

В левом окне программы представлен исходный текст, а в правом окне – зашифрованный текст. В данной программе обмен данными, находящимися на внешнем носителе, осуществляется с помощью потоков, что обеспечивает высокую скорость передачи данных в процессе шифрования и дешифрования.

Программа содержит поточный класс, кодирующий и декодирующий исходный файловый поток. Поточный класс имеет два метода чтения и записи информации, а также свойство, хранящее ключ шифрования. В данной программе для демонстрации процесса шифрования текста используется упрощенный механизм шифрования, при котором значение ключа при шифровании добавляется в каждый байт исходного текста, а при расшифровке вычитается из каждого байта зашифрованного текста.

Нейросетевой подход к защите информации позволяет осуществлять процесс обмена ключами, обладающий необходимой криптографической стойкостью. Однако использование искусственных нейронных сетей требует достаточно большого объема вычислений и должно быть оптимизировано.

Литература

1. Лабинский А.Ю., Ильин А.В. Фракталы и защита информации. СПб.: Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 1 (17). С. 82–86.
2. Червяков Н.А., Евдокимов А.Б., Галушкин А.П. Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии. М.: Физматлит, 2012.
3. Бабаш А.В., Баранова Е.К. Криптографические методы защиты информации. М.: Кронус, 2016.
4. Гридин В.Н., Солодовников В.И., Евдокимов И.А. Нейросетевой алгоритм симметричного шифрования // Информационные технологии. 2015. Т. 21. № 4.
5. Лабинский А.Ю., Уткин О.В. К вопросу аппроксимации функции нейронной сетью // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 1 (17). С. 5–11.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ

В.Д. Захматов, доктор технических наук, профессор;

В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Н.В. Щербак, кандидат технических наук.

ООО «ЗОЛА», Санкт-Петербург

Проведен системный анализ разливов нефти с целью обоснования направления исследований по созданию новой аварийно-спасательной универсальной техники, размещенной на одном морском или сухопутном транспортном средстве. Эта техническая система предназначена для тушения пожаров и предотвращения крупных, аварийных разливов нефти или ликвидации локальных разливов нефти.

Ключевые слова: разливы нефти, аварийные локальные, катастрофические разливы, пожар – причина разлива, локализация и ликвидация разливов, гавани, открытое море, побережье

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DAMAGE FROM OIL SPILLS

V.D. Zachmatov; V.A. Onov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
N.V. Shcherbak. LLC «ZOLA», Saint-Petersburg

The system analysis of oil spills is carried out in order to substantiate the direction of research on the creation of a new emergency and rescue universal equipment placed on one sea

or land vehicle. This technical system is designed to extinguish fires and prevent large, accidental oil spills or local oil spills.

Keywords: oil spills, emergency local, catastrophic spills, fire – the cause of the spill, localization and liquidation of spills, harbor, open sea, coast

С начала XX в. потребление нефтяных ресурсов планеты выросло в 27 раз. Снижение добычи нефти регулярно прогнозируют и планируют с 1950-х гг., ввиду истощения запасов нефти и увеличения доли в энергобалансе других источников энергии. До 50 % всей добываемой в мире нефти идет на автомобильное топливо, до 8 % – на нужды водного и воздушного транспорта и всего до 42 % нефти используется в нефтехимической, синтезирующей промышленности, фармацевтике, тепловых электростанциях, при производстве потребительских товаров и продуктов питания [1].

В настоящее время большое влияние человечества на природу угрожает восстановительным и очищающим функциям биологической сферы (биосферы), разрушает экологически безопасное развитие – основные восстановительные источники и биохимические циклы и, в конце концов, создает локальные и глобальные экологические катастрофы, резко уменьшающие экологические ресурсы. К наиболее масштабным трансформациям природных систем относится изменение биосферы и ее составляющих, благодаря техногенным сливам в гидросферу, в частности к наиболее вредным относятся разливы нефти и нефтепродуктов [1].

Общее загрязнение гидросферы в количественном выражении в мире до 15 Гт/год, которое разрушает экологически безопасное развитие гидросферы. Большинство техногенных, нефтяных загрязнений – разливов, вследствие морских течений, распространяются до регионального уровня. Авария с катастрофическим разливом нефти (РН) в Мексиканском заливе впервые показала реальную возможность глобального катастрофического, разрушающего влияния разливов нефти на развитие гидросферы большей части залива и окружающую природу. Анализ длительной, трудоемкой, опасной, очень дорогой операции по ликвидации последствий этой катастрофы значительно повысил актуальность создания новой технологии и оборудования для быстрой и эффективной ликвидации данных разливов [2, 3].

Анализ образования разливов нефти

Разлив и распространение нефти и нефтепродуктов на акваторию – в море, океан, озеро, реку – является сложным, многофакторным процессом, с нестабильными межфакторными связями. Нефть – горючая, маслянистая жидкость, со специфическим запахом, распространенная в осадочной оболочке Земли и являющаяся, на современном этапе технического развития человечества, важнейшим полезным ископаемым, ежегодная добыча, транспортировка и переработка которого измеряется миллиардами тонн, с соответствующими утечками, потерями и мощными аварийными выбросами. Нефть и горючий газ образуются на глубинах от 1,2 до 2 км, выделяясь с глубин естественным путем под воздействием пластового давления, нефть вблизи земной поверхности преобразуется в густую маьту, полутвердый асфальт. Поэтому нефть в естественном, глубинном виде, попадая на поверхность Земли, несовместима с современной экологией и наносит ей громадный, часто непоправимый ущерб [1, 3, 4].

Нефть и нефтепродукты являются сложными углеводородными химическими соединениями, с плотностями в относительно небольшом диапазоне от 700 до 900 кг/куб.м и состоящими из алканов, циклоалканов, ароматических углеводородов – аренов, содержащих кислород, серу, азот. Благодаря своим физико-химическим свойствам, нефть и нефтепродукты (именуемые в дальнейшем нефть) в воде могут существовать на акватории в виде пленок, взвешенных капель или капель, прилипших ко дну, берегу. Наиболее распространены и экологически опасны нефтяные пленки на поверхности воды [1, 2].

Нефтяная пленка на поверхности водоема переносится течением, ветром и волнами, а также самопроизвольно растекается под действием силы тяжести и турбулентной диффузии. Из пленки быстро испаряются летучие компоненты, а часть химически активных компонентов

растворяется в воде. Волны частично разбивают нефтяную пленку, уменьшая ее площадь, но мелкие капли, погрузившиеся в толщу воды, сливаются, образуя крупные капли, которые всплывают и сливаются с пленкой. При этом образуются водонефтяные эмульсии, содержащие до 80 % воды и относительно устойчивые – долгоживущие, увеличивающие до двух–четырёх раз объемы РН и, соответственно, снижающие вязкость и плотность нефти. В прибрежных зонах нефть волнами выбрасывается на берег, что многократно увеличивает затраты на сбор и нейтрализацию нефти [2, 3].

Прямое воздействие солнечного света приводит к фотоокислению – химическому разложению нефти на биологически безвредные компоненты. Морская флора и животный мир способствуют биологическому распаду нефти, осевшей на дно, что также приводит к переработке и расщеплению нефти на биологически безвредные компоненты. Большинство типов нефти при относительно небольших разливах, измеряемых не более чем десятками и сотнями килограмм, сравнительно быстро – в течение нескольких дней – рассеиваются под воздействием природных процессов испарения, растворения и диспергирования. В зависимости от температуры, обстановки на море и масштабов разлива, легкие нефтепродукты ликвидируются естественным путем за 1–2 дня, легкие нефти – за 2–5 дней, нефти средней плотности – за 5–10 дней. Тяжелые нефти, нефтепродукты, особенно парафиновые, осаждаются на дно и сохраняются в течение недель и месяцев. Однако естественный потенциал водоемов по самоликвидации экологических катастроф имеет свои определенные пределы. При больших аварийных разливах нефти, измеряемых тоннами, тем более десятками, сотнями и тысячами тонн, необходима оперативная, эффективная помощь для предотвращения экологических, крупномасштабных катастроф [4, 5].

Описание процесса растекания нефтяного пятна

Процессам растекания нефтяного пятна посвящено множество научных работ [2, 3], и при этом выявлены основные закономерности распространения РН. На первых этапах разлив распространяется в основном под влиянием силы тяжести слоя первоначально разлитой нефти, при этом увеличивается площадь пленки и, соответственно, уменьшается ее толщина, и этот механизм распространения действует пока силы тяжести – давление слоя пленки превышает силы инерции, характеризующие вязкостью пленки. Характерная толщина нефтяной пленки около 1 мм, что обеспечивает ее стабильность и продолжительное «время жизни». В такой пленке градиент скорости много (в 15–20 раз) меньше градиента скорости в воде и поэтому вязкие течения распространяются на всю толщину пленки. Затем распространение пленки происходит под действием волн и течений – при этом силы поверхностного натяжения превышают силы инерции. На последней стадии распространения пленки закон изменения площади уже не зависит от объема разлитой нефти. Реально площадь пленки имеет пределы увеличения, так как при растекании меняются физико-химические свойства пленки и в результате плотность и вязкость нефти растет, а суммарное поверхностное натяжение убывает на границе раздела вода, нефть, воздух. На определенной стадии поверхностное натяжение меняет знак и растекание прекращается. Затем поведение нефти – рост размеров пленки определяется лишь турбулентной диффузией. Дальнейшее поведение нефти зависит от индивидуальных физико-химических свойств сорта нефти и гидрометеорологических условий: ветра, волнения, температур воды и воздуха, солнечного излучения, солености моря. При этом отмечены основные виды распространения нефти: в виде локальных, плотных, долгоживущих пятен, в виде крупномасштабных эмульсий типа «нефть в воде» или «вода в нефти», нефтяные пятна увеличивают свою плотность и тонут вследствие интенсивного испарения и выщелачивания [1, 6].

Существует достаточно большое количество моделей нефтяных разливов, которые можно разделить на траекторные, описывающие дрейф нефтяных пятен только правильной формы под действием ветра и течений; физико-химические, описывающие трансформацию нефтяных пленок под различными видами воздействий. Эти модели справедливы лишь

в частных случаях и диапазонах масштабов, исследованных экспериментально. Известные модели распространения нефтяных пятен [6] на базе асимптотических зависимостей или автомодельных решений [7] для первых двух этапов распространения пятна – инерционно-вязкого и поверхностного натяжения. Как правило, эти модели основаны на упрощении, что пятно имеет правильную форму, однако не могут описать реального, несимметричного растекания нефтяных пятен в поле ветра и течений или при долговременном вытекании нефти из аварийного танкера [7].

Дрейф нефтяной пленки при отсутствии волнения происходит под действием ветра, при этом скорость дрейфа не превышает 3–4 % от средней скорости ветра на высоте 10 м. Ветровой дрейф приводит к вытягиванию нефтяного пятна по ветру, что определяется небольшой разницей скоростей между верхней и нижней поверхностями пленки. Специфически воздействует на нефтяные пленки циркуляция Лэнгмюра [2], состоящая из вихря с горизонтальной осью в приповерхностном слое моря. Пятно нефти под таким воздействием преобразуется в вытянутые ветровые полосы [1, 2, 4].

С точки зрения нанесения возможно большего экологического ущерба наиболее важным процессом является растворение нефтяной пленки в воде. Однако учитывая баланс масс нефтяного разлива, испарение незначительно, и поэтому не играет существенной роли в динамике разлива нефтяной пленки. Поэтому в большинстве моделей растворение не учитывается.

Преобразование нефтяных пятен – последствий РН

В течение первых нескольких часов после образования нефтяного разлива основную роль в уменьшении массы разлитой нефти играет испарение. Скорость этого процесса определяется следующими параметрами: физико-химическими свойствами нефти, отрезком времени от начала разлива, температуры воды, скорости ветра, волнения моря. Скорость испарения легколетучих компонентов зависит от их процентного содержания в сырой нефти, температуры нефти, толщины и площади слива, воздействия ветра и волн. Способность данного сорта нефти к испарению характеризуется ее дистилляционными кривыми, выражающими соотношение температур и объемной или весовой доли нефти, которая может быть испарена при данной температуре. Скорость испарения заметно, но немного увеличивается с увеличением температуры и скорости ветра [4, 7]. Испарение легких фракций, соответственно, уменьшает объем, увеличивает плотность и вязкость нефти. На протяжении первых 24 ч после разлива большинство сырых сортов нефти испаряют большую часть своих легких компонентов, что составляет до 25–30 % от их массы. После этого скорость испарения резко снижается [3, 8].

Испарение, повышая вязкость нефти, снижает ее потенциальную способность проникать в поры сорбента и, соответственно, скорость и полноту локализации и утилизации нефтяной пленки, увеличивая, в свою очередь, экологический ущерб. Очевидно – чем быстрее будут напылены гранулы сорбента в нефтяную пленку по всей ее площади, тем быстрее и эффективнее завершится операция утилизации и тем меньше будет экологический ущерб. Для расчета испарения используются псевдокомпонентный и аналитический методы расчета [5–7]. Псевдокомпонентный основан на представлении о нефти, как наборе углеводородных компонентов, сгруппированных по молекулярной массе или по точке кипения. В аналитическом методе давление паров испаряемой нефти вычисляется как функция температуры испаренной массы или объема.

При поверхностном разливе нефти и нефтепродуктов в море сначала, как правило, формируется пятно загрязнений в виде тонкой пленки, передвигающейся под влиянием ветра и течений. Процессы испарения и растворения нефти уменьшают массу нефтяного пятна на поверхности. Волны разрушают и дробят нефтяную пленку на капли, вовлекаемые турбулентными волновыми завихрениями вглубь моря. Возникающие в результате разницы

удельных весов нефти и воды, силы плавучести поднимают капли на поверхность моря, где они формируются в виде удлиненного, спутного следа за основным пятном. На мелководье дисперсная (раздробленная) часть нефтяного разлива загрязняет придонный верхний слой. Например, при аварии танкера «Braer», произошедшей в 1993 г. на мелководье в районе Шетландских островов, из 30 000 т разлива шторм перемешал до 40 % по всей толщине слоя воды на мелководье [1, 9]. Эта взвесь переносилась течениями в направлении, противоположном существующему ветру. В результате до 15 % от общего разлива осело и загрязнило дно на мелководье, что нанесло самый большой экологический ущерб. При этом образуется водонефтяная эмульсия в приповерхностном слое воды и диспергированная нефть может разбавляться до низких концентраций.

Экологический ущерб от РН на воде

Тонкое диспергирование РН сильно усугубляет экологический ущерб, особенно для наиболее чувствительных к загрязнениям природных компонентов водорослей, моллюсков и рыб. Наиболее вредны капли малого размера, не всплывающие, а надолго остающиеся в воде [1, 8, 10]. В работе [1] оценена потеря массы из поверхностного нефтяного слива за счет дисперсии, в частности, показано, что тонкие нефтяные пленки с малыми значениями вязкости и поверхностного натяжения будут диспергироваться в приповерхностном слое быстрее, чем толстые пленки с высокими значениями данных показателей.

Эмульсификация нефти – вовлечение капель воды в нефть с образованием эмульсии воды в нефти. Способность нефти образовывать эмульсии связана с долей асфальтенов в составе нефти, а устойчивость такой эмульсии определяется количеством восковых соединений. В результате эмульсии объем нефтяного пятна может увеличиваться до 3–4 раз, а также увеличивается плотность и вязкость эмульсии – «шоколадного пятна» [2].

Большое значение для загрязнения окружающей среды играет сорбция. Капли нефти, попавшие в воду под действием разрушающих волн, могут быть адсорбированы частичками взвешенных наносов, донных отложений и окружены частичками мелкого песка или глины. Нефть может обволакивать частички взвеси, капля нефти и песчинка могут быть скреплены друг с другом. Образование соединений нефти и взвеси приводит к уменьшению плавучести капель нефти, вплоть до отрицательных значений плавучести – в результате частички нефти быстро оседают на дно. Сорбция значительно влияет на распространение РН и увеличивает загрязнение дна в мелководных прибрежных районах, особенно в штормовую погоду, когда близ берега происходят наиболее опасные аварии для окружающей среды [3].

Экологический ущерб от РН на побережье

Наибольшую экологическую опасность представляют аварийные разливы с возможным загрязнением береговой линии. Как было показано выше, нефть, находящаяся вдали от берега, подвергается естественным процессам разложения и выветривания и постепенно ее экологическая опасность снижается – море перерабатывает нефть за счет своих значительных биологических ресурсов. Выброс нефти на побережье, особенно в первые часы после разлива, наносит наибольший ущерб флоре, фауне (растительному и животному миру), рекреационным зонам, портам, прибрежным сооружениям. Путь и характер движения нефтяного пятна при подходе к берегу сильно зависит от типа и профиля береговой линии. Для более быстрого принятия решений по ликвидации последствий аварии и для моделирования этих сложных процессов ввели классификацию типов берега [7, 11]. В зависимости от типа береговой линии принимаются решения о способах очистки и локализации разлива с помощью боновых заграждений или разброса адсорбирующих материалов. Для отмывания нефти с берега пользуются набором эмпирических констант, соответствующих выбранному типу берега:

1) узкие полоски бетона, облицовывающие береговой обрыв – создают эффект отражения волн, что удерживает большую часть нефти в отдалении от берега, практически устраняет опасность загрязнения и очистка не требуется;

Обсуждение результатов системного анализа

Велик ущерб экологии множества стран мира от ежедневных аварий с РН на акваториях малых и средних рек, морей, океана. Ежегодно фиксируются тысячи локальных разливов, наиболее часто в гаванях морских портов, пропорционально числу заходящих и выходящих судов, вблизи нефтяных терминалов и морских нефтепромыслов, пропорционально количеству перегружаемых и добываемых нефтепродуктов. Наиболее крупные разливы случаются при пожарах на морских платформах с нефтедобывающими скважинами и авариях супертанкеров, перевозящих десятки тысяч тонн нефтепродуктов [4, 12]. В акваторию Мирового океана поступают 10^7 – 10^8 т нефти и нефтепродуктов ежегодно: 1) бытовые и промышленные стоки – 37 %, 2) регулярные РН от плавающих кораблей и судов – 33 %, 3) аварийные РН – 12 %, 4) с атмосферными осадками – 9 %, 5) фильтрация из природных источников – 7 %, 6) РН при авариях-геологоразведке, нефтедобыче – 2 % [9, 13]. Реально новой техникой возможно ежегодно снижать РН по пп. 2,3,6=47 %. Аварийные РН наиболее опасны в прибрежной части акватории – они непредсказуемы, локальны, концентрированы и создают долго ликвидируемые и не ликвидируемые естественным способом экологические ущербы. Последние – РН с 10^6 – 10^7 \$ прямыми и 10^9 – 10^{10} \$ косвенными убытками: танкер «Брайер» у Шетландских островов РН=80 000 т, 1993 г.; танкер «Престиж» у испанского берега РН=2 000 т, 2003 г.; танкер «Волгонефть–139» Керченский пролив РН=2000 т, ноябрь 2007 г.; танкер на Балтике у Гданьска, Польша РН=300 т, январь 2008 г.; морская нефтедобывающая платформа «Deep Water Horizon» в Мексиканском заливе, разлив составил РН=500 000 т – первая в истории глобальная катастрофа, май 2010 г. [1]. Как правило, все крупные разливы являются последствиями непотушенных достаточно быстро пожаров и не предотвращения их перехода во взрыв. Например, катастрофический разлив на «Deep Water Horizon» является прямым следствием возгорания, отсутствия на платформе пожарной техники, способной справиться с пожаром и позднего прибытия пожарных кораблей. Их интенсивности тушения уже не хватило для тушения пожара и предотвращения его перехода во взрыв.

Проведенный анализ позволяет выделить стадии образования и распространения крупных разливов по степени их опасности в сочетании с техникой, способной их ликвидировать:

1 – возгорание эффективно подавляется только автоматической системой пожаротушения или эффективными огнетушителями у рабочих или дежурных;

2 – развитый пожар подавляется только пожарными машинами или кораблями;

3 – взрыв с разрушением нефтесодержащих насосов, трубопроводов, емкостей – открывающий путь РН, нет эффективных средств предотвращения взрыва;

4 – РН на акватории, локализуется с помощью боновых заграждений и ликвидируется с помощью специальных нефтесборочных кораблей;

5 – распространение РН по побережью – не имеется эффективной техники ликвидации нефти на песчаных пляжах, тем более на каменистом побережье.

Наиболее опасны в отношении экологического ущерба крупные РН на море от танкеров и нефтедобывающих морских платформ. Основная причина крупных разливов – авария с последующим возникновением пожаров, переходящих в разрушительный взрыв. Достаточно хорошо развиты системы слежения и оповещения, в частности, возгораний, пожаров, взрывов и разливов. Целесообразно повысить скорость, эффективность, масштаб действия техники тушения пожаров, локализации и ликвидации разливов нефти на всех стадиях их возникновения и развития [15, 16].

Литература

1. Исаев Г.В., Овсиенко С.Н. Распространение вязкой пленки на поверхности моря // Метеорология и гидрология. 1983. № 2. С. 74–81.

2. Карюхина Т.А., Чурбанова И.С. Химия воды и микробиология. М.: Стройиздат, 1993. С. 185.
3. Коротенко К., Мамедов Р. Моделирование процесса распространения пятен нефти в прибрежной зоне Каспийского моря // Океанология. 2001. № 41. С. 42–52.
4. Cough P.S., Zwarts F.J. Modeling heterogeneous two-phase reacting flow // AIAA. Journal. 1989. V. 17. № 1. P. 17–25.
5. Ergin S. Fluid flow through packed columns // Chemical engineering progress. 1952. V. 48. № 2. P. 89–94.
6. IPIECA. A Guide to Contingency Planning for Oil Spills on Water. Report Ser. Vol. 2: London IPIECA, 2000. 30 p.
7. Maderich V., Brovchenco I. Oil Dispersion by breaking waves and currents // Sea Technology. 2005. 46. № 4. P. 17–22.
8. Witmen K.G. Not Quite Simper Paratus. The Bulletin U.S. Coast Guard Academy Alumni Association, May/June, 1999.
9. Tan S.K., Yao A.F. Recognition and measurement of dispersed oil droplets in water column // Journal of Hydraulic Research. 2001. 39. № 1. P. 99–103.
10. Torud, pommid ja labidad – plahvatuslik tuletortehnoloogia // Inseneeria. 2014. P. 14–20.
11. Korotenko K.A., Mamedov R.M., Moores C.N.k. Prediction of the Transport and Dispersal of Oil in the South Caspian Sea Resulting from Blowouts // Environmental Fluid Mechanism. 2002. 1. P. 383–414.
12. Thorpe S. Langmuir Circulation and the Dispersion of the Oil Spills in Shallow Seas // Spill Science and Technology Bulletin. 2000. 6. P. 213–223.
13. Щербак М.В., Захматов В.Д. Новые технологии локализации разливов нефти в море // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. № 6. С. 56–63.
14. Экология, охрана природы, экологическая безопасность. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 648 с.
15. Крымский В.В. Оценка ущерба специалистами в области техногенных и природных чрезвычайных ситуаций // Аудит и финансовый анализ. 2016. № 5. С. 408–411.
16. Крымский В.В. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций от аварий танкеров // Таможенные чтения–2015. Евразийский экономический союз в условиях глобализации: вызовы, риски, тенденции: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С.Н. Гамидуллаева. 2015. С. 69–75.

О НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**О.М. Троянов, кандидат военных наук, доцент;
Ю.В. Рева, кандидат военных наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Показана взаимосвязь культуры безопасности жизнедеятельности, экологической культуры и культуры экологической безопасности. Раскрывается необходимость формирования культуры экологической безопасности в контексте формирования культуры безопасности жизнедеятельности.