

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

О.А. Петренко, Т.М. Авдеева,
С.С. Жугайло, О.Б. Загайная

Южный НИИ морского рыбного
хозяйства и океанографии
Керчь, Свердлова, 2,
E-mail: yugniro@kerch.com.ua

Представлена динамика содержаний нефтепродуктов в водной среде и донных отложениях Керченского пролива в период 2005 – 2010 гг. Выполнена оценка процесса трансформации нефтепродуктов с использованием метода, основанного на учете количественных изменений в составе и массе экстрагируемой нефти, наблюдаемых в донных осадках *in situ*. Расчет средних скоростей изменения содержания компонентов нефти показал, что при существующей в настоящее время нагрузке через 6–7 лет после аварийного разлива уровень загрязнения донных осадков центральной части Керченского пролива снизится до уровня, зафиксированного в 2005 – 2007 гг.

Введение. Растущая антропогенная нагрузка на экосистему Керченского пролива, обусловленная интенсификацией судоходства, необходимостью поддержания навигационных глубин для обеспечения безопасности мореплавания, растущими объемами перевалки насыпных и наливных грузов как Украиной, так и Российской Федерации, создают реальную угрозу для возникновения аварийных ситуаций. Подтверждением этому явилась техногенная катастрофа в проливе 11 ноября 2007 г. [1 – 6], которая произошла в сложных синоптических условиях из-за отсутствия необходимого контроля за техническим состоянием судов и их дислокацией, а также взаимодействия между Украиной и Российской Федерацией при организации рейдовых перегрузочных комплексов. В результате аварии судов в морскую среду поступило около 14 тыс. т нефтепродуктов (мазута) и 6–8 тыс. т гранулированной серы.

В связи с этим, цель данной статьи – оценка последствий техногенной катастрофы в Керченском проливе в ноябре 2007 г.; определение тенденций изменения нефтяного загрязнения Керченского пролива.

Материал и методика. Оценка уровня нефтяного загрязнения морской среды

Керченского пролива выполнена на основе данных мониторинга состояния морской среды, осуществляемого сотрудниками ЮгНИРО в период 2005 – 2010 гг. по схеме станций, представленной на рис. 1.

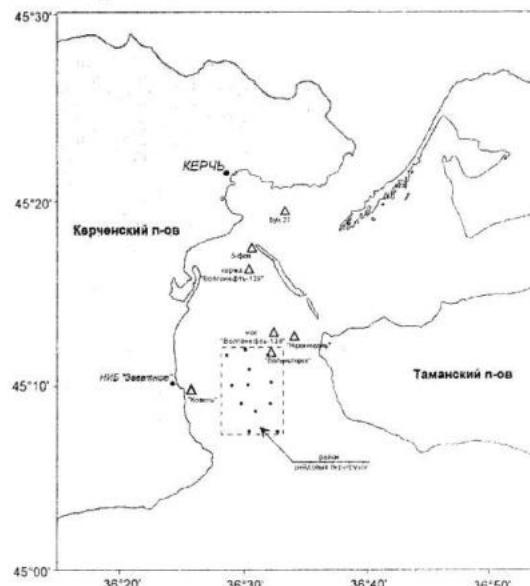


Рис. 1. Схема станций комплексного мониторинга Керченского пролива

При анализе содержания нефтепродуктов в морской среде определялся фракционный состав нефтепродуктов – мало трансформируемая фракция (нефтеуглеводороды) и сильно трансформируемая фракция (смолистые компоненты и асфальтены).

Определение нефтепродуктов в воде проводилось экстракцией их четыреххлористым углеродом, хроматографическим разделением на основные компоненты и количественным измерением ИК-, УФ-спектрометрическим и люминесцентным методами на инфракрасном спектрофотометре IR-420, СФ-46 и флуориметре «Квант-7».

Обсуждение результатов. Для определения общих закономерностей нефтяного загрязнения акватории Керченского пролива были использованы содержания компонентов нефти в воде и донных отложениях в период с октября 2005 по октябрь 2007 г., величины которых были приняты в качестве фоновых.

Исследования показали, что в период, предшествующий аварии, средняя концентрация нефтеуглеводородов в воде поверхности горизонта составляла 0,024 – 0,070 мг/л, придонного – 0,040 – 0,060 мг/л. В это время максимум наблюдался в сентябре 2006 г.

Спустя 10 дней после аварии значительного повышения уровня загрязнения водных масс не наблюдалось, при этом по сравнению с 2006 г. содержание нефтеуглеводородов снизилось почти в полтора раза, что, по-видимому, обусловлено достаточно высокой плотностью мазута и низкой температурой воды в это время и тем, что значительная часть попавших в море нефтепродуктов была выброшена на берега о-ва Тузла и Таманского залива и впоследствии утилизирована, некоторая часть осела на морское дно и (или) была вынесена в Черное и Азовское моря под влиянием сложившихся гидродинамических условий.

Начиная с февраля 2008 г., содержание мало трансформированной фракции устойчиво увеличивается, достигая максимума в апреле 2008 г. Далее уровень загрязнения воды поверхности горизонта устойчиво снижается. Что касается придонной воды, то с ноября 2007 г. до марта 2009 г. содержание в ней нефтеуглеводородов изменялось скачкообразно, в последствии имело место тенденция к снижению. В период февраль 2008 – март 2009 гг. уровень загрязнения придонного слоя воды значительно выше поверхности, что, по всей видимости, явилось результатом процесса десорбции нефтепродуктов из донных отложений (рис. 2).

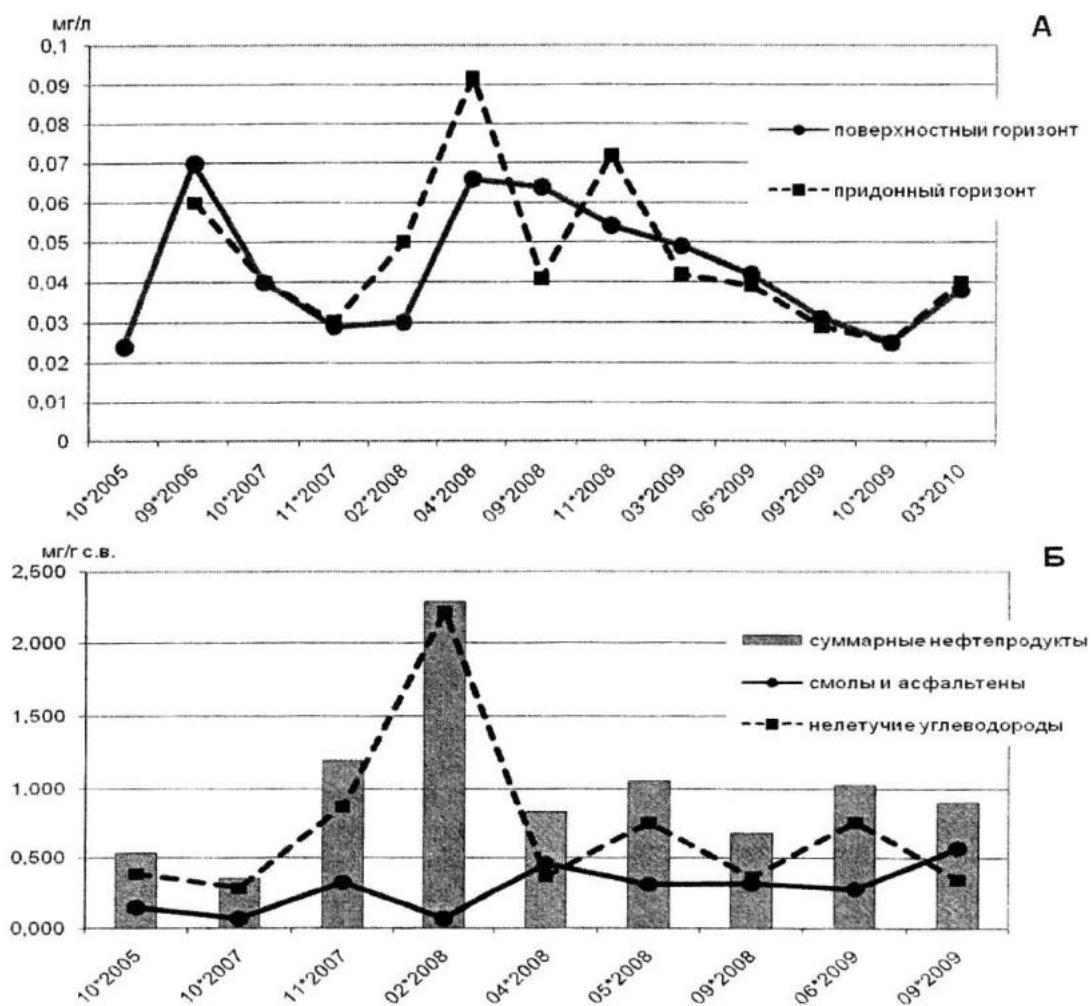


Рис. 2. Динамика среднего содержания нефтеуглеводородов в воде (А) и компонентов нефти в донных отложениях (Б) Керченского пролива

До ноября 2007 г. загрязненность донных отложений была достаточно низкой, содержание нефтепродуктов в целом не превышало 1 мг/г сух. в., т.е. величины, выше которой начинается деградация донных биоценозов [7].

Следствием аварии явилось резкое повышение содержаний компонентов

нефти в донных отложениях до максимальных величин, наблюдаемых в феврале 2008 г. В результате вторичного загрязнения водной среды с апреля 2008 г. концентрация суммарных нефтепродуктов снизилась в среднем в 2 раза, при этом из донных отложений вымывалась только мало трансформированная

фракция, содержание которой снизилось в 4 раза. Далее к маю 2008 г. концентрация суммарных нефтепродуктов незначительно повысилась за счет мало трансформированной фракции, и это свидетельствует о «свежем» загрязнении морской среды. К сентябрю 2008 г. и суммарные нефтепродукты, и мало трансформированная фракция снизились, но в июне 2009 г. их содержание повысилось, а к сентябрю опять произошло снижение, что, по-видимому, явилось следствием как деструкцией мало трансформированной фракции в теплое время года, так и ее десорбцией из донных отложений.

Что касается тяжелой фракции нефти, то десорбции смол и асфальтенов из донных отложений не зафиксировано. Первое превышение до аварийного уровня для тяжелой фракции отмечено спустя 10 дней после аварии (21 ноября 2007 г.), далее ее содержание снизилось, но в апреле 2008 г. значительно увеличилось, причем здесь зафиксирован экстремальный максимум – 1,428 мг/г с.в. Наибольший уровень загрязнения донных отложений зафиксирован в сентябре 2009 г. (рис. 2).

Пространственное распределение показало, что в течение почти всего периода исследований наибольшее содержание компонентов нефти в донных отложениях наблюдалось в районе затонувшего танкера «Волгонефть-139» и буя 27 [2, 3].

В связи с высоким уровнем загрязнения донных отложений нефтепродуктами в результате аварии возникла необходимость определить время их деградации. Выбирая Керченский пролив в качестве полигона для исследований, принимаем во внимание, что пролив отличается от закрытых водоемов присутствием определенно направленных течений из Азовского моря в Черное и обратно, что характеризуется преобладанием в разные сезоны каждого из двух типов водных масс – азовских и черноморских. Кроме того, в связи со сложной морфологической характеристикой для Керченского пролива свойственна значительная гидродинамическая активность особенно в районе о. Коса Тузла.

Известно, что нефтяные углеводоро-

ды, попавшие в морскую среду, подвергаются различным превращениям, которые обусловлены сочетаниями абиотических и биотических факторов. Соотношение всех процессов, способствующих удалению нефти из морской среды, науке не известно. Вместе с тем считается установленным, что именно активность бактерий определяет окончательную судьбу нефтяного слива в море [8].

Из всех классов веществ, составляющих нефть, большого внимания заслуживают углеводороды. Когда углеводороды такой сложной смеси, как нефть, становятся доступными микробному сообществу, происходит одновременная биодеградация большинства нефтяных соединений, но с разной скоростью. Обычно биодеградация н-алканов протекает очень быстро, с ней тесно связано окисление простых ароматических соединений. Изоалканы, циклоалканы и ПАУ разрушаются очень медленно. Тяжелые ароматические фракции нефти устойчивы к биоокислению и потенциально наиболее токсичны для морских организмов [8]. В этой связи нами были определены скорости изменения содержаний нефтепродуктов и их компонентов в донных отложениях. Для анализа самоочищающей способности донных отложений Керченского пролива нами был использован метод, который заключался в учете количественных изменений в составе и массе экстрагируемой нефти с учетом времени *in situ*. Это дало возможность учитывать как биотические, так и абиотические факторы самоочищения.

Следует подчеркнуть, что формирование уровня нефтяного загрязнения в реальном водоеме имеет сложный характер, главными из которых являются химическая, микробиологическая деструкция компонентов нефти, зависящая от условий морской среды, поступление нефтепродуктов в водоем, а также гидродинамическая активность. Что касается микробиологической составляющей, то исследования, проведенные в Керченском проливе в период декабрь 2007 – март 2008 гг., показали, что в донных осадках пролива численность гетеротрофных микроорганизмов составила 9500 – 950000 кл/г, нефтеокисляющих 45 – 2500 кл/г [9].

Среднюю скорость изменения содержания компонентов нефти за сутки рассчитывали по формуле:

$$a = \left(\sum \frac{C_{i+1} - C_i}{T_i - T_{i+1}} \right) / n, \quad (1)$$

где а – изменения содержаний нефтепродуктов в сутки, мг/г в сутки;

С – содержание нефтепродуктов, мг/г; Т – время, сутки; н – количество съемок.

Используя среднее содержание компонентов нефти в центральной части Керченского пролива в районе о. Коса Тузла, по формуле (1) были рассчитаны средние скорости изменения содержания компонентов нефти (табл. 1).

Таблица 1

Скорость изменения содержания компонентов нефти (мг/сутки) в донных отложениях
в районе острова Коса Тузла

Дата	Смолы и асфальтены	Нефтеуглеводороды	Суммарные нефтепродукты
21.11.07	-	-	-
7.02.08	-0,00320	0,02030	0,01320
22.04.08	0,00510	-0,02370	-0,01860
14.05.08	-0,00940	0,01260	0,00314
23.09.08	0,00007	-0,00286	-0,00279
12.11.08	-0,00326	0,00412	-0,00074
30.03.09	0,00083	-0,00051	0,00094
25.06.09	-0,00016	0,00357	0,00336
18.09.09	0,00456	0,00449	0
23.03.10	-0,00222	-0,00047	-0,00269

Как видно из таблицы, средняя скорость изменений содержания нефтепродуктов и их компонентов отрицательна, т.е. имеет место тенденция их снижения. При этом наибольшим изменениям подвержены нефтепродукты, средняя скорость снижения которых составила 0,0019 мг/г в сутки, наименьшая скорость определена для нефтеуглеводородов – 0,0652 мг/г в сутки.

Такое различие скоростей изменений концентраций, прежде всего, обусловлено разной скоростью биодеградации нефтепродуктов. Известно, что биодеградация нефтеуглеводородов протекает очень быстро. Что касается тяжелой фракции нефти, то небольшая скорость биодеградации вызвана составом фракции. Эта фракция состоит из смол и асфальтенов, обладающих разной способностью к биодеградации. К сожалению, до сих пор не определена тонкая химическая структура асфальтенов. Известно, что это смесь веществ с высокой молекулярной массой, низкой летучестью и малой растворимостью. Лабораторные эксперименты и наблюдения в природе позволили сделать вывод, что эти вещества исключительно устойчивы к биоде-

градации Смолы включают полярные, а также гетероциклические соединения, содержащие азот, серу, кислород. При наличии небольшой цикличности они могут быть трансформированы некоторыми видами микроорганизмов. К таким веществам относятся низкомолекулярные фракции смол, например, фенолы, крезолы, тиолы, тиофен, пиридин, пирролы [8].

Учитывая выше изложенное и полученные нами скорости деградации, можно предположить, что наименьшая скорость нефтеуглеводородов вызвана постоянным их поступлением в морскую среду пролива.

Используя наименьшую скорость изменения содержания нефтяных углеводородов, равную 0,0004712 мг/г в сутки, было рассчитано, что время, в течение которого уровень нефтяного загрязнения снизится до величины, наблюдаемой до аварии, составит 6-7 лет при условии существующей в настоящее время нагрузке в Керченском проливе.

Заключение. Исследования, проведенные в центральной части Керченского пролива (район о. Коса Тузла), показали, что спустя 10 дней после аварии

значительного повышения уровня загрязнения водных масс не наблюдалось. Максимальное содержание нефтеуглеводородов в водной среде, равное 0,066 – 00,092 мг/л, определено в апреле 2008 г.

Следствием аварии явилось резкое повышение содержаний компонентов нефти в донных отложениях до максимальных величин, наблюдавшихся в феврале 2008 г. В период февраль 2008 – март 2009 гг. отмечен процесса десорбции мало трансформированной фракции – нефтеуглеводородов из донных отложений.

Пространственное распределение показало, что в течение почти всего периода исследований наибольшее содержание компонентов нефти в донных отложениях наблюдалось в районе затонувшего танкера «Волгонефть-139» и буя 27.

Для анализа самоочищающей способности Керченского пролива был использован метод, который заключался в учете количественных изменений в составе и массе экстрагируемой нефти с учетом времени *in situ*. Это дало возможность одновременно учитывать абиотические и биотические факторы самоочищения. Расчеты показали, что средняя скорость изменений содержания нефтепродуктов и их компонентов отрицательна, т.е. имеет место тенденция их снижения. При этом наибольшим изменениям подвержены нефтепродукты, средняя скорость снижения которых составила 0,0019 мг/г в сутки, наименьшая скорость определена для нефтеуглеводородов - 0,0652 мг/г в сутки.

Используя наименьшую скорость изменения содержания нефтяных углеводородов было рассчитано, что время, в течение которого уровень нефтяного загрязнения снизится до величины, наблюдавшейся до аварии, составит 6-7 лет при условии существующей в настоящее время нагрузке в Керченском проливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бланк Ю.И., Себах Л.К., Петренко О.А. Экологические аспекты природопользования в районе Керченского пролива // Проблемы экологической безопасности и развития мариоземенного и нефтегазового комплекса: Материалы IV международной научно-практической конференции, Севастополь, 30 августа – 03 сентября 2004 г. – Севастополь, 2004. – С. 194 – 198.
2. Петренко О.А., Авдеева Т.М., Жугайло С.С., Шепелева С.М. Влияние хозяйственной деятельности на состояние морской среды Керченского пролива // Метеорология, климатология и гидрология. – 2008. – № 50, ч. II. – С. 286 – 291.
3. Петренко О.А., Авдеева Т.М., Жугайло С.С. Особенности нефтяного загрязнения Керченского пролива в условиях интенсификации хозяйственной деятельности // Современные проблемы экологии Азовско-Черноморского бассейна: III международная конференция (10-11 октября 2007 г.). – Керчь: ЮГНИРО, 2008. – С. 109 – 114.
4. Фащук Д.Я., Петренко О.А. Керченский пролив – важнейшая транспортная артерия и рыбопромысловый район Азовско-Черноморского бассейна // Юг России: экология, развитие. – 2008. – № 1. – С. 15 – 22.
5. Жугайло С.С., Петренко О.А., Себах Л.К., Авдеева Т.М. Современное экологическое состояние Керченской бухты // Современные проблемы экологии Азовско-Черноморского бассейна: IV международная конференция (8-9 октября 2008 г.). – Керчь: ЮГНИРО, 2009. – С. 8 – 11.
6. Петренко О.А., Жугайло С.С., Себах Л.К., Авдеева Т.М. Чрезвычайная ситуация в Керченском проливе – случайность или неизбежная закономерность // Проблемы экологической безопасности и развития мариоземенного и нефтегазового комплекса: Материалы VI-ой Международной научно-практической конференции. УО МАНЭБ. – Керчь-Одесса: Пассаж, 2008. – С. 10–13.
7. Миронов О.Г., Миловидова Н.Ю., Кирюхина Л.Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках Черного моря // Гидробиологический журнал. – 1986. – Т. 22, № 6. – С. 76 – 78.
8. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 528 с.
9. Еремеев В.Н., Миронов О.Г. и др. Предварительные результаты оценки нефтяного загрязнения Керченского пролива после аварии судов 11 ноября 2007 г., Морський екологічний ж. – 2008. – № 3, т. VII. – С. 15 – 23.