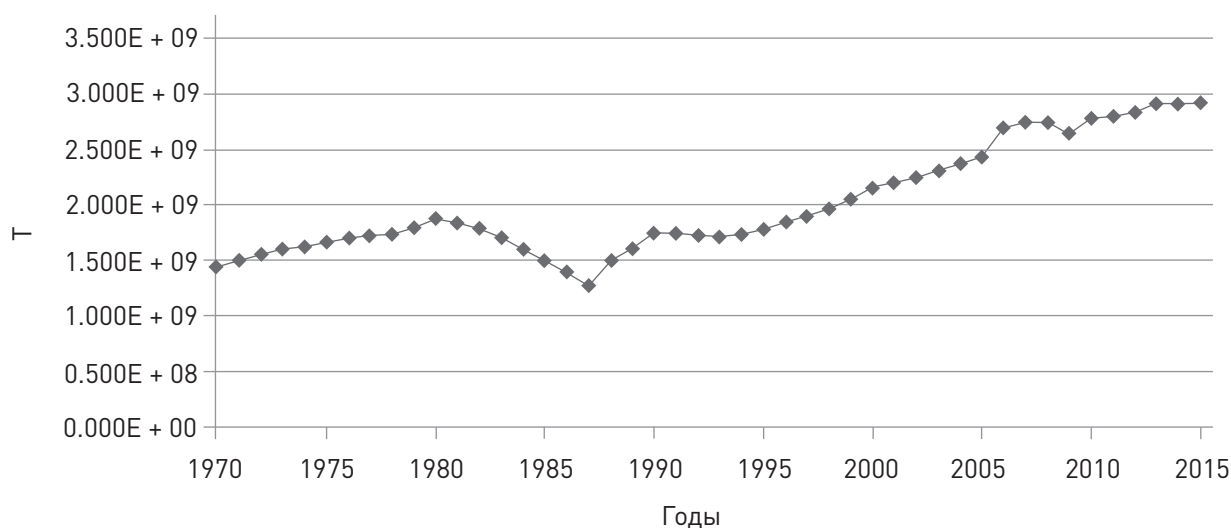


Рис. 2. Объемы транспортировки нефти и нефтепродуктов морем

Количество разливов 7—700 т, 1970—2015 гг.

Таблица 3

Масштаб аварии	Причины				
	погрузка/разгрузка	бункеровка	прочие операции	прочие/неизвестные причины	всего
7—700 т	393	32	178	761	1364

Количество разливов больше 700 т, 1970—2015 гг.

Таблица 4

Масштаб аварии	Причины							всего
	на стоянке (внутренние воды)	на стоянке (открытое море)	на ходу (внутренние воды)	на ходу (открытое море)	погрузка/разгрузка	бункеровка	прочие/неизвестные причины	
> 700 т	16	9	81	229	42	1	81	459

в течение интервала длительности T в зависимости от среднего числа λ аварий в единицу длительности определяется по формуле

$$P(n) = \frac{(\lambda T)^n}{n!} \exp(-\lambda T). \quad (1)$$

В качестве меры длительности обычно выбирается время, а ее единицей — один год, хотя могут быть и другие меры (см. ниже). Случайная величина n распределена по закону $P(n)$, а T, λ — параме-

тры этого распределения. Среднее число событий за время T равно $\bar{n}$:

$$\bar{n} = \sum_{n=0}^{\infty} n P(n) = \sum_{n=0}^{\infty} n \frac{(\lambda T)^n}{n!} \exp(-\lambda T) = \lambda T.$$

При T , равном единице (например, 1 год), получаем $\bar{n} = \lambda$, где λ — среднее число событий за единицу длительности.

Например, если при осуществлении определенной операции в среднем происходит одна авария

с разливом нефти за 100 лет ($\lambda = 0,01$), что равнозначно аварии на одном из 100 аналогичных объектов на морском шельфе в течение года, то вероятность такой аварии для периода в 0,5 года составит $4,98 \cdot 10^{-3}$, а риск $4,98 \cdot 10^{-3}$. Вероятность двух аварий (и величина риска) за тот же период составит $1,24 \cdot 10^{-5}$.

Приведенный пример показывает, что для небольших значений λT модель Пуассона дает практически совпадающие величины вероятности возникновения одной аварии и риска, которые достаточно точно оцениваются величиной: $\lambda \cdot T$ (в рассмотренном случае $P(n = 1, T) = R = \lambda \cdot T = 5 \cdot 10^{-3}$). Практически во всех рассмотренных ниже случаях $\lambda \cdot T \ll 1$. Поэтому возможно использование соотношения $P(n = 1, T) = R = \lambda \cdot T$.

На втором шаге переходим к случайной величине t — времени ожидания события, изменяющейся от нуля до бесконечности. Событие $t < T$ означает, что авария произойдет, а оценка риска аварии (вероятность возникновения одной или большего числа аварий, $P(n > 0)$, называется риском) для периода T будет равна

$$P(n > 0) = P(t < T) = 1 - \exp(-\lambda T). \quad (2)$$

Вероятность того, что авария не произойдет $n = 0$ или $t > T$, равна

$$P(n = 0) = P(t > T) = \exp(-\lambda T), \quad (3)$$

функция распределения для случайной величины T равна

$$F(T) = 1 - \exp(-\lambda T), \quad (4)$$

тогда

$$\bar{t} = \int_0^\infty F'(t) t dt = \int_0^\infty \frac{d}{dt} [1 - \exp(-\lambda t)] t dt = \frac{1}{\lambda}. \quad (5)$$

Отсюда получаем, что случайная величина t — промежуток времени между событиями, $\bar{t} = \frac{1}{\lambda}$ — средний промежуток времени между событиями.

Параметр λ может быть некоторой функцией от масштабов аварии. Например, в случае разливов нефти его значение уменьшается при увеличении количества разлившейся нефти. Максимальное

значение параметр λ имеет, если в качестве события рассматриваются аварии, сопровождающиеся любой как угодно малой величиной разлива, при совершении операций, характеризующих конкретный вид производственной активности. Если параметр λ является функцией массы разлива, то выражение (3) дает вероятность превышения заданной величины разлива, а функцию

$$F_T(m) = \exp[-\lambda(m) \cdot T] \quad (6)$$

можно рассматривать как функцию распределения вероятности величин разлива в течение заданного периода длительности. Если риски рассматриваются в расчете на единицу длительности, то

$$F(m) = \exp[-\lambda(m)]. \quad (7)$$

Следующим шагом является определение подходящей зависимости параметра λ от величины разлива. Одним из возможных подходов является следующий:

$$\lambda(m) = \left(\frac{\bar{m}}{m} \right)^\beta. \quad (8)$$

В этом случае распределение (7) имеет вид распределения Фреше экстремальных параметров

$$F(m) = \exp \left[- \left(\frac{\bar{m}}{m} \right)^\beta \right]. \quad (9)$$

Задача статистического анализа заключается в оценке параметров $\bar{m}, \beta$.

В результате на третьем шаге мы ввели случайную величину M (масса аварийного разлива за промежуток T) и ее функцию распределения

$$F(M) = P(m < M) = \exp \left[- \left(\frac{\bar{m}}{M} \right)^\beta T \right]. \quad (10)$$

Вероятность превышения $P(m > M)$

$$\bar{F}(M) = P(m > M) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\bar{m}}{M} \right)^\beta T \right]. \quad (11)$$

На основе статистической информации ИТОРФ [1] в табл. 5 представлено количество аварий с разливом нефти больше 7 и 700 т в период 1970—2015 гг. (46 лет). При составлении табл. 5 из табл. 3—4 были исключены события в открытом море,

Частоты разливов с объемами больше 7 т и больше 700 т за 1970—2015 гг. Таблица 5

	Количество разливов за 46 лет	Частота на 1 тонну	Частота на 15 000 т
		При общем количестве перевезенной нефти и нефтепродуктов $S = 9,24 \cdot 10^{10}$ т	$P_{emp,i}$
Больше 7 т ($i = 1$)	1504 (393+32+178+761+140)	$1,628 \cdot 10^{-8}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
Больше 700 т ($i = 2$)	140 (16+42+81+1)	$1,515 \cdot 10^{-9}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$

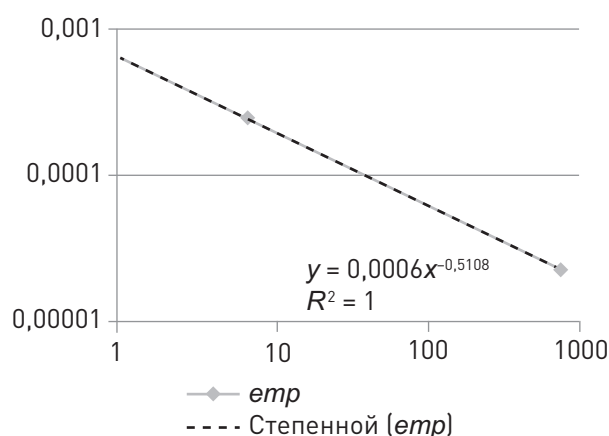


Рис. 3. Подбор параметров зависимости $y(M) = \alpha M^{-\beta}$ при транспортировке 15 000 т

но оставлены события, происшедшие по неизвестным причинам.

Будем рассматривать в качестве меры длительности количество транспортируемой (используемой) нефти и/или нефтепродуктов в тоннах. Отталкиваясь от (11) и данных табл. 5 для частот при транспортировке T тонн, получаем ($i = 1, 2$):

или

$$P_{emp,i} = N_i \frac{T}{S} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\bar{m}}{M_i} \right)^\beta T \right] \quad (12)$$

$$\left(\frac{\bar{m}}{M_i} \right)^\beta T = -\ln(1 - P_{emp,i}). \quad (13)$$

Зависимость частоты превышения заданной величины аварийных разливов при изменении объемов утилизации нефтепродуктов при морских транспортных операциях

Таблица 6

Масса разлива, т	Частота превышения заданной величины аварийных разливов за период строительства	Категория аварии (табл. 1)	Частота превышения заданной величины аварийных разливов за период строительства	Категория аварии (табл. 1)	Частота превышения заданной величины аварийных разливов за период строительства	Категория аварии (табл. 1)	Частота превышения заданной величины аварийных разливов за период строительства	Категория аварии (табл. 1)	Категория масштаба последствий аварии (табл. 2)
	Объем утилизации 5000 т		Объем утилизации 10 000 т		Объем утилизации 15 000 т		Объем утилизации 30 000 т		
1	$2,00 \cdot 10^{-4}$	3	$4,00 \cdot 10^{-4}$	3	$7,00 \cdot 10^{-4}$	3	$1,30 \cdot 10^{-3}$	3	2
7	$7,33 \cdot 10^{-5}$	2	$1,46 \cdot 10^{-4}$	3	$2,56 \cdot 10^{-4}$	3	$4,76 \cdot 10^{-4}$	3	2
50	$2,66 \cdot 10^{-5}$	2	$5,32 \cdot 10^{-5}$	2	$9,31 \cdot 10^{-5}$	2	$1,73 \cdot 10^{-4}$	3	3
100	$1,86 \cdot 10^{-5}$	2	$3,72 \cdot 10^{-5}$	2	$6,51 \cdot 10^{-5}$	2	$1,21 \cdot 10^{-4}$	3	3
200	$1,30 \cdot 10^{-5}$	2	$2,60 \cdot 10^{-5}$	2	$4,56 \cdot 10^{-5}$	2	$8,46 \cdot 10^{-5}$	2	3
500	$8,12 \cdot 10^{-6}$	2	$1,62 \cdot 10^{-5}$	2	$2,84 \cdot 10^{-5}$	2	$5,27 \cdot 10^{-5}$	2	4
700	$6,82 \cdot 10^{-6}$	2	$1,36 \cdot 10^{-5}$	2	$2,39 \cdot 10^{-5}$	2	$4,43 \cdot 10^{-5}$	2	4

Проводя линию тренда в виде степенной зависимости

$$y(M) = \alpha M^{-\beta} = \left(\frac{\bar{m}}{M} \right)^{\beta} T, \quad (14)$$

через две точки $y_i = -\ln(1 - P_{\text{emp},i})$, $i = 1, 2$ получаем параметры α и β . Для примера берем массу транспортировки (утилизации) 15 000 т. Проводя линию тренда (рис. 3, логарифмический масштаб), по двум значениям из табл. 5 получаем $\alpha = 0,0006$, $\beta = 0,5108$. Поступая аналогично для других объемов транспортировки (утилизации), получаем зависимость вероятности масштабов аварийных сбросов различных объемов при морских транспортных операциях (табл. 6).

Заключение

Из табл. 6 следует, что, например, при объеме транспортировки 15 000 т частота возникновения аварийного разлива больше 500 т равна $2,84 \cdot 10^{-5}$. Такие события относятся к категории редких в соответствии с табл. 1. Они случались в мировом масштабе, но всего несколько раз. Напомним, что речь идет о процессе, в котором полное количество вовлеченных в работу (транспортируемых) нефтепродуктов равно 15 000 т. Исходно данные табл. 6 относятся к транспортировке нефти и нефтепродуктов танкерами, поскольку ее получение основано на данных Международной федерации танкеровладельцев (ITOPF) [1]. В шельфовых и/или прибрежных областях океана происходят также другие виды активности (дноуглубительные работы, прокладка трубопроводов и т. д.), связанные с транспортировкой, погрузкой, разгрузкой, использованием нефтепродуктов, например дизельного топлива. В процессе этих работ нефтепродукты транспортируются, перекачиваются в топливные баки специализированных судов (земснарядов, трубоукладчиков, самоходных барж и т. п.), используются для работы двигателей, машин и механизмов и тем самым удаляются. Это означает, что в первом грубом приближении можно провести аналогию между рассматриваемыми работами и транспортировкой танкерами (вне открытого моря) и применять табл. 6 для оценки вероятности аварийных разливов в этих работах в зависимости от количества используемых за про-

должительность работ нефтепродуктов. Естественно, что такой подход может служить только грубой оценкой риска разливов и требует уточнения с учетом особенностей конкретных проектов и/или видов работ [2, 20, 21].

Литература

1. Oil tanker spill statistics. ITOPF. pp.11. 2016.
2. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 апреля 2016 г. № 144.
3. Обзор морского транспорта. Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию. Юнктад. 2016. 118 с.
4. Журавель В.И., Журавель И.В., Мансуров М.Н. Практические вопросы учета аварийности морских скважин. Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2015. № 2 (22).
5. Постановление от 14 ноября 2014 г. № 1189 «Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».
6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия». Минприроды, 1992.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
8. Приказ МПР РФ от 03.03.2003 № 156 «Об утверждении указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации» (зарегистрирован в Минюсте РФ 08.05.2003 № 4516).
9. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».
10. Постановление от 15 апреля 2002 г. № 240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации».

11. Статистические данные HSE UK. Британское управление по здравоохранению и безопасности.
 12. Стандарт ОАО «ЛУКОЙЛ» СТП-01-030-2003 «Руководство по оценке воздействия на окружающую среду объектов обустройства морских месторождений». Москва, 2003.
 13. Вяхирев Р.И., Никитин Б.А., Мирзоев Д.А. Обустройство и освоение морских нефтегазовых месторождений. М.: Изд-во Академии горных наук, 1999.
 14. Данные Департамента внутренних дел США. Служба минеральных ресурсов, 1991 (Статистические данные по авариям на морском шельфе).
 15. Assessment of the risk of pollution from marine oil spills in Australian ports and waters: report for Australian maritime safety authority. London: Det Norske Veritas Ltd., 2011.
 16. Данные по надежности классификационного общества Норвегии «Веритас» DNV, WOAD-98.
 17. Губанов Е.П., Иевлева М.Н. Нефтяное загрязнение Черного моря и его влияние на экосистему. Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна. Материалы II Международной конференции 26—27 июня 2006 г. г. Керчь. С. 80—95.
 18. Бланк Ю.И., Мельник А.Ю., Степанов В.Н. Статистика и прогнозирование разливов нефти при грузовых операциях в портах // *Екологічні проблеми Чорного моря*. Одесса: ЦНТПІОНЮА, 2003. С. 69—71.
 19. «Временное положение о порядке взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при аварийных выбросах и сбросах загрязняющих веществ и экстремально высоком загрязнении окружающей природной среды» (утв. Минприроды России 23.06.1995 №05-11/2507, МЧС России 03.08.1995, Госкомсанэпиднадзором России 18.08.1995, Минсельхозпродом России 04.07.1995, Росгидрометом 30.06.1995, Роскомземом 08.08.1995, Роскомводом 22.08.1995, Роскомнедра 11.08.1995, Роскомрыболовства 14.08.1995, Рослесхозом 10.08.1995. Зарегистрировано в Минюсте России 11.09.1995 №946), а также в ГОСТ Р 14.03-2005.
 20. Кулыгин В.В. Подход к оценке рисков опасных природных явлений в морехозяйственных системах // *Проблемы анализа риска*. Т. 14. 2017. № 2. С. 64—72.
 21. Трубицина О.П., Башкин В.Н. Вызовы деятельности объектов нефтегазовой отрасли в Арктике: геоэкологические и геополитические риски // *Проблемы анализа риска*. Т. 15. 2018. № 3. С. 22—31.
- ### Сведения об авторах
- Архипов Борис Витальевич:** кандидат физико-математических наук, заведующий сектором математического моделирования водных систем Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук
Количество публикаций: 67
Область научных интересов: математическое моделирование в области гидродинамики и распространения загрязняющих веществ в море. Оценка рисков и последствий аварийных нефтяных разливов в морской среде
Контактная информация:
Адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2
Тел.: +7 (499) 135-51-39
E-mail: arh12.bor12@yandex.ru
- Шапочкин Дмитрий Алексеевич:** научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук
Количество публикаций: 38
Область научных интересов: математическое моделирование в области гидродинамики и распространения загрязняющих веществ в море. Оценка рисков и последствий аварийных нефтяных разливов в морской среде
Контактная информация:
Адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2
Тел.: +7 (499) 135-51-39
E-mail: shap@progtech.ru