

ЛИКВИДАЦИЯ МОРСКИХ РАЗЛИВОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

17



Введение

Объем морских перевозок химических веществ с каждым годом растет, и вместе с ним растет озабоченность международного сообщества по поводу необходимости разработки безопасных и эффективных механизмов реагирования на разлив химических веществ. Принимая во внимание разнообразие химических веществ, различия в их физических свойствах и разное поведение при утечке, а также потенциальное воздействие на здоровье человека и морскую среду, механизмы обеспечения готовности и реагирования в аварийных ситуациях, связанных с разливом химических веществ, являются гораздо более сложными, чем при разливах нефти.

Настоящий документ позволяет получить общее представление о сложностях, связанных с устранением разливов химических веществ, описывает присущие таким аварийным ситуациям риски и поведение химических веществ при разливе в море, а также предоставляет краткий обзор возможных методов ликвидации последствий.

Что такое химические вещества?

Термин «химическое вещество» охватывает все вещества, известные человечеству. Однако не все химические вещества, перевозимые морским транспортом, считаются опасными, а те, которые относятся к такой категории, принято называть «опасными и вредными веществами» (ОВВ). В Протоколе об опасных и вредных веществах (Протокол ОВВ) Конвенции OPRC (International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation) под ОВВ понимается «любое вещество, помимо нефти, которое при попадании в морскую среду, вероятнее всего, создаст опасность для здоровья людей, нанесет вред морской флоре и фауне, причинит ущерб береговым рекреационным объектам или воспрепятствует пользованию морскими ресурсами другими правомерными способами». Конкретные химические вещества связаны с рисками, которые продиктованы присущими им свойствами, поэтому ОВВ могут относиться к одной или нескольким из следующих пяти категорий: легковоспламеняющиеся, взрывчатые, токсичные, коррозионно-активные и реакционно-способные вещества.

Другое определение ОВВ, существенно отличающееся от определения в Протоколе об опасных и вредных веществах Конвенции OPRC, приводится в Конвенции об опасных и вредных веществах (Конвенция ОВВ). В соответствии с этой Конвенцией вещество классифицируется как ОВВ, если оно включено в один или несколько перечней в Конвенциях и Кодексах Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO),

¹ Протокол 2000 года по обеспечению готовности, реагированию и сотрудничеству при инцидентах, вызывающих загрязнение опасными и вредными веществами (см. www.imo.org).

² Международная конвенция об ответственности и компенсации за ущерб в связи с перевозкой морем опасных и вредных веществ 1996 года. По состоянию на март 2012 года Конвенция ОВВ еще не вступила в силу (см. www.hnsconvention.org).



▲ Рис. 1: Химический танкер.

указанных в Таблице 1. Перечисленные Конвенции и Кодексы разработаны в целях обеспечения безопасной перевозки всех видов химических веществ. Помимо перечня различных видов ОВВ, эти документы устанавливают нормы проектирования и постройки различных судов, используемых для перевозки ОВВ, а также правила маркировки, упаковки и хранения химических веществ. Радиоактивные и быстро распространяющиеся вещества не рассматриваются Конвенцией ОВВ и в настоящем документе.

Протокол ОВВ Конвенции OPRC призван повысить готовность к аварийным ситуациям и описывает процедуры их ликвидации, в то время как Конвенция ОВВ касается компенсационных выплат. Различие между этими двумя определениями ОВВ является немаловажным, поскольку каждое из них распространяется на грузы, не включенные в другое определение. Например, в Протокол ОВВ Конвенции

Тип ОВВ	Конвенции и Кодексы
Нефть и нефтепродукты, перевозимые наливом	Дополнение I к Приложению I к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, с поправками, внесенными Протоколом 1978 года (МАРПОЛ 73/78)
Наливные грузы	Глава 17 Международного кодекса постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом (Кодекс МКХ), а также Дополнение II к Приложению II к Конвенции МАРПОЛ 73/78
Газы	Глава 19 Международного кодекса постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс МКГ)
Навалочные грузы	Статья 9 Международного кодекса морской перевозки навалочных грузов (МК МПНГ), если вещество в упакованном виде также рассматривается в Международном кодексе перевозки опасных грузов (МК МПОГ)
Тарные грузы	Кодекс МК МПОГ

▲ Таблица 1: Примеры Конвенций и Кодексов ИМО со списками ОВВ (см. www.imo.org).



▲ *Рис. 2: Разлив нефти и контейнеры на поверхности воды неподалеку от севшего на мель контейнеровоза (любезно предоставлено SMIT).*

OPRC включены такие грузы, как уголь, цемент, различные металлические руды и зерно. Потеря таких грузов может нанести ущерб окружающей среде вследствие удушья живых организмов и растений, а в случае зерна его разложение в воде также может привести к локализованному повышению биологической потребности в кислороде и освобождению сероводорода, который является токсичным газом. С другой стороны, Конвенция OBB охватывает многие распространенные нестойкие продукты дистилляции минеральных масел, такие как керосин и бензин, а также, в некоторых случаях, стойкие виды нефти, которые не поддаются под определение Протокола OBB Конвенции OPRC, поскольку входят в Конвенцию OPRC 1990 года. Растительные масла входят как в Протокол OBB 2000 года Конвенции OPRC, так и Конвенцию OBB. Меры ликвидации разлива нефтепродуктов описаны в серии Технических Информационных Документов Федерации ITOFF, перечисленных на задней обложке.

Транспортировка OBB

Повсеместное увеличение спроса на химические вещества, используемые в различных отраслях промышленности, привело к стремительному росту объема перевозок химических веществ морским транспортом. В 2010 году Международная морская организация огласила список из 20 самых опасных химических веществ (за исключением сырой нефти, жидких продуктов нефтепереработки и растительных масел), перевозимых морем, которые чаще всего фигурируют в авариях с разливом OBB. Этот список был составлен на основе собранных данных об объемах производства химических веществ, наиболее часто транспортируемых химических веществах и веществах, разлив которых возникает чаще всего (Таблица 2).

Грузы OBB могут перевозиться морем двумя способами: наливом/навалом (жидкие и твердые вещества) или в упакованном виде. Перевозку OBB осуществляют на судах нескольких типов, а именно:

- **Сухогрузы** осуществляют перевозку сухогонеупакованного груза, например железной руды, фосфоритов, угля, цемента и зерна.
- **Продуктовоы и танкеры для перевозки химических продуктов и мелких химических грузов** осуществляют перевозку наливных грузов и различаются по способу разделения танков и видам перевозимых химических веществ, например бензол или стирол (Рис. 1).
- **Газовозы** осуществляют перевозку сжиженного газа под давлением и/или при пониженной температуре, а именно сжиженного природного газа, или СПГ (в основном, метана), и сжиженного нефтяного газа, или СНГ (пропана и бутана).
- **Контейнеровозы** (Рис. 2) осуществляют перевозку тарных грузов в контейнерах для смешанной перевозки, предусматривающих эффективную погрузку и разгрузку.



▲ *Рис. 3: Связанные вместе контейнер и цистерны, выброшенные на берег.*

Размер контейнеровоза часто указывается в ДФЭ (двадцатифутовый эквивалент), что соответствует количеству контейнеров стандартного размера, которое судно способно принять на борт к перевозке. Небольшой процент транспортируемых контейнеров представляют собой цистерны, соответствующие стандарту ISO (англ. «ISOtank»), для перевозки наливных грузов (Рис. 3).

- **Грузовые суда общего назначения** осуществляют перевозку меньших партий тарных грузов, например, на поддонах или в поддонах, в ящиках, коробках или бочках. С точки зрения типа судов, этой категории принадлежит самое большое количество морских транспортных средств в мире.
- **Суда-трейлеровозы** осуществляют перевозку автоприцепов или железнодорожного подвижного состава, грузных тарными грузами, контейнерами, наливными или навалочными грузами.

Возникновение аварии на судне, которое перевозит несколько видов OBB (например, контейнеровозе, танкере для перевозки мелких химических грузов или трейлеровозе), создает дополнительные осложнения в связи с возможным взаимодействием различных грузов друг с другом, а также с водой при повреждении отдельных контейнеров, танков или автоприцепов. В частности, вероятны сложности с определением конкретного содержимого контейнера или автоприцепа и оценкой потенциальной опасности и в некоторых случаях грузовой манифест на опасные грузы (Рис. 4) и грузовые планы не предоставляют информацию, достаточную для оценки серьезности возможной аварии.

OBB могут представлять значительный риск, даже если они перевозятся в относительно небольшом количестве. Например, такой часто перевозимый морем фумигант, как фосфид алюминия (AlP), при реакции с водой образует токсичный газ фосфин (PH₃) (Рис. 5). Если при этом во время аварии разлито бункерное топливо или какой-либо другой нефтепродукт (Рис. 2 и 5), то могут возникнуть дополнительные осложнения для ликвидации последствий. Если OBB представляет опасность для здоровья человека, то ликвидация последствий разлива нефти в море или на береговой линии может оказаться невозможной или сопряженной с высоким уровнем риска.

Поведение химических веществ в морской среде

Поведение в зависимости от физических свойств

Классификация веществ, будь то газов, жидкостей или твердых веществ, на основе их поведения в случае попадания в морскую среду представляет собой целесообразный подход к разработке соответствующей стратегии реагирования.

³ Международная конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству 1990 года.

Разряд	Химикат	Поведение	Главная опасность
1	Серная кислота	Тонет/растворяется	Коррозионно-активное вещество / экзотермическая реакция с водой / пары
2	Соляная кислота	Тонет/растворяется	Коррозионно-активное вещество / экзотермическая реакция с водой / пары
3	Гидроксид натрия / каустическая сода	Тонет/растворяется	Коррозионно-активное вещество / экзотермическая реакция с водой
4	Фосфорная кислота	Тонет/растворяется	Коррозионно-активное вещество / экзотермическая реакция с водой / пары
5	Азотная кислота	Тонет/растворяется	Коррозионно-активное вещество / экзотермическая реакция с водой / пары
6	СНГ/СПГ	Газ (транспортируемый в жидком состоянии)	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
7	Аммиак	Газ (транспортируемый в жидком состоянии)	Токсичное вещество
8	Бензол	Плаваает/испаряется	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
9	Ксилол	Плаваает/испаряется	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
10	Фенол	Растворяется/испаряется	Токсичное / воспламеняющееся вещество
11	Стирол	Плаваает/испаряется	Воспламеняющееся / токсичное вещество / полимеризация
12	Метанол	Плаваает/растворяется	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
13	Этиленгликоль	Тонет/растворяется	Токсичное вещество
14	Хлор	Газ (транспортируемый в жидком состоянии)	Токсичное вещество
15	Ацетон	Плаваает/испаряется/растворяется	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
16	Нитрат аммония	Тонет/растворяется	Окислитель / взрывчатое вещество
17	Мочевина	Тонет/растворяется	Раздражающее вещество
18	Толуол	Плаваает/испаряется	Воспламеняющееся / взрывчатое вещество
19	Акрилонитрил	Плаваает/испаряется/растворяется	Воспламеняющееся / токсичное вещество / полимеризация
20	Винилацетат	Плаваает/испаряется/растворяется	Воспламеняющееся / токсичное вещество / полимеризация

▲ Таблица 2: Список 20 самых опасных химических веществ ИМО, представляющих наибольший риск присутствия в случае аварии с утечкой ОВВ, за исключением сырой нефти, жидких переработанных нефтепродуктов и растительных масел (источник: МЕРС/OPRC-HNS/TG 10/5/4, см. www.imo.org).

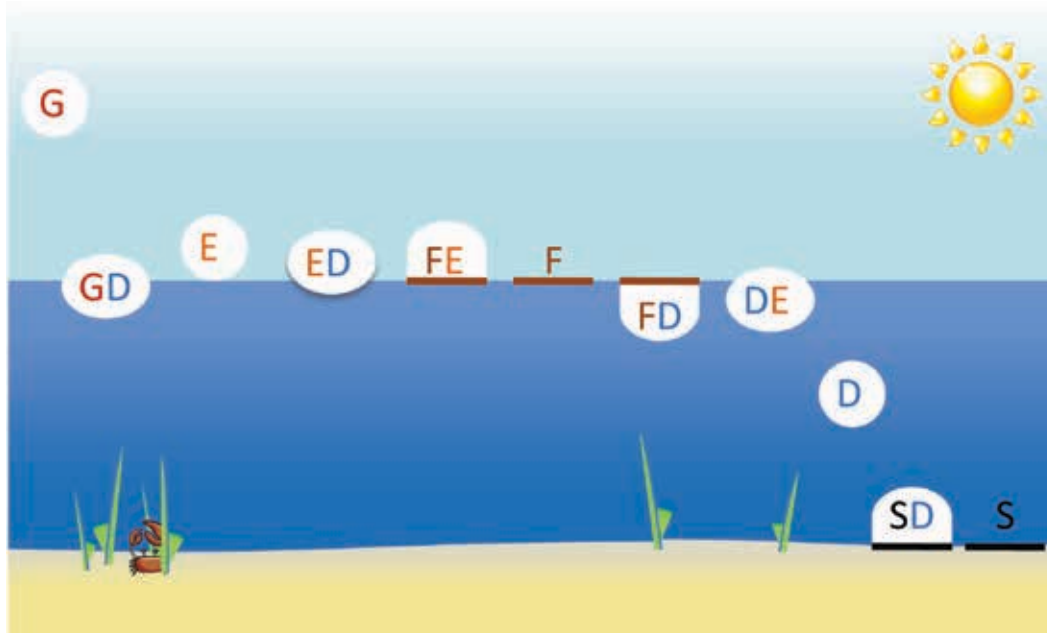
МАНИФЕСТ ОБ ОПАСНЫХ ГРУЗАХ
T/C VOXSHIP L1234567 (Прибывающее в Панаму)

Грузоотправитель/ грузополучатель	Упаковка	Описание груза	Укладка груза	Масса- брутто	Контейнер	Порт разгрузки	Груз №
Local Chemical Co.	25 цистерн	АКРОЛЕИН, класс.6.1, UN1092, P.G.I (3), загрязнитель морской среды	030862	2500 Кг	243917	Нью-Йорк	7654321
Manufacturing Co.	30 жестяных банок	АДГЕЗИВ (жидкость), класс 3, UN1133, P.G.III, легковоспламеняющаяся жидкость	420190	19.22 Кг	678345	Нью-Йорк	6453210
Manufacturing Co.	500 бутылей	ДИХЛОРМЕТАН (жидкость), класс 6.1, UN1593, P.G.III, ядовитое вещество	420190	1000 Кг	678345	Нью-Йорк	6465210



▲ Рис. 4: Пример манифеста на опасные грузы, содержащего подробную информацию о двух контейнерах с ОВВ.

◀ Рис. 5: Присутствие ОВВ способно затруднить процесс ликвидации разлива нефти. Здесь на береговой линии были найдены неидентифицированные бутылки, покрытые бункерным топливом, — некоторые из них могут содержать фосфид алюминия (см. вставку), при взаимодействии которого с водой образуется высокотоксичный газ фосфин. В данном случае для обеспечения безопасности бригад по очистке береговой линии был разработан подробный план оценки степени риска (фото во вставке любезно предоставлено компанией United Phosphorous).



▲ Рис. 6: Стандартная европейская классификация поведения химических веществ в графическом виде.

Поведение того или иного вещества определяется его свойствами, такими как летучесть, растворимость и плотность, которые, в свою очередь, определяют степень опасности (опасностей), представляемой самим веществом (токсичность, воспламеняемость, реакционная способность, взрывоопасность, коррозионная активность и т. д.).

Согласно Стандартной европейской классификации поведения (Standard European Behaviour Classification, SEBC) ОБВ подразделяются на 12 групп по их доминантному поведению в водной среде (Рис. 6 и Таблица 3). Основные свойства, определяющие поведение химических веществ в морской среде, приведены в Таблице 4. Тем не менее, важно иметь в виду, что вышеупомянутая система классифицирует химические вещества по их доминантному поведению только в отношении принятия ответных мер по ликвидации последствий разлива, но химическое вещество может обладать и другими свойствами. Например, классификация

бензола основана на его доминирующей характеристике (испаряющееся вещество), но при планировании мер ликвидации аварии также следует учитывать его поведение.

Опасность

Согласно Согласованной на глобальном уровне системе классификации и маркировки химических веществ (СГС) ООН, химические вещества классифицируются по видам представляемой ими опасности и маркируются в соответствии с согласованной системой предупреждения об опасности, предполагающей использование оформленных по правилам этикеток и паспортов безопасности. Цель СГС состоит в информировании о физически опасных свойствах и токсичности химических веществ с целью совершенствования мер по защите здоровья человека и охране окружающей среды в процессе погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки и применения ОБВ. Пиктограммы СГС делятся на две группы: первая группа служит для маркировки контейнеров и рабочих мест (Рис. 7), вторая группа используется при транспортировке опасных грузов (Рис. 8). В зависимости от целей, используются пиктограммы только из одной группы, при этом одновременное использование пиктограмм из обеих

	Группа свойств	Свойства
G	газ	мгновенно испаряется
GD	газ/растворяющееся вещество	мгновенно испаряется, растворяется
E	испаряющееся вещество	быстро испаряется
ED	испаряющееся/растворяющееся вещество	быстро испаряется, растворяется
FE	плавающее/испаряющееся вещество	плавает на поверхности воды, испаряется
FED	плавающее/испаряющееся/растворяющееся вещество	плавает на поверхности воды, испаряется, растворяется
F	плавающее вещество	плавает на поверхности воды
FD	плавающее/растворяющееся вещество	плавает на поверхности воды, растворяется
DE	растворяющееся/испаряющееся вещество	быстро растворяется, испаряется
D	растворяющееся вещество	быстро растворяется
SD	оседающее/растворяющееся вещество	тонет, растворяется
S	оседающее вещество	тонет

▲ Таблица 3: Стандартная европейская классификация поведения (SEBC) химических веществ.

⁴ www.unece.org/trans/danger/danger.html



▲ Рис. 7: Пиктограммы СГС, используемые для маркировки ОБВ. Слева направо: воспламеняемость, взрывоопасность, опасность окисления, острая токсичность, коррозионная активность, опасность причинения вреда здоровью/раздражающие свойства, токсичность для окружающей среды, канцерогенное/сенсibilизирующее вещество, сжатый газ. Пиктограммы СГС должны прийти на смену маркировке, используемой на национальном и региональном уровнях.

Описание	свойств
Плотность	Плотность, ρ (вещества) = масса/объем. Характеризует вероятность того, будет ли вещество плавать или оседать на дно (средняя плотность морской воды: $\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$). ρ (бензола) = $0,88 \text{ г/см}^3$, плавает. ρ (твердой фосфорной кислоты) = $1,864 \text{ г/см}^3$, тонет.
Удельный вес	Удельный вес = ρ (вещества) / ρ (воды) является безразмерным параметром (не выражается в единицах измерения). Применительно к пресной воде употребляется альтернативный термин «относительная плотность».
Растворимость	Способность твердого вещества, жидкости или газа растворяться в жидкости (как правило, предполагается пресная вода). s (бензола) = $0,07\%$, слабо растворяется; s (фосфорной кислоты) = 100% , смешивается.
Давление насыщенных паров	Характеризует вероятность того, что вещество будет испаряться с образованием паров. Чем выше давление насыщенных паров, тем выше вероятность испарения вещества (медленно испаряющееся вещество имеет ДНП > 300 Па , быстро испаряющееся вещество имеет ДНП > 3 кПа). ДНП (этиленгликоля) = 500 Па ; ДНП (этанол) = 5 кПа ; ДНП (пропана) = $2,2 \text{ МПа}$.
Плотность паров	Относительный вес газа или паров по воздуху, значение плотности которого произвольно принято за единицу. При значении плотности паров менее единицы газ, как правило, поднимается вверх. При значении плотности паров более единицы газ, как правило, опускается. Данное свойство основано на отношении молекулярных масс. Молекулярная масса воздуха = 29 атомных единиц массы (а.е.м.). Молекулярная масса водорода = 2 а.е.м., следовательно, относительная плотность его паров равна $2/29 = 0,068$ (поднимается в воздухе). Молекулярная масса гексана = 84 а.е.м.; относительная плотность паров равна $84/29 = 2,9$ (опускается в воздухе).
Температура воспламенения	Под температурой воспламенения летучего вещества понимается минимальная температура, при которой испарения такого вещества образуют паровоздушную смесь, способную воспламениться в присутствии источника возгорания. Температура воспламенения T (фенола) = 79°C , температура воспламенения T (бензола) = $-11,1^\circ\text{C}$.
Нижний предел взрываемости (НПВ)	Представляет собой наименьшую (процентную) концентрацию газа или паров в воздухе, способную воспламениться в присутствии источника возгорания. При концентрации топлива в воздухе ниже НПВ возможно его выжигание, а газозвушная смесь считается «слишком бедной». Нижний предел взрываемости обозначается также термином «нижний предел воспламеняемости» (НПВ). НПВ (бензола) = $1,2\%$ от объема воздуха ($12\,000$ миллионных долей). НПВ (метана (CH_4)) при температуре 20°C = $5,1\%$.
Верхний предел взрываемости (ВПВ)	Представляет собой наибольшую (процентную) концентрацию газа или паров в воздухе, способную воспламениться в присутствии источника возгорания. Концентрации выше ВПВ считаются «слишком насыщенными» для выгорания. Верхний предел взрываемости также обозначается как «верхний предел воспламеняемости» (ВПВ). ВПВ (бензола) = $7,8\%$ от объема воздуха ($78\,000$ миллионных долей).
Диапазон воспламеняемости	Диапазон значений концентрации между верхним и нижним пределами воспламеняемости.
Температура самовоспламенения	Минимальная температура, при которой происходит воспламенение химического вещества в отсутствии источника возгорания. Температура самовоспламенения T (бензола) = 538°C .
Температура кипения	Температура кипения T (пропана) = -42°C , T (аммиака) = -33°C , T (серной кислоты) = 337°C .

▲ Таблица 4: Основные физические свойства химических веществ, используемые для оценки их реакции и поведения.

групп не допускается. Нижеперечисленные виды опасности, изображенные на семи пиктограммах первого типа, могут возникнуть как в результате собственно разлива ОБВ, так и их реакции с другими химическими веществами, водой или воздухом.

Воспламеняемость

Воспламеняемость представляет собой свойство вещества быстро возгораться естественным путем или в присутствии источника возгорания. Воспламеняемость жидкости определяется давлением насыщенных паров или температурой воспламенения. Легковоспламеняющиеся жидкости характеризуются низкими температурами кипения и воспламенения. Другие легковоспламеняющиеся материалы способны спонтанно возгораться при взаимодействии с воздухом. Пожар в результате возгорания ОБВ может привести к выбросу тепла, твердых частиц и токсичных газов (Рис. 9).

Взрывоопасность

Взрывоопасное вещество представляет собой химическое вещество или смесь химических веществ, которые становятся нестабильными при определенных условиях окружающей среды, например под воздействием тепла, трения, удара или статического электричества, и высвобождают при этом накопленную энергию. Классификация взрывчатых веществ основана на их чувствительности к условиям окружающей

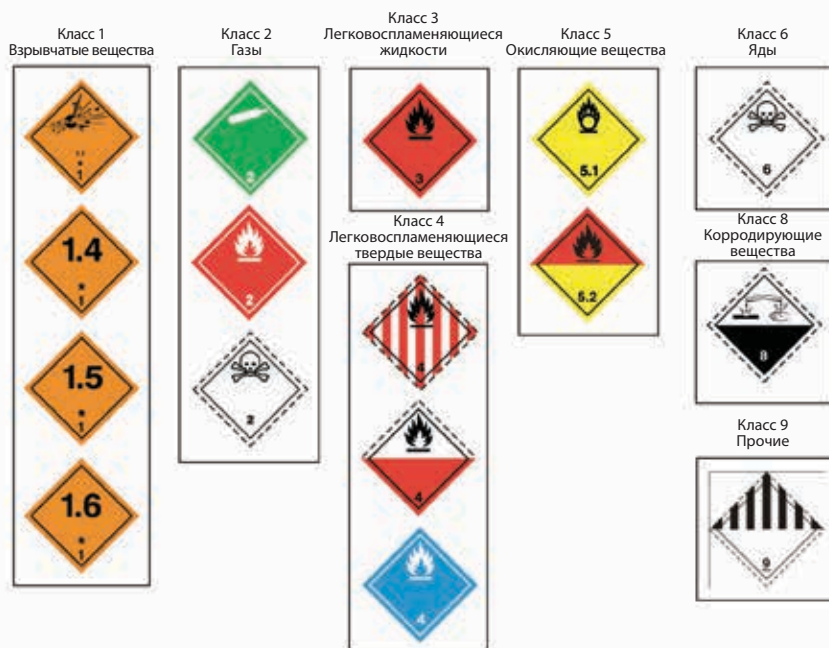
среды, скорости детонирования и химическом составе. К взрывчатым веществам относятся, помимо прочего, пиротехнические устройства и боеприпасы.

Последствия взрыва могут включать в себя эффект ударной волны, пожар и выделение большого количества тепла. Ущерб от взрыва, в частности, наносится в случае невозможности быстрого рассеяния высвобождаемой энергии. Важным примером взрывоопасности летучего вещества в условиях окружающей среды является взрыв расширяющихся паров кипящей жидкости, обозначаемый также аббревиатурой BLEVE (от англ. «Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion»). Например, нагрев сжатого сжиженного газа в закрытом сосуде может привести к вскипанию содержащейся в нем жидкости, созданию в сосуде избыточного давления, и, как следствие, разрыву сосуда. При этом происходит мгновенный выброс энергии, в результате чего может образоваться легковоспламеняющееся «облако» достаточно крупных размеров, которое способно привести к возникновению вспышки, появлению огненного шара или взрыву огнеопасных паров.

Нижние и верхние пределы взрываемости (НПВ и ВПВ) определяют диапазон, в пределах которого газ или паровоздушная смесь способны воспламениться в присутствии источника возгорания.

Опасность окисления

Опасность окисления представляют вещества, которые



▲ Рис. 8: Пиктограммы ООН, используемые для маркировки перевозимых ОВВ. Классы 1-6 и 8 являются частью Соглашенной на глобальном уровне системы классификации и маркировки химических веществ (СГС). Класс 7 (радиоактивные вещества — отсутствует на рисунке) и класс 9 (прочие ОВВ), входящие в систему маркировки МК МПОГ, в СГС не включены.

сами по себе не обязательно должны быть горючими, но в результате выделения кислорода могут приводить к воспламенению других веществ или способствовать этому. Особенно бурно с органическими веществами способны реагировать сильные окислители, такие как азотная кислота (HNO_3).

Токсичность

К разряду токсичных относятся химические вещества, вдыхание, заглатывание или поглощение которых через кожу в малых дозах приводит к смерти или увечью живых организмов. Токсичность вещества определяется и классифицируется, как правило, по степени риска, которую оно представляет в определенной концентрации для здоровья человека или состояния окружающей среды. Принято выделять острое и хроническое воздействие. Острое воздействие определяется как однократное воздействие токсичного вещества на протяжении менее одних суток, которое может привести к серьезному биологическому повреждению или смерти. Хроническая токсичность определяется как непрерывное воздействие токсического вещества в течение длительного периода времени (несколько месяцев или лет), которое может вызвать необратимые побочные эффекты. Одним из высокотоксичных газов является хлор.



▲ Рис. 9: Контейнеры, деформированные в результате пожара в носовой части севшего на мель трейлера.

Опасность коррозии

Коррозионно-активные химические вещества при взаимодействии с другой поверхностью или веществом способны вызывать их разрушение или необратимое повреждение, в том числе живых тканей (кожа, глаза, легкие) и материальных средств (оборудование для ликвидации разливов, транспортные грузы или упаковочные материалы). К коррозионно-активным веществам относятся, в частности, серная кислота (H_2SO_4) и гидроксид натрия (NaOH).

Опасность раздражения / причинения ущерба здоровью

К этой категории относятся химические вещества, которые способны причинить вред здоровью, а также вещества, обладающие раздражающими/разъедающими свойствами и способные вызывать воспаления кожи (дерматит) и слизистых оболочек в живом организме (например, глаз, горла и/или легких).

Опасность загрязнения окружающей среды

К разряду экологически опасных относятся химические вещества, которые могут представлять непосредственную или потенциальную опасность для одного или более компонентов окружающей среды. В связи с этим особое внимание необходимо уделять утилизации экологически опасных веществ.

Реакционная способность

Реакционно-способные химические вещества могут вступать во взаимодействие с прилегающими материалами, нефтяным топливом, водой или воздухом в форме различных реакций, в том числе коррозии, разложения, окисления / восстановления или полимеризации. Информация о реакционной способности вещества важна для выработки соответствующих мер ликвидации последствий разлива, поскольку химические реакции могут приводить к выделению тепла, а также к образованию горючих или токсичных газов. Например, при вступлении железа в реакцию с сильными кислотами или щелочами выделяется водород, который, попадая в атмосферу, образует взрывоопасную водородно-воздушную смесь. Некоторые химические вещества при воздействии на них тепла или воды могут вступать в реакцию полимеризации, которая, как правило, сопровождается увеличением объема и высвобождением тепла (экзотермическая реакция) и может

привести к повреждению сосуда с реакционно-способным веществом. Кроме того, при взаимодействии такого вещества с окружающей средой возможен его распад на вторичные продукты, при котором возникает опасность образования токсичных газов, таких как углекислый газ (CO₂) и сероводород (H₂S). В дополнение к токсичности, в результате снижается уровень концентрации кислорода в воздухе, поэтому обязательным требованием при нахождении в трюмах судов и других замкнутых пространствах с такими веществами является соблюдение соответствующих мер безопасности. Таблицы реакционной способности (TRC), размещенные в открытом доступе на сайте Управления операциями по ликвидации разливов и утечек и природовосстановлению Национального управления океанических и атмосферных исследований США, позволяют определить, какие реакции возникают при взаимодействии конкретного вещества с воздухом, водой и другими химическими веществами.

Оценка опасности

При оценке степени опасности и потенциальной угрозы в случае потери опасного груза в первую очередь необходимо ориентироваться на два следующих легкодоступных и простых для понимания источника информации: Приложения II и III к Международной конвенции по предотвращению загрязнения вод с судов (МАРПОЛ 73/78), а также профили опасности, сформулированные Объединенной группой экспертов по научным аспектам охраны морской среды (ГЕСАМП).

Конвенция МАРПОЛ

Конвенция МАРПОЛ является главной международной конвенцией, в рамках которой рассматривается вопрос предотвращения загрязнения с судов. Применительно к ОВВ, этот вопрос регулируется двумя приложениями к Конвенции МАРПОЛ:

Приложение II

Приложение II к Конвенции МАРПОЛ содержит положения, регулирующие перевозку наливных грузов, сброс которых в открытое море может привести к загрязнению окружающей среды. В рамках данного приложения выделяются четыре основные категории опасности, которую наливные грузы представляют для здоровья человека, морских ресурсов и береговых рекреационных объектов. Перечень химических веществ, сгруппированных по четырем нижеприведенным категориям, приведен в Дополнении II к Приложению II:

- **Категория X** – жидкие вещества, которые представляют большую опасность для морских ресурсов или здоровья человека, в силу чего оправдывается запрет на их сброс в морскую среду.
- **Категория Y** – жидкие вещества, которые представляют опасность для морских ресурсов или здоровья человека, могут нанести ущерб береговым рекреационным объектам или воспрепятствовать пользованию морской средой иными способами, в силу чего оправдывается ограничение по качеству и объему их сброса в морскую среду.
- **Категория Z** – жидкие вещества, которые представляют небольшую опасность для морских ресурсов или здоровья человека, в силу чего оправдывается применение менее строгих ограничений по качеству и объему их сброса в морскую среду.
- **Категория OS** – (от англ. «Other Substances») — «прочие вещества», которые не подпадают ни в одну из вышеперечисленных категорий и не представляют никакой опасности для морских ресурсов, здоровья человека, береговых рекреационных зон и других видов пользования морской средой.

Приложение III

Положения, содержащиеся в Приложении III, регулируют предотвращение загрязнения морской среды вредными

веществами, перевозимыми морским путем в упакованном виде. В соответствии с этими положениями любые вещества, являющиеся экологически вредными (или загрязнителями морской среды), должны быть четко маркированы и снабжены соответствующей этикеткой «загрязнитель морской среды», что позволит однозначно отличать их от менее вредных грузов (Рис. 10).

Профили опасности ГЕСАМП

Виды опасности, которую ОВВ представляют для человека и морской среды, были обобщены Объединенной группой экспертов по научным аспектам охраны морской среды (ГЕСАМП), созданной в качестве консультативного органа при ООН в 1969 году. В состав ГЕСАМП входят отдельные эксперты в ряде областей, представляющих широкий круг существенных дисциплин.

В разработанном ГЕСАМП документе «Оценка опасности вредных веществ, перевозимых морскими судами» рассматриваются виды опасности, которую представляют наиболее часто транспортируемые химические вещества при их попадании в морскую среду вследствие промышленного сброса, аварийного разлива или утери груза с морского судна. Оценка свойств каждого химического вещества была проведена с точки зрения известных последствий в случае его попадания в морскую среду. Эта информация взята за основу при составлении профиля опасности вещества, который определяет опасные свойства каждого вещества по следующим категориям:

- а. бионакопление и биоразложение;
- б. токсичность для водной среды;
- в. острая токсичность для млекопитающих;
- г. раздражение, коррозия и долгосрочные последствия для здоровья;
- д. препятствование пользованию морской средой другими способами.

Разработка профилей опасности ГЕСАМП представляет собой непрерывный процесс, при этом обновление списков вредных веществ осуществляется силами ИМО.

Опасность для здоровья человека

Помимо таких последствий, как ударная волна от взрыва, ожоги или кислородное истощение, вредное воздействие опасных химических веществ может выражаться также в их абсорбции через кожный контакт, вдыхание или проглатывание. Вдыхание является одним из основных путей проникновения в организм газов и элементарных частиц. Поглощение ОВВ может происходить через здоровую кожу или через химически поврежденную поверхность кожи (например, ожоги или дерматит). Попадание вредных веществ в организм через органы пищеварения происходит в результате их проглатывания.

Паспорта безопасности материалов (ПБМ), публикуемые производителями ОВВ и другими организациями, обобщают информацию о конкретных видах опасности, связанных с каждым веществом. Со временем на смену ПБМ должны прийти паспорта безопасности (ПБ), соответствующие СГС ООН. Как ПБМ, так и ПБ в целом используют единый формат (Рис. 11) и содержат информацию, представленную в Таблице 5. Тем не менее, следует отметить, что, с точки зрения надежности и полноты информации, качество представленной в ПБМ информации может в значительной степени варьироваться в зависимости от источника документа, поэтому важно приложить все усилия, чтобы получить информацию от производителя именно того груза,



◀ Рис. 10: Знак «загрязнитель моря» используется при транспортировке любого химического вещества, представляющего опасность загрязнения для морской среды, безотносительно какого-либо конкретного класса опасности.

⁵ <http://response.restoration.noaa.gov>

⁶ www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs64

⁷ www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention

1. Идентификация
2. Идентификация опасности (опасностей)
3. Состав / ингредиенты
4. Меры по оказанию первой помощи
5. Меры противопожарной безопасности
6. Меры по предотвращению аварийных выбросов и ликвидации их последствий
7. Транспортировка и хранение
8. Контроль вредного воздействия / средства индивидуальной защиты
9. Физические и химические свойства
10. Стабильность и реакционная способность
11. Токсичность
12. Воздействие на окружающую среду
13. Утилизация отходов
14. Транспортировка
15. Нормативная информация
16. Прочая информация

▲ Таблица 5: Информация, содержащаяся в ПБМ и ПБ.

который был поврежден при аварии. Предполагается, что с полным стабильным внедрением СГС паспорта безопасности станут источниками более согласованной и достоверной информации.

Уровни воздействия

Для защиты работников от рисков, связанных с использованием вредных химических веществ, регулирующими органами химической промышленности, а также специализированными государственными ведомствами были установлены допустимые уровни воздействия. Предельно допустимый уровень (ПДУ) воздействия вещества представляет собой нормативное ограничение на максимальное количество или концентрацию вещества в воздухе. ПДУ определяется с помощью значения средневзвешенного во времени воздействия, которое, как правило, рассчитывается за восемь часов (типичный рабочий день). Эти предельные уровни основаны на значениях максимально допустимой концентрации, которые отражают концентрацию содержащихся в воздухе газов и паров, не несущую серьезного риска заболевания или травмы для типичного работника. В эти пределы заложен фактор длительного воздействия вредных веществ, однако они не распространяются на случаи сильного кратковременного (острого) воздействия веществ на человека в результате разлива.

Для того чтобы принять необходимые меры в случае непосредственного воздействия вредных веществ, в некоторых случаях устанавливаются предельно допустимый уровень кратковременного воздействия и верхние предельные значения. Предельно допустимый уровень кратковременного воздействия определяет максимальную концентрацию вещества, воздействию которой может подвергаться человек в течение 15 минут не более четырех раз в сутки. Под верхним предельным значением понимается такое значение, которое не допускается превышать за какой бы то ни было период времени; это значение применяется к раздражителям и другим материалам, которые оказывают

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING	
1.1 Product identifiers	
Product name	: Dichloromethane
Product Number	: 270997
Brand	: Sigma-Aldrich
Index-No.	: 602-004-00-3
CAS-No.	: 75-09-2
1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against	
Identified uses	: Laboratory chemicals, Manufacture of substances
1.3 Details of the supplier of the safety data sheet	
Company	: Sigma-Aldrich Company Ltd. The Old Brickyard NEW ROAD, GILLINGHAM Dorset SP8 4XT UNITED KINGDOM
Telephone	: +44 (0)1747 833000
Fax	: +44 (0)1747 833113
E-mail address	: eurtechserv@sial.com
1.4 Emergency telephone number	
Emergency Phone #	: +44 (0)1747 833100
2. HAZARDS IDENTIFICATION	
2.1 Classification of the substance or mixture	
Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [EU-GHS/CLP]	
Carcinogenicity (Category 2)	
Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC	
Limited evidence of a carcinogenic effect.	
2.2 Label elements	
Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP]	
Pictogram	
Signal word	Warning
Hazard statement(s)	H351 Suspected of causing cancer.
Precautionary statement(s)	P281 Use personal protective equipment as required.
Supplemental Hazard Statements	none
According to European Directive 67/548/EEC as amended.	
Hazard symbol(s)	

▲ Рис. 11: Пример первой страницы ПБ производителя дихлорметана.

непосредственное воздействие на человека. В частности, наиболее часто используемым верхним предельным значением является критерий непосредственной опасности для жизни или здоровья (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH), который описывает условия окружающей среды, представляющие непосредственную опасность для жизни или здоровья обычного взрослого мужчины. Предельные значения IDLH изначально были рассчитаны в целях содействия принятию решений касательно использования респираторов. При определении предельных значений IDLH учитываются два фактора: работники должны быть в состоянии покинуть зону с опасными для здоровья условиями, и при этом их здоровью не должен быть причинен необратимый ущерб, они не должны получить сильное раздражение глаз или дыхательных путей или иные нарушения, по причине которых они могли бы лишиться способности покинуть зону с опасными условиями.

Регулирующие органы химической промышленности и государственные ведомства, в частности, Федеральное агентство США по охране окружающей среды, продолжают разрабатывать более конкретные рекомендации в области ликвидации последствий потенциальных выбросов переносимых по воздуху веществ.

Рекомендации **ERPG** (Emergency Response Planning Guidelines; рекомендации по разработке плана ликвидации аварийной ситуации) устанавливают ориентировочные предельные концентрации опасных веществ в воздухе на случай разового воздействия и предназначены для использования в качестве инструмента оценки адекватности планов предотвращения несчастных случаев и ликвидации аварийных ситуаций. Рекомендации ERPG разрабатываются соответствующим комитетом при Американской ассоциации промышленной гигиены (American Industrial Hygiene Association, AIHA).

⁸ www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/tech.pdf

⁹ www.aiha.org

Нормы **AEGL** (Acute Exposure Guideline Levels - ориентировочные уровни острого воздействия) описывают риски, возникающие для человека в результате однократного или редкого воздействия на него переносимых по воздуху химических веществ. Разработка норм AEGL является результатом совместных усилий представителей государственного и частного секторов по всему миру. В их разработке принимает участие Национальный консультативный комитет США по определению ориентировочных уровней острого воздействия опасных веществ (Комитет AEGL) с целью оказания содействия в выборе стратегий реагирования в чрезвычайных ситуациях, связанных с разливом ОВВ и другими катастрофическими рисками воздействия ОВВ.

Нормы **TEEL** (Temporary Emergency Exposure Limits; допустимые уровни временного воздействия в чрезвычайных ситуациях) определяют предельные концентрации опасных веществ, могущие повлечь неблагоприятные последствия для здоровья населения. Нормы TEEL определены Министерством энергетики США и применяются в тех случаях, когда неприменимы нормы ERPG или AEGL.

Воздействие на морские ресурсы

Последствия воздействия одного или нескольких химических веществ на морскую среду зависят от целого ряда факторов. Наиболее значительным из них является токсичность химических веществ или смеси веществ, разлив которых произошел, а также продуктов их реакции. Степень воздействия также будет зависеть от количества химических веществ и их результирующей концентрации в водной толще, а также периода времени, в течение которого флора и фауна подвергались воздействию этой концентрации, и восприимчивости организмов к конкретному химическому веществу или химическим веществам. Не только разные водные виды демонстрируют различные уровни переносимости веществ, но и в рамках одного вида переносимость может варьироваться в зависимости от этапа жизненного цикла водного организма и времени года. Существенное влияние на последствия разлива ОВВ также могут оказывать преобладающие метеорологические условия и рельеф местности. В спокойных условиях неблагоприятному воздействию вероятно будет подвержен относительно небольшой район, при этом его площадь будет увеличиваться медленно, а интенсивность воздействия будет уменьшаться по мере удаления от источника разлива. С другой стороны, при попадании ОВВ в реку или узкий водопоток, движущийся шлейф может стремительно перемещаться вниз по течению, подвергая все большую и большую площадь местности воздействию опасных веществ в высоких или способных причинить ущерб концентрациях.

В открытом море загрязняющие вещества обычно растворяются довольно быстро за счет приливов и отливов, океанских течений и турбулентной диффузии. Но даже если уровень концентрации веществ ниже уровня, который может привести к гибели живых организмов, воздействие сублетальных концентраций может, тем не менее, повлечь другие неблагоприятные последствия. Стресс, вызванный химическими веществами, может снизить общую способность организма к воспроизведению потомства, росту, питанию или иным аспектам нормальной жизнедеятельности. Немаловажное значение также имеет степень, в которой химические вещества, присутствующие даже в таких сублетальных концентрациях, способны воспрепятствовать пользованию морской средой другими правомерными способами, например, в связи с заражением рыбы или закрытием пляжей.

Некоторые вещества, попав в морскую среду, могут сохраняться в ней в течение длительного времени; к ним относятся, в частности, ртуть и другие тяжелые металлы и некоторые органические соединения, такие как пестициды, распад которых происходит довольно медленно. Поглощение таких веществ живыми организмами может привести к

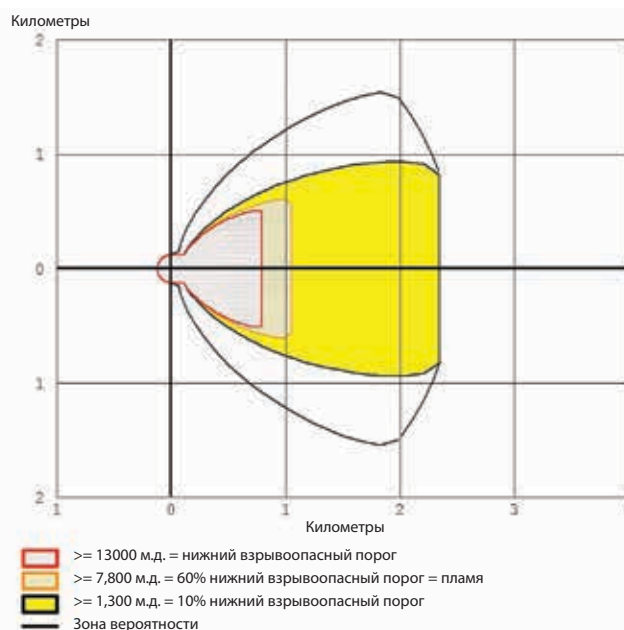
их «бионакоплению». Под бионакоплением понимается накопление токсических веществ в организме, и в определенной степени в некоторых тканях организма, со скоростью, превышающей скорость их выведения в результате метаболического расщепления или экскреции. Особенно уязвимыми для воздействия являются неподвижные морские организмы, которые питаются путем фильтрации морской воды, например, двусторчатые моллюски (устрицы и мидии). В пищевой цепи также встречается явление биомгнификации, то есть последовательного повышения концентрации накапливаемого химического вещества в организме хищника по сравнению с организмом его добычи. Следовательно, самые высокие концентрации веществ обычно встречаются в тканях высших хищников, при этом они могут возрасти с ничтожно-малых количеств в планктоне до более высоких концентраций в рыбе и, в конечном итоге, создать значительную нагрузку на организм людей.

Планирование мер ликвидации аварии с разливом ОВВ

Возможные последствия разлива ОВВ для здоровья человека настолько серьезны, что решающую роль играет эффективная организация и планирование мер по их смягчению. Должны быть четко определены функциональные обязанности, сфера ответственности и потенциальные возможности каждого члена группы реагирования. Требования к обучению и практической подготовке должны быть подробно описаны в плане ликвидации аварийной ситуации и приведены в исполнение в целях привития оперативному персоналу навыков, необходимых для безопасного выполнения им своих функциональных обязанностей.

Оценка риска

Первоочередные мероприятия по ликвидации аварий, сопровождающихся утечкой ОВВ, одинаковы практически в любой ситуации, независимо от веществ, утечка которых произошла, а также обстоятельств аварии и места ее возникновения. Важно не предпринимать каких-либо действий непосредственно на месте аварии до завершения глубокой оценки ситуации с уделением основного внимания вопросам охраны здоровья и обеспечения безопасности. Важно точно установить, утечка каких химических веществ произошла, определить способ их транспортировки (бестарная, в контейнерах, на поддонах, в бочках и т. п.), а также характер утечки (например, утечка химикатов, утрата тарных опасных грузов).



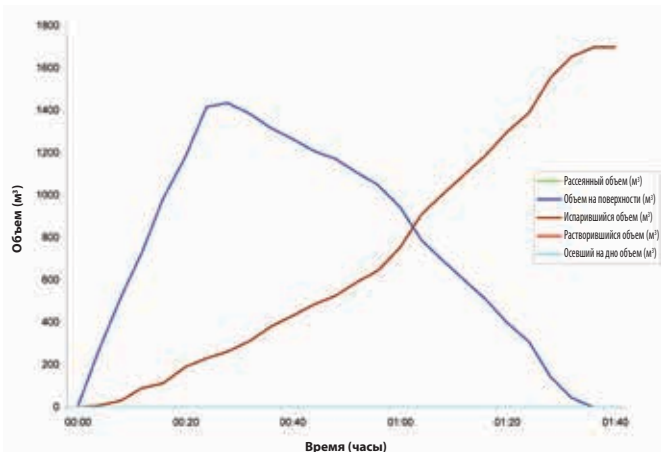
▲ **Рис. 12:** Различные критические уровни (взрывоопасности) для циклогексана в зависимости от расстояния до источника возгорания; показано на примере выходных данных модели ALOHA Национального управления океанических и атмосферных исследований США. ALOHA = Area Locations of Hazardous Atmospheres (расположение зон с опасными условиями).

¹⁰ www.epa.gov/opptintr/aegl

¹¹ www.hss.doe.gov

¹² www.ilo.org/icsc

¹³ Computer Aided Management of Emergency Operations



▲ Рис. 13: Пример модели поведения утечки конечного объема циклогексана (C6H12) с борта затонувшего судна, в динамике по времени. Как показывают кривые на графике, циклогексан поднимается к поверхности воды и постепенно испаряется в атмосферу. Площадь разлива достигнет максимальных размеров через 20 часов с момента аварии. Циклогексан является несмешиваемым веществом с плотностью 0,78 г/см³, поэтому уровни его растворения, оседения на морское дно и рассеивания являются незначительными или близкими к нулю (источник: компания Chemsys — Национальный центр по ликвидации и предотвращению химических катастроф (NCEC), <http://the-ncec.com>).

Необходимо незамедлительно оценить риск возникновения пожара и взрыва, а также риски для здоровья и риски загрязнения прилегающих территорий. При оценке рисков можно использовать информацию из следующих источников: ERG (Emergency Response Guidebook; Руководство по ликвидации аварийной ситуации) в рамках Международного кодекса морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ), отдельные ПБМ, международные карты химической безопасности (МКХБ) и информационные базы данных химических веществ, например, база данных CAMEO Национального управления океанических и атмосферных исследований США.

Исходя из физических свойств химических веществ, а также условий окружающей среды (например, температуры воздуха и воды, перемещения воды, силы и направления преобладающих ветров) можно провести сравнительно простую предварительную оценку вероятного поведения ОБВ и динамики их распространения. Только после выявления этих видов опасности, а также риска дальнейшей утечки можно завершить первоначальную оценку риска и рассмотреть соответствующую стратегию реагирования.

Моделирование

Существует ряд различных компьютерных моделей, которые позволяют спрогнозировать вероятное распространение химических веществ (Рис. 12 и 13), например по поверхности воды (двухмерные модели), или проанализировать скорость их рассеивания в атмосфере и водной толще (трехмерные модели). Вместе с тем, для компьютерных моделей характерен ряд ограничений, к которым, помимо прочего, относится разработка алгоритмов и исходного кода модели на основе общих предположений, лишь немногие из которых были проверены в условиях фактического разлива. При анализе выходных данных модели также необходимо учитывать такие факторы, как достоверность исходных данных, уровень подготовки оператора и его интерпретационные навыки. Тем не менее, компьютерные модели целесообразно использовать при разработке плана ликвидации аварийной ситуации и, в ограниченной степени, в рамках операций по ликвидации последствий разлива, особенно в сочетании с мониторингом в реальном времени и в тех случаях, когда ОБВ, разлив которого произошел, является бесцветным.

Детектор	Способ обнаружения	Преимущества	Недостатки
Индикаторная бумага для обнаружения химических веществ	Меняет цвет при воздействии на нее ОБВ; приобретаемый цвет зависит от типа ОБВ.	Один из самых простых и недорогих методов обнаружения ОБВ.	Вместе с тем, он недостаточно специфичен и нередко дает ложноположительные результаты.
Колориметрические трубки (например, трубки фирм Draeger и RAE)	Измерение концентрации газа путем помещения его пробы внутрь специальной газоанализирующей трубки. Существует 160 реактивных трубок, каждая из которых предназначена для обнаружения определенного ОБВ.	Простой и недорогой способ обнаружения и идентификации ОБВ.	Для обнаружения каждого ОБВ следует использовать отдельную трубку. Для предотвращения получения ложноположительных результатов требуется навык предварительного определения ОБВ. Колориметрические трубки имеют однократное применение.
Фотоионизационный детектор (ФИД)	Анализируемый газ подвергается ионизации в определенных диапазонах ультрафиолетового излучения, ионизирующего молекулы определенного ОБВ. Детектор ионов регистрирует присутствие ионизированных молекул.	Высококчувствительный метод. Относительно недорогой метод. Обеспечивает мгновенные результаты и продолжительную работу.	Пользователь ФИД должен достаточно уверенно знать отличительные свойства анализируемого газа или паров.
Спектроскопия подвижности ионов (СПИ)	Пробы анализируемого газа подвергаются ионизации с помощью радиоактивных излучателей, а результат анализа основан на сравнении данных показаний с характеристиками чистого воздуха. При выявлении ОБВ в соответствии с заданными параметрами звучит специальный сигнал.	Метод СПИ менее чувствителен к загрязняющим веществам, поскольку для его калибровки используется проба чистого воздуха. Обеспечивает мгновенные результаты. Большой выбор коммерческих вариантов.	Относительно недорогой метод. Применение СПИ ограничивается, как правило, военными или промышленными целями.
Инфракрасная спектроскопия	Для анализа газа его молекулы подвергаются воздействию инфракрасного излучения средней частоты (от 4 000 до 200 см ⁻¹). Каждый газ имеет свой уникальный инфракрасный «след». При обнаружении ОБВ подается звуковой сигнал.	Высококчувствительный метод. Существуют различные типы детекторов от портативных до автономных с дистанционным управлением.	Относительно недорогой метод.

▲ Таблица 6: Преимущества и недостатки различных типов детекторов ОБВ, используемых для мониторинга веществ в реальном времени.

Мониторинг

Мониторинг играет решающую роль в операциях по ликвидации последствий утечки химических веществ, а для некоторых из них, как газы и быстро испаряющиеся вещества, это единственная ответная мера. На этапе ликвидации последствий разлива мониторинг можно проводить в двух формах: мониторинг рассеивания ОВВ в атмосфере и мониторинг распространения ОВВ в воде (на поверхности, в водной толще или на морском дне). Проведение мониторинга преследует ряд целей:

- определение конкретных химических веществ, разлив которых произошел;
- выявление наличия или отсутствия тех или иных веществ;
- определение концентрации веществ;
- установление границ безопасной зоны;
- подтверждение моделей.

Мониторинг качества воздуха

Осуществление мониторинга в реальном времени дает возможность оценить опасность отравления токсичными веществами, а также пожаро- и взрывоопасность. Это, в свою очередь, позволяет определять границы безопасных рабочих зон или потенциальных зон эвакуации и принимать решения относительно соответствующего уровня средств индивидуальной защиты (СИЗ). Например, мониторинг с применением оксиметров с химическим источником тока позволяет выявлять среды с недостаточным содержанием кислорода; при этом, если уровень кислорода в атмосфере составляет менее 19,5 %, необходимо использовать автономный дыхательный аппарат (АДА).

Для мониторинга ОВВ используется оборудование различной степени сложности (Таблица 6). Одним из ключевых факторов, которые необходимо принимать во внимание при выборе оборудования, является быстрота получения результатов, поскольку максимальная практическая эффективность информации определяется оперативностью ее получения. Еще один важный вопрос заключается в том, является ли оборудование для мониторинга автономным и возможно ли его дистанционное развертывание. Если для эксплуатации оборудования, например, портативного устройства (Рис. 14), требуется участие человека, то операторы такого оборудования, безусловно, должны пользоваться соответствующими СИЗ. Также необходимо учитывать, что для работы с любым оборудованием необходима подготовка, а для некоторых моделей должна быть проведена калибровка.

Мониторинг качества воды

Для определения концентрации ОВВ в водной толще могут применяться различные методы анализа. Так, для мониторинга уровней отдельных органических веществ используется портативная газовая хроматография (ГХ), масс-спектропия



▲ Рис. 14: Демонстрация портативного газоанализатора фосфина за пределами опасной зоны.

в сочетании с газовой хроматографией (портативная ГХ-МС), методы титрования, ультрафиолетовая (УФ) / инфракрасная (ИК) спектроскопия. Применение сенсорных датчиков дает возможность измерять неорганические параметры, такие как биологическая потребность в кислороде (БПК), мутность, электропроводность, водородный показатель (рН), содержание ионов аммония, присутствие брома, хлора и меди, тогда как для определения кислотности и щелочности можно использовать более простые методы, например индикаторную бумагу. В иных случаях биологическое воздействие, заключающееся, например, в обесцвечивании или вымирании морских организмов, может являться основанием для мониторинга динамики рассеивания загрязняющего вещества. Наибольшей сложностью при этом отличается мониторинг оседающих химических веществ, однако использование гидролокаторов и видеокамер, установленных на подводных аппаратах с дистанционным управлением (ПАДУ), а также набора взвешенных сорбентов позволяет отобразить зону распространения загрязняющих веществ на карте морского дна.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

По завершении первоначальной оценки риска группа экспертов, как правило, направляется в район аварии для оценки текущей ситуации и определяет возможность принятия каких-либо смягчающих мер на борту судна. При этом крайне важно, чтобы члены группы оценки и ликвидаторы использовали соответствующие СИЗ.

К СИЗ относятся одежда и кислородно-дыхательная аппаратура, необходимая для защиты человека от опасного воздействия химических веществ. Выбор СИЗ должен определяться конкретными видами опасности, возникающей в связи с разливом тех или иных химических веществ. К сожалению, невозможно использовать один и тот же материал для защиты от всех химических веществ, поскольку его изолирующее действие зависит от продолжительности воздействия на него химического вещества и его концентрации, а также от температуры окружающей среды. Если химическое вещество, разлив которого произошел при аварии, не удалось идентифицировать, ликвидаторы должны исходить из худшего варианта развития событий и использовать СИЗ наивысшего уровня защиты. По мере поступления новой информации можно принять обоснованное решение о возможности понижения уровня защиты. Помимо устойчивости защитного материала СИЗ к воздействию конкретных химических веществ, при выборе СИЗ необходимо учитывать и другие факторы, в том числе требуемый уровень защиты органов дыхания, износостойкость защитного материала, а также влияние, которое СИЗ могут оказывать на тепловую нагрузку и способность ликвидатора выполнять конкретные рабочие задачи.

Согласно классификации, разработанной рядом правительственных учреждений, в том числе Управлением США по охране труда и промышленной гигиене, выделяют четыре класса СИЗ на основе обеспечиваемых уровней защиты (уровни А, В, С и D), которые признаются большинством организаций по ликвидации аварийных ситуаций. СИЗ уровня А обеспечивает наивысший уровень защиты (Рис. 15), в то время как уровень D может рассматриваться просто как рабочая одежда, носить которую допустимо только в том случае, когда опасное воздействие ОВВ на персонал полностью исключено. В Таблице 7 показаны составные компоненты СИЗ каждого из уровней защиты, однако на каждом уровне в комплект также могут входить дополнительные компоненты, такие как защитные шлемы и очки. Важно, чтобы ликвидаторы имели надлежащую подготовку по использованию СИЗ, что необходимо для сведения к минимуму риска причинения себе вреда в результате как использования собственно СИЗ, так и использования СИЗ в несоответствующих условиях.

¹⁴ www.osha.gov

Средства индивидуальной защиты (СИЗ)	Уровень А	Уровень В	Уровень С	Уровень D
Автономный дыхательный аппарат (АДА)	х	х		
Респиратор с полнолицевой маской и полумаской			х	
Полностью герметичный костюм химической защиты	х			
Химически стойкая одежда с капюшоном		х	х	
Химически стойкие наружные перчатки	х	х	х	
Химически стойкие внутренние перчатки	х	х	х	
Химически стойкие сапоги	х	х		
Одноразовый защитный костюм	х			
Защитный комбинезон				х

▲ Таблица 7: Защитные средства, необходимые для каждого уровня защиты, в соответствии с требованиями Управления США по охране труда и промышленной гигиене.

Методы ликвидации разлива ОВВ

Меры, принимаемые для ликвидации последствий разлива ОВВ, должны быть пропорциональными угрозе, которая определяется масштабами разлива, а также различными видами опасности, которая возникает при попадании конкретных химических веществ в морскую среду. Методы ликвидации последствий разлива химического продукта зависят от объема разлива и вместимости транспортировочной тары; например, в случае разлива целой цистерны с кислотой ее воздействие может быть более стремительным и вредоносным, чем при повреждении контейнера, в котором в результате разбилась только несколько бутылей с кислотой. Кроме того, токсичность некоторых химических веществ, таких как алюминий и цианиды, значительно повышается в условиях кислой среды (с низким уровнем pH), поэтому необходимо учитывать возможность вступления таких веществ во вторичные реакции с другими веществами, а также вытекающие из этого риски. В любом случае ликвидаторы должны использовать надлежащие СИЗ, а оборудование для мониторинга и ликвидации последствий разлива должно быть пригодным для эксплуатации в опасных условиях окружающей среды, например, должно быть оснащено соответствующими средствами фильтрации воздуха или искробезопасными двигателями.

Ниже приводится краткий обзор потенциальных методов ликвидации последствий разлива различных групп химических веществ.



▲ Рис. 15: Ликвидаторы, экипированные средствами индивидуальной защиты уровня А.

Газы и испаряющиеся вещества

При выбросе в окружающую среду газа или испаряющейся жидкости, представляющих собой ОВВ, существует потенциальная опасность образования паровоздушных облаков, которые могут быть токсичными или образовывать при взаимодействии с воздухом взрывоопасные смеси. Как следствие, возникает потенциальная угроза для здоровья и безопасности людей, находящихся на месте аварии, а также ликвидаторов ее последствий и населения близлежащих населенных пунктов. При возникновении подобных ситуаций вблизи населенных пунктов главную роль в процессе ликвидации последствий разлива играют местные службы пожарной охраны.

При планировании ответных мер важно знать дальнейшее поведение вредного газа или паров, а также возможную траекторию движения паровоздушного облака. При прогнозировании траектории движения, динамики распространения и поведения шлейфа в процессе рассеивания загрязняющих веществ в среде, как правило, применяется компьютерное моделирование. По результатам прогноза можно будет при необходимости выделить безопасные зоны и в установленном порядке сообщить о них населению.

Одним из вариантов является маневрирование аварийной ситуацией с целью отвода токсичных, коррозионно-активных или легковоспламеняющихся паров от населенных районов. Если это не представляется возможным, властям возможно потребуется проинформировать местных жителей о необходимости оставаться в помещении и закрыть все двери и окна, а в тяжелых случаях издать приказ об эвакуации целых населенных пунктов, находящихся под угрозой загрязнения или заражения. Проведение эвакуации подразумевает



▲ Рис. 16: Практические учения, имитирующие реализацию мер по ликвидации последствий аварии с утечкой ОВВ, с использованием противопожарных судов (источник фотографии неизвестен).



▲ *Рис. 17: Шлейф фосфорита, образовавшийся в результате аварии.*

сопутствующие риски, например риск паники, особенно актуальный для крупных населенных пунктов. Эти риски следует сопоставить с возможными последствиями принятия решения об оставлении населения на месте проживания.

В качестве методов ликвидации последствий разлива можно, например, прибегнуть к принудительному рассеиванию паровоздушного облака или попытаться остановить его или изменить направление его движения путем распыления воды или пены. При этом ликвидаторы должны быть осведомлены о возможных реакциях химических веществ с водой, чтобы сопоставить любые последствия с возможными рисками. Также следует учитывать последствия, которые может повлечь за собой образование больших объемов загрязненной воды, а также стабильность пострадавшей зоны в случае наводнения. Эти методы могут применяться для ликвидации последствий разлива любых водорастворимых газов, таких как аммиак и диоксид серы. Риск пожаро- и взрывоопасности нерастворимых в воде газов может быть сведен к минимуму путем охлаждения горячих поверхностей, а также подавления искр и языков пламени (*Рис. 16*) распылением воды и пены.

В условиях открытой среды токсичные пары, как правило, рассеиваются в результате естественного движения и турбулентности воздушных потоков. Зачастую единственно возможной ответной мерой в этой ситуации является мониторинг паровоздушного облака и динамики его рассеивания в атмосфере.

Растворяющиеся ОВВ

Значительная доля всего объема химических веществ, перевозимых морским транспортом, приходится на растворимые вещества. При их попадании в открытое море образуется расширяющийся «шлейф», концентрация веществ в котором снижается по мере удаления от источника разлива (*Рис. 17*). Многие растворяющиеся вещества являются невидимыми и быстро рассеиваются, а значит, мониторинг их концентраций в водной толще может оказаться непростым. Однако компьютерное моделирование дает возможность получить представление о вероятном распространении и поведении химического вещества, а также спрогнозировать потенциальные факторы риска для морской среды и других ресурсов, таких как места рыбного промысла, водозаборные сооружения и рекреационные зоны. Проведение мониторинга особенно важно для проверки достоверности компьютерных моделей в тех случаях, когда ожидаются повышенные концентрации ОВВ.

Возможности локализации и ликвидации последствий разлива растворимых химических веществ представляются весьма ограниченными. Единственной ответной мерой в таких случаях является стимулирование естественных процессов рассеивания и растворения. В некоторых случаях существует теоретическая возможность нейтрализации, флокулирования, окислирования или сокращения концентрации растворенных в воде химических веществ путем применения других химикатов. При правильном применении, а также при условии получения разрешения соответствующих

инстанций, нейтрализаторы могут оказаться эффективными для ликвидации последствий разлива на суше и в закрытых водоемах. Средства, используемые для нейтрализации ОВВ в водной среде, такие как флокулянты, гелеобразователи, активированный уголь, комплексобразователи (химические вещества, которые захватывают загрязняющие вещества в свою молекулярную структуру) и ионообменники, должны обладать следующими свойствами:

- нетоксичность самого средства;
- нетоксичность процесса нейтрализации и побочных продуктов;
- низкая биологическая потребность в кислороде (БПК);
- безопасность использования обученным персоналом;
- легкость в обращении и хранения;
- общедоступность и разумная стоимость.

Тем не менее, в условиях открытого моря, задержка по времени между возникновением разлива и принятием ответных мер, а также большой объем подверженных заражению водных ресурсов неизменно означают, что химическая обработка едва ли будет целесообразной или даст какие-либо преимущества и потому, как правило, не рекомендуется.

Плавающие ОВВ

Плавающие химические вещества могут представлять собой жидкости низкой или высокой степени вязкости, а также твердые вещества. При высоком давлении насыщенных паров такие вещества быстро испаряются и образуют паровоздушные облака над местом разлива. Как правило, плавающие ОВВ распространяются по поверхности воды, образуя пленку, аналогичную нефтяной. Однако, в отличие от нефти, присутствие плавающих химических веществ может быть визуально не заметно. При разливе относительно стойких плавающих химических веществ для их выявления и мониторинга в некоторых случаях можно применять такие методы, как воздушное наблюдение (с помощью бортовой самолетной радиолокационной системы бокового обзора, ИК и УФ систем наблюдения) и спутниковая фотосъемка, хотя практический опыт их использования при разливе ОВВ весьма ограничен.

При соблюдении техники безопасности можно рассмотреть возможность развертывания боновых заграждений, которые позволяют осуществлять локализацию и контроль движения ОВВ по поверхности воды. Для сбора плавающих ОВВ с водной поверхности также можно использовать скиммеры и другие средства ликвидации разливов нефти. Однако перед их использованием важно убедиться, что исключена вероятность вступления химического вещества в побочные реакции с оборудованием, а также возможность взрыва при попадании искры. При разливе высокотоксичных или легковоспламеняющихся ОВВ их локализация и сбор нежелательны, поскольку они могут привести к повышению концентраций ОВВ и созданию крайне опасных условий для ликвидаторов последствий аварии и местного населения. В таких случаях рекомендуется дожидаться снижения концентраций ОВВ в результате их естественного растворения в воде до безопасного уровня. В случаях, когда плавающие ОВВ являются пожаро- и взрывоопасными, а также если это разрешено законодательством, аварийно-спасательные службы могут применять противопожарную или огнегасящую пену.

В некоторых случаях для сбора и локализации ОВВ могут быть задействованы сорбирующие материалы. Важно различать абсорбенты, которые поглощают химические вещества и удерживают их в своей структуре, и адсорбенты, которые притягивают химические вещества к своей поверхности и удерживают их на ней. Абсорбенты, обволакивая химическое вещество, исключают вероятность его дальнейшего распространения и сокращают испарение. Адсорбенты же, наоборот, могут увеличить удельную площадь разлива и ускорят процесс высвобождения паров. Более того, при удалении материала с поверхности воды удерживающая способность адсорбентов может оказаться недостаточной. Несмотря на повсеместное использование сорбирующих веществ при разливах на суше, их развертывание и сбор в морской среде менее эффективны. Использование сорбирующих бонов или матов предпочтительно при локализации сыпучей пудры или химического волокна, сбор которых, как правило, представляется невозможным. Основными недостатками сорбентов являются их высокая стоимость, а также более крупные объемы загрязненного

материала, получаемые в результате их применения. Кроме того, сорбенты массивны для транспортировки, а их утилизация должна проводиться в соответствии с требованиями местных органов власти.

В некоторых случаях допускается выжигание плавающего химического вещества, но при этом необходимо учитывать вероятность образования токсичных паров, которые могут представлять опасность для здоровья и безопасности ликвидаторов, а также приводить к неконтролируемому распространению огня и дыма.

Оседающие ОВВ

Химические вещества могут опускаться на поверхность морского дна, приводя к его загрязнению и сохраняясь в виде осадка. В таких случаях необходимо учитывать необходимость сбора не только затонувших химических веществ, но и сильно загрязненных донных отложений. В условиях мелководья для сбора затонувших химикатов можно использовать механические земснаряды, а также насосные или вакуумные станции. Особое внимание также должно быть уделено обработке и утилизации собранных химических веществ и загрязненных донных отложений.

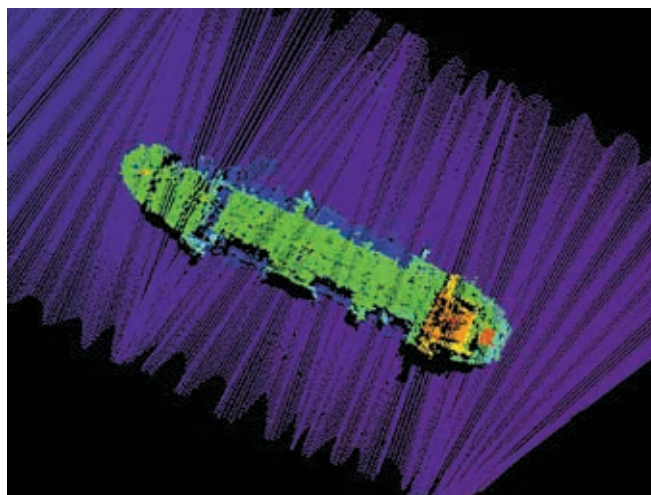
Затонувшие судна

Нередко серьезную озабоченность вызывает груз ОВВ, оставшийся на борту затонувшего судна (Рис. 18), поскольку он создает потенциальный риск дальнейшей утечки ОВВ, которая может произойти внезапно и повлечь за собой катастрофические последствия или же продолжаться в течение длительного периода времени. В таких случаях необходимо провести оценку риска и выбрать один из следующих трех подходов, обычно применяемых при ликвидации последствий затопления судов с грузом ОВВ:

- **Пассивный выброс** опасного груза через вентиляционные отверстия и/или в результате длительной коррозии корпуса судна. Применение этого подхода допустимо лишь в тех случаях, когда результаты оценки риска свидетельствуют

о малой вероятности причинения серьезного ущерба окружающей среде или когда другие способы ликвидации не представляются возможными.

- **Контролируемый выброс** груза, как правило, допускается в случае химических веществ, в том числе растворимых в воде, выброс которых может привести к несущественным локальным последствиям, однако следует учитывать, что тогда как при относительно медленных темпах выброса вероятность причинения широкомасштабного ущерба ничтожно мала, внезапный выброс может привести к тяжелым последствиям.
- **Удаление груза** рекомендуется для веществ, которые вызывают наибольшую озабоченность в отношении потенциального ущерба для здоровья человека, окружающей среды и хозяйственной деятельности в районе разлива.



▲ Рис. 18: Изображение затонувшего химического танкера, полученное с помощью гидролокаторов (любезно предоставлено Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США).

Основные выводы:

- Если химическое вещество является легковоспламеняющимся, взрывчатым, окисляющим, коррозионно-активным, раздражающим или опасным для окружающей среды, то его с большой долей вероятности можно считать опасным и вредным веществом (ОВВ).
- Физические свойства ОВВ определяют их поведение при попадании в морскую среду (действует как газ, испаряется, растворяется или тонет).
- Действие ОВВ на морскую среду зависит от уровня токсичности и степени воздействия химического вещества на морские организмы, а также от их восприимчивости к этому веществу.
- Важно предвидеть потенциальные последствия вступления определенного ОВВ в реакцию с водой или воздухом, а в случае утечки сразу нескольких химических веществ — с каждым из этих веществ, с точки зрения выделения тепловой энергии или образования токсичных продуктов.
- Факторы опасности для здоровья человека и окружающей морской среды были оценены ГЕСАМП, а с помощью предельных уровней воздействия на человеческий организм, обозначаемых как IDLH, ERPG, AEGL TEEL, можно планировать безопасные меры ликвидации последствий аварий с разливом ОВВ. Соответствующие данные приведены в паспортах безопасности.
- Перед реализацией мероприятий по ликвидации разлива ОВВ важно провести оценку риска на основе результатов компьютерного моделирования и мониторинга уровней загрязнения ОВВ.
- Выбор методов ликвидации разлива в значительной степени зависит от того, является ли ОВВ газом, испаряющимся, растворяющимся или оседающим веществом. В отношении газов и веществ, которые быстро испаряются или растворяются в морской среде, единственной ответной мерой может быть их мониторинг. Сбор некоторых ОВВ возможен, если при попадании их в морскую среду они оседают на дно или остаются на поверхности воды.
- Принято выделять четыре уровня СИЗ: А, В, С и D, где уровень А предполагает самый высокий уровень защиты. Выбор СИЗ определяется степенью опасности ОВВ. Вместе с тем, при определении интервалов работы с использованием СИЗ высоких уровней защиты крайне важно учитывать условия окружающей среды.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- 1 Воздушное наблюдение морских разливов нефти
- 2 Поведение морских разливов нефти
- 3 Применение боновых заграждений при ликвидации разливов нефти
- 4 Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов
- 5 Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти
- 6 Установление наличия нефти на береговой линии
- 7 Очистка береговой линии от нефти
- 8 Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти
- 9 Избавление от нефти и мусора
- 10 Лидерство, командование и управление при разливах нефти
- 11 Последствия нефтяного загрязнения для рыбного промысла и морского фермерства
- 12 Последствия нефтяного загрязнения для социальной и экономической деятельности
- 13 Последствия нефтяного загрязнения для окружающей среды
- 14 Отбор проб и мониторинг морских разливов нефти
- 15 Подготовка и предъявление исков о возмещении ущерба от нефтяного загрязнения
- 16 Разработка планов ликвидации аварий для морских разливов нефти
- 17 Ликвидация морских разливов химических продуктов

ИТОПФ - некоммерческая организация, созданная владельцами мирового танкерного флота и их страховщиками для эффективной ликвидации морских разливов нефти, химических продуктов и других вредных веществ. Технические услуги организации включают реагирование на аварийные ситуации, предоставление консультаций по методам очистки от загрязнения, оценку нанесенного ущерба, помощь в составлении планов ликвидации разливов и предоставление обучения. ИТОПФ является источником исчерпывающей информации о нефтяном загрязнении морской среды, и данный технический документ является одним из серии, документирующей опыт технического персонала ИТОПФ. Информация из данного документа может быть воспроизведена с предварительно полученного согласия ИТОПФ. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нашей организацией.



ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Тел.: +44 (0)20 7566 6999

Факс: +44 (0)20 7566 6950

Круглосуточная связь:

+44 (0)20 7566 6998

E-mail: central@itopf.org

Веб-сайт: www.itopf.org