

Е.Г. Дурягина

НЕФТЕПРОДУКТЫ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

E.G. Duryagina

OIL IN THE SEA

Отмечено, что загрязнение моря как сырой нефтью, так и продуктами ее переработки является предметом серьезного беспокойства. При оценке последствий нефтяного загрязнения не всегда можно однозначно судить о возможности возврата экосистемы к ее устойчивому состоянию. Особое беспокойство вызывает нефтяное загрязнение закрытых внутренних морей, к которым относится Балтийское море. Для обнаружения разлива нефтяного пятна и планирования мероприятий по его ликвидации важно знать его основные параметры (диаметр, толщину) и время или скорость его формирования, а также физико-химические свойства нефти.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, источники загрязнения, нефтеразлив, пленка нефти.

It is noticed that pollution of the sea both crude oil, and products of its processing is a subject of serious anxiety. At an estimation of consequences of oil pollution not always it is possible to judge unequivocally possibility of return of an ecosystem to its steady condition. The special anxiety is oil pollution of the internal seas to which Baltic Sea belongs. For detection of oil spillage and planning of actions for its liquidation, it is important to know its key parameters (diameter, a thickness) and time or speed of its formation, and also physical and chemical properties of oil.

Keywords: crude oil, mineral oil, pollution sources, oil spill, oil film.

По объему и добыче нефти Россия занимает лидирующее положение в мире. К 2020 г. намечается увеличение добычи нефти и газоконденсата до 450–520 млн т/год [5]. Очищенные нефтепродукты постоянно расходуются на удовлетворение более 60 % мировых энергетических потребностей. В связи с этим практически невозможно применять продукты в таких количествах без некоторых потерь. Количество потерь, предусмотренных или случайных, постоянно растет, поэтому загрязнение моря как сырой нефтью, так и продуктами ее переработки сегодня – предмет серьезного беспокойства. Нефть и нефтепродукты являются одним из наиболее опасных загрязняющих веществ (до 3000 ингредиентов), многие из которых ядовиты для любых живых организмов.

По характеру возникновения загрязнения подразделяются на естественные и антропогенные. Основную массу загрязнений Мирового океана (порядка 95 %) составляют источники антропогенного происхождения.

Общее количество нефти и нефтепродуктов, попадающих ежегодно в океан, по оценкам разных исследователей составляет от 6 до 12 млн т. Поступление нефти в Мировой океан составляет примерно 0,23 % от годовой мировой добычи нефти [2].

Различают несколько групп источников загрязнения Мирового океана (рис. 1).

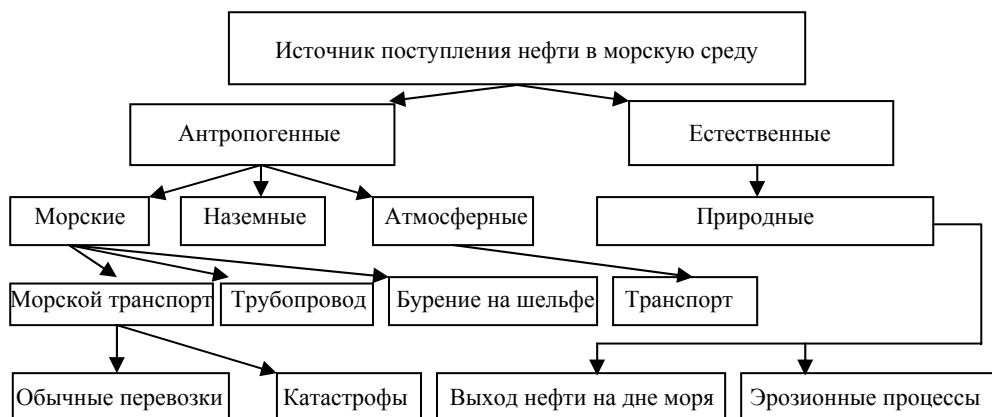


Рис. 1. Источники поступления нефти в морскую среду

Основными природными источниками нефтяного загрязнения морской среды являются выходы нефти на дне моря и менее значительными источниками – эрозионные процессы.

Важнейшие антропогенные источники нефтяного загрязнения:

- морские – морской транспорт, военные корабли, суда различного назначения, трубопроводы, установки и устройства, используемые при разработке ресурсов морского дна и его недр;

- наземные – реки, озера и другие водные системы, куда загрязняющие вещества попадают с грунтовыми водами, а также в результате сброса сточных вод с различных береговых объектов;

- атмосферные – различные промышленные предприятия, транспортные средства и другие объекты, откуда могут происходить выбросы в атмосферу углеводородных соединений.

Источники загрязнения распределены приблизительно следующим образом: морской транспорт (промывные воды, докование, утечки, погрузочно-разгрузочные и т.д.) – 35 %; промышленные стоки – 13 %; морская добыча нефти – 1,5 %; речной сток – 32 %; поступления из атмосферы – 10 %; природные источники поступления нефти – около 10 % [5]. По данным других авторов [8, 9] источники загрязнения распределены несколько по-другому.

Как видно, количество нефти, поступающей в океан непосредственно вследствие ее морской добычи и из природных источников, составляет относительно небольшое количество (табл. 1, 2).

Множественность источников загрязнения и незаинтересованность виновников сброса нефти в тщательности статистики создает определенные трудности в подобных расчетах. Разброс величин поступлений может возникать также из-за неопределенности в случае природных источников нефти, атмосферных поступлений и с речным стоком.

Таблица 1

Источники загрязнения нефтепродуктами

Источники загрязнения	% от общего поступления
Сбросы:	
– с судов в море, включая сбросы промывочных балластных вод	23
– в портах, в припортовых акваториях, включая потери при переливе нефти в танкеры и из танкеров	17
– с берега, включая промышленные отходы и сточные воды	11
Поступление:	
– с ливневыми стоками из городов	5
– при катастрофах судов	5
– при бурении на шельфе	1
– с речными водами	28
– из атмосферы	10

Таблица 2

Источники загрязнения нефтепродуктами

Источники загрязнения	Общее количество, млн т/год	Доля, %
Транспортные средства, в том числе:	2,13	34,9
– обычные перевозки	1,82	30,0
– катастрофы	0,3	4,9
Вынос реками	1,9	31,1
Попадание из атмосферы	0,6	9,8
Природные источники	0,6	9,8
Промышленные отходы	0,3	4,9
Городские отходы	0,3	4,9
Отходы прибрежных нефтеочистительных заводов	0,2	3,3
Добыча нефти в открытом море, в том числе:	0,08	1,3
– обычные операции	0,02	0,3
– аварии	0,02	1,0

Растущая добыча нефти, глобализация нефтеперевозок и ввод в эксплуатацию новых добывающих провинций с каждым годом неизбежно приводят к увеличению количества нефтеразливов и огромным финансовыми и природным потерям. С утечками нефти неизбежно сопряжены любые операции по ее добыче и транспортировке, хотя масштабы утечек очень различны и могут быть как сравнительно незначительными и легко аккумулироваться экосистемами, так и катастрофическими, уничтожая биоту целых морских районов.

Морской транспорт и прежде всего танкерный относится к одному из основных источников нефтяных загрязнений морской среды. В мире задействован гигантский танкерный флот общей вместимостью более 120 млн брутто – регистровых тонн – это свыше трети вместимости всех морских транспортных

средств. Насчитывается более 3000 танкеров, из них около 230 танкеров грузоподъемностью от 200 до 700 тыс. т каждый [6]. Они представляют огромную опасность для вод Мирового океана. Огромное количество нефти попадает в море в результате сброса с них промывочных, балластных и льяльных (трюмных) вод, а также потерь при погрузке и разгрузке танкеров. При перевозке нефти в морях и океанах, а также в портах теряется около 2 млн т/год, что составляет 40 % всего сброса нефти [9]. Обычные танкерные операции сопровождаются большой потерей нефти.

Крупнейшие нефтеразливы прошлого века, такие, как крушение танкеров «Эксон Валдиз», «Эрика», «Престиж», необратимо преобразовали экосистемы в региональном масштабе, и ущерб от них оценивается в миллиарды долларов. Самой крупной катастрофой за всю историю был выброс в 1979 г. нефти из скважины, известной под названием Айсток-1, на мелководье Мексиканского залива. Из этой скважины в воды залива попало 304 тыс. т сырой нефти. Эта потеря нефти на порядок превысила выброс при аварии танкера «Эксон Вальдерс» и в 36 раз – танкера «Мега Борг». В результате операции «Буря в пустыне» 1991 г. в воды Персидского залива на мелководье поступила масса нефти в несколько сотен тысяч тонн. В течение Второй мировой войны в результате потопления и повреждения танкеров в океаны поступило около 4 млн т нефти [7].

Нефтяное загрязнение отличается от других антропогенных воздействий тем, что оно дает не постоянную, а «залповую» нагрузку на среду, вызывая ее быструю ответную реакцию. При оценке последствий такого загрязнения не всегда можно однозначно судить о возможности возврата экосистемы к ее устойчивому состоянию.

Крупнейшие в истории судоходства разливы нефти и нефтепродуктов приведены в табл. 3 [7].

Наиболее вероятны и часто возникают относительно небольшие и быстро ликвидируемые утечки нефти, которые создают устойчивый фон нефтяных загрязнений в районах интенсивной добычи и транспортировки нефти в море.

Основные очаги загрязнения морской среды при аварийных разливах нефти сосредоточены либо в местах ее добычи (на нефтяных промыслах), либо на маршрутах транспортировки добытого углеводородного сырья к местам переработки и потребления. Основная масса нефтепродуктов попадает в морскую среду при «нормальных» безаварийных ситуациях, вследствие экологического несовершенства современных технологий переработки нефти, а также с бытовыми и промышленными стоками.

Особое беспокойство вызывает нефтяное загрязнение закрытых внутренних морей, к которым относится Балтийское море. Подсчитано, что если 200 тыс. т нефти попадет в Балтийское море, то оно будет превращено в биологическую пустыню [6]. Балтийское море превратилось в одно из самых загрязненных морей мира, стало, по определению Международного совета по изучению морей, «самым большим коллектором сточных вод». Ежегодно в Балтий-

ское море поступают миллионы тонн загрязнителей. В их числе около 1,3 млн т органических веществ. Было установлено, что количество нефти в водах Балтийского моря составляет от 0,2 до 15,5 мг/л. Количество же нефтепродуктов в открытом море в 2 раза превышает допустимый уровень. Ежегодно от 30 до 60 тыс. т нефти попадает в Балтийское море с танкеров, кораблей, лодок, траулеров, прогулочных катеров [10].

Таблица 3

Крупнейшие в истории судоходства разливы нефти и нефтепродуктов

Танкер	Объем разлива нефти, тыс. т	Год	Место аварии, кораблекрушения
Atlantic Empress	287	1979	У острова Тобаго (Карибское море)
ABT Summer	260	1991	700 миль от Анголы
Castillo de Belver	252	1983	У берегов Южной Африки
Amoso Cadiz	223	1978	У Бретани, Франция
Haven	144	1991	Генуя, Италия
Odyssey	132	1988	700 миль от Новой Шотландии
Torrey Canyon	119	1967	Острова Силли, Великобритания
Urquiola	100	1976	Ла Корунья, Испания
Hawaiian Patriot	95	1977	300 миль от Гонолулу
Independent	95	1979	Босфор, Турция
Jakob Maersk	88	1975	Опорто, Португалия
Braer	85	1993	Шетлендские о-ва, Великобритания
Khark 5	80	1989	Атлантика, 120 миль от Марокко
Aegean Sea	74	1992	Ла Корунья, Испания
Sea Empress	72	1996	Милфорд Хавен, Великобритания
Katina P	72	1992	У Мапуту, Мозамбик
Assimi	53	1983	55 миль от Маската, Оман
Metila	50	1974	Магелланов пролив, Чили
Wafra	40	1971	У мыса Агулкас, Южная Африка
Exxon Valdes	37	1989	Пролив Принца Вильямса, Аляска

Увеличение объема перевозок морским флотом в Балтийском море различных стран к 2015 г. по данным финского научно-исследовательского института ВТТ представлено в табл. 4.

Таблица 4

Увеличение объема перевозок морским флотом в Балтийском море к 2015 г.

Страна	Общий объем погрузо-разгрузочных работ, млн т	Объем погрузо-разгрузочных работ в бассейне Балтики, млн т
Швеция (2 %)	200,5	108,0
Финляндия (2 %)	125,0	80,0
Россия (7 %)	100,0	75,0
Эстония (4 %)	48,5	19,5
Латвия (2 %)	60,5	24,0
Литва (4 %)	20,5	10,5
Польша (4%)	90,0	36,0
Германия (2 %)	76,5	95,5
Дания (2 %)	138,0	55,5
Норвегия (2%)	132,5	56,0
Общий	972,0	540,0

Анализ космических снимков земной поверхности показывает, что области глобального нефтяного загрязнения совпадают с трассами морских перевозок и устьями крупнейших рек. К крупномасштабным зонам загрязнения относятся не только шельф, но и некоторые районы открытой части моря.

Естественные загрязнения возникают в результате природных процессов, они обусловлены, например, просачиванием нефти на некоторых участках морского дна за счет эрозионных процессов. Основными природными источниками нефтяного загрязнения морской среды являются выходы нефти на дне моря и менее значительным источником – эрозионные процессы, а также выбросы нефти на буровых скважинах, расположенных в открытом море. Естественные выходы нефти приурочены к крупным нефтеносным районам, расположенным на континентальном шельфе у берегов Южной Калифорнии, в Мексиканском и Персидском заливах, Карибском море. Скорость поступления из естественных выходов обычно невелика, поэтому таким образом в моря и океаны попадает сравнительно небольшое количество нефтяных углеводородов.

Существует еще один чрезвычайно мощный природный источник загрязнения открытых районов океана углеводородами нефтяного происхождения (13 % от суммарного количества) – дальний атмосферный перенос углеводородов. Возникновение этого потока связывают с неполным сгоранием бензина, керосина и других легких фракций нефти. Время пребывания их в атмосфере составляет 0,5–2,3 года, причем около 90 % этих веществ выпадает из атмосферы в Северном полушарии Земли [2].

Нефтяное загрязнение является тем техногенным фактором, который влияет на формирование и протекание гидрохимических и гидрологических процессов в морях, океанах и внутренних бассейнах. В связи с этим имеет значение концентрация нефтепродуктов в водной среде и возможности ее переработки. Фоновые уровни содержания нефтяных углеводородов в морской среде изменяются в очень широких пределах: 10^{-5} – 10 мг/л в воде и 10^{-1} – 10^4 мг/кг в донных осадках в зависимости от многих природных и техногенных факторов. Максимальные концентрации тяготеют к прибрежным и внутренним морским водам, зонам интенсивного судоходства и иной хозяйственной деятельности, а также к районам выхода (просачивания) углеводородов из месторождений на шельфе.

В первый момент после разлива нефти, попавшей в морскую среду, происходит ее распространение по поверхности раздела двух сред: морской воды и атмосферы. Физическое свойство нефти покрывать тонкой пленкой огромные акватории даже при сравнительно небольших разливах приводит к тому, что даже незначительная утечка оборачивается крайне негативными последствиями. При растекании пленки нефти по поверхности воды она образует молекулярный слой, который может покрывать очень большие поверхности. 100–200 л нефти могут покрыть 1 км^2 поверхности моря пленкой толщиной примерно 0,1 мкм. Уже через 10 мин после разлива 1 т нефти она распространяется на акватории в радиусе 50 м толщиной слоя 110 мм, с последующим обра-

зованием более тонкой пленки (менее 1 мм) и покрытием акватории площадью до 12 км² [4]. 1 тонна нефти способна образовывать сплошную пленку площадью 2,6 км², а одна капля – соответственно около 0,25 м² [3]. При разливе большого количества нефти на поверхности моря образуется более толстая пленка. Если количество нефти невелико, на воде появляется радужная оболочка.

Покрывая тончайшей пленкой огромные участки водной поверхности, нефть нарушает кислородный, углекислотный и другие виды газового обмена в поверхностных слоях воды и пагубно воздействует на флору и фауну. Она уменьшает проникновение света, препятствует фотосинтезу, уменьшает теплопроводность и теплоемкость. Поэтому наличие нефтяной пленки сказывается на процессе испарения. Так, на спокойной воде из-за тонкого слоя нефти испарение уменьшается в 1,5 раза, а при скорости ветра до 6–8 м/с – на 60 %. Экспериментально установлено, что за 1 ч с поверхности океана в одну квадратную милю при наличии нефтяной пленки испаряется 45 т воды, в то время как при отсутствии пленки – 97 т [6]. Токсичность в водной среде проявляется при концентрации более 1 мг/м³. Опасность отравления нефтью возрастает с увеличением ее концентрации.

При попадании нефти или нефтепродуктов на поверхность водоема с ними начинают происходить сложные процессы. Часть нефти или нефтепродуктов начинает испаряться. Еще некоторая часть, которая осталась на поверхности воды, начинает перемещаться на этой поверхности под действием многих разных причин, и еще некоторая их часть переходит в толщу воды, образуя дисперсную систему из воды и нефтепродуктов.

Протекание указанных процессов приводит к изменению структуры и свойств слоя разлитых нефтепродуктов. В процессе испарения из пятна разлива улетучиваются легкие составляющие нефти или нефтепродуктов и остаются более тяжелые. За первые сутки испаряются почти все углеводороды, которые в данных условиях аварийного разлива могут испариться. Испарение части нефти или нефтепродуктов приводит к изменению свойств нефти или нефтепродуктов в пятне разлива и оказывает влияние на последующее поведение пятна.

Нефть или нефтепродукты, находясь в условиях контакта с водой, начинают образовывать дисперсные системы разного типа.

Ближе к слою образуется система типа «вода в нефти», в которой концентрация нефти больше, чем воды. Обычно это дисперсная система представляет собой очень устойчивую эмульсию, почти жестко структурированную систему. Устойчивость дисперсной системы будет определяться в том числе и свойствами тех углеводородов, которые ее образуют. Ближе к воде возникает система типа «нефть в воде», в которой концентрация воды больше, чем нефти или нефтепродуктов. Незначительная часть углеводородов, содержащихся в разлитой нефти, перейдет в растворенное состояние. Та часть разлитых нефти или нефтепродуктов, которая перешла в толщу воды, может попадать в живые организмы, а также подвергаться биохимическому окислению. Эмульгированная нефть накапливается в морских организмах, а также используется в качестве пищевого

субстрата для нефтеоокисляющих бактерий, которые способны разлагать диспергированные в толще воды углеводороды.

Все эти процессы в последующем будут определять выбор технологий и средств для переработки смеси воды и нефтепродуктов, которые будут извлечены из воды при ликвидации аварийного разлива, а также при ликвидации последствий такого разлива.

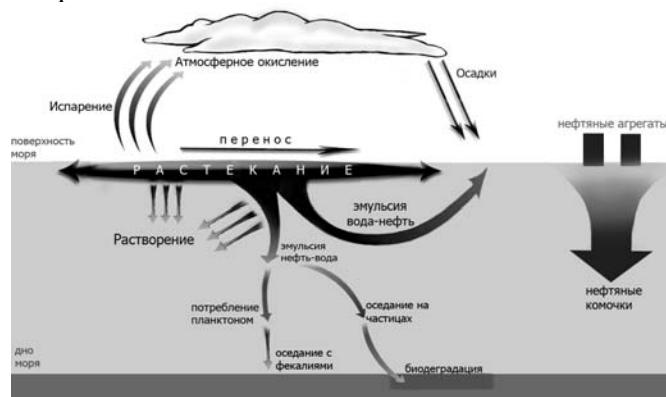


Рис. 2. Совокупность основных процессов, которым подвергается нефть в водной среде

Для планирования мероприятий по ликвидации нефтеразлива важно знать основные параметры нефтяного пятна (диаметр, толщину) и время или скорость его формирования, а также физико-химические свойства нефти.

В современных международных соглашениях подразумевается, что разлитая в результате аварии нефть должна быть собрана и эвакуирована за пределы акватории. В связи с этим встает проблема раннего обнаружения разливов нефтепродуктов, связанных как с непреднамеренным загрязнением, так и произошедших в результате техногенных катастроф, и удаления их с водной поверхности. Отсюда вытекает необходимость в организации и проведении экологического мониторинга как гаранта поддержания необходимого уровня экологической безопасности.

Основными задачами экологического мониторинга океана является создание системы наблюдений за источниками и факторами антропогенных воздействий и биологическими эффектами в морских экосистемах, а также определение допустимой нагрузки на экосистемы (разрабатываемой на основе оценки, анализа и прогноза состояния океана).

В настоящее время в решении экологических задач в морских акваториях и прибрежных зонах нашли широкое применение фотографические, телевизионные, спектральные, лидарные, тепловые, радиолокационные и другие виды наблюдения, которые производятся с наземных, судовых, аэрокосмических и других носителей.

По охвату обслуживаемой акватории и объему решаемых задач мониторинг можно разделить на глобальный (фоновый), региональный и импактный или объектовый («точечный»).

Общая структура экомониторинга морских акваторий приведена на рис. 3 [1].

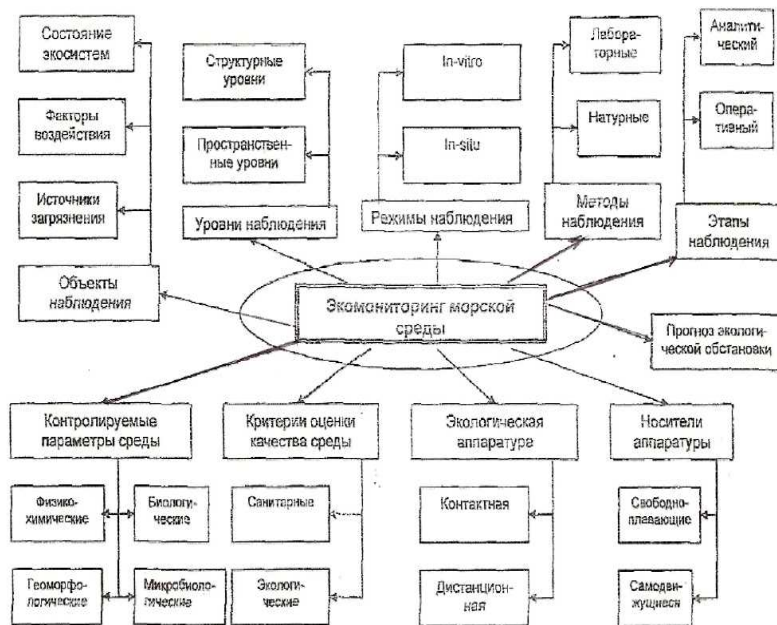


Рис. 3. Структура экомониторинга

Для мониторинга нефтяных загрязнений необходимо проведение непрерывных наблюдений во времени, исходя из продуманного распределения измерительных средств в пространстве, поэтому информационная система о состоянии водной поверхности должна быть дистанционной, распределенной, много-сенсорной и автоматизированной.

Литература

1. Алешин И.В. Охрана окружающей среды при освоении ресурсов Мирового океана. – СПб.: СПбГМТУ, 2005. – 88 с.
2. Бокрис О.М. Химия окружающей среды. – М.: Химия, 1982. – 670 с.
3. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 597 с.
4. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2004. – 163 с.
5. Иванов В.А., Показеев К.В., Шейдер А.А. Основы океанологии. – СПб.-М.-Краснодар: Лань, 2008. – 573 с.
6. Иванов В.И., Фадин И.М. Инженерная экология и экологический менеджмент. – М.: Логос, 2003. – 527 с.
7. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.А. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. – М.: Ин-т компьют. исслед., Ижевск: R&C Dynamics, 2006. – 525 с.
8. Маковян А.К. Технология первичной переработки нефти. – М.: Химия, 2001.
9. РАН Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия. – М.: Наука, 2001. – 123 с.
10. Шаркаускене А. Балтийское море. Международно-правовая охрана среды. – М.: Макс «Пресс», 2006. – 154 с.