

**КАЧЕСТВО И ОХРАНА ВОД,
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

УДК 628.394.17:665.6(262.54+262.5)

**ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ ПОСЛЕ АВАРИИ
СУДОВ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ**

© 2011 г. А. А. Клёнкин, С. А. Агапов

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства

Федерального агентства по рыболовству

344002 Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21/2

Поступила в редакцию 24.02.2010 г.

Рассмотрена динамика содержания нефтепродуктов, попавших в водную экосистему после аварии в Керченском прол. Проанализированы результаты многолетнего мониторинга и определены отличия в концентрациях и распределении нефтяных углеводородов в Азовском и Черном морях после аварийного разлива. На основании всех имеющихся данных реконструирован примерный ход событий, которые привели к подобному перераспределению в морских экосистемах попавшего после аварии мазута.

Ключевые слова: водная экосистема, мониторинг, нефтяное загрязнение, нефтепродукты.

Ночью 10–11 ноября 2007 г. с Балканского региона на акватории Черного и Азовского морей вышел южный циклон. В результате в районе Керченского прол. произошло резкое увеличение скорости ветра до 28–32 м/с и изменилось его направление, которое практически совпало с “осью” Керченского прол. Эти факторы способствовали формированию волнения в проливе до 6–7 баллов [2]. Разыгравшийся шторм стал причиной того, что 11 ноября в Керченском прол. затонули четыре судна (сухогрузы “Вольногорск”, “Нахичевань”, “Ковель”, “Хачь Измаил” – Грузия); были сорваны с якорей и сели на мель шесть судов: сухогрузы “Вера Волошинская” (Украина), “Зияя Кос” (Турция), “Капитан Измаил” (Турция), баржи “Дика”, “Диметра”, плавкран “Севастополец”; получили повреждения два танкера (“Волгонефть-139”, “Волгонефть-123”), один из которых (“Волгонефть-139”) разломился и затонул. Заякоренная носовая часть танкера после аварии осталась на месте, а корму под действием ветра и течений отнесло к о. Тузла и выбросило на мель. В результате перелома танкера, перевозившего ~5 тыс. т мазута, произошел разлив нефтепродуктов (НП). Количество попавших в воду загрязняющих веществ (ЗВ) оценивается разными источниками по-разному и колеблется от 1.5 до 4 тыс. т. Однако большинство специалистов считает, что в воду вылилось до 2 тыс. т НП [10]. Из носовой части танкера вытекло ~1000 т мазута. Из кормовой части в море поступило еще ~600 т мазута. Остальное загрязнение пришлось на дизельное топливо, попавшее в пролив из других поврежденных и затонувших судов.

Количество собранных после аварии НП можно оценить лишь приблизительно. Согласно данным администрации Краснодарского края, межведомственного экологического центра АН Украины на Крымском берегу Украины было собрано ~5–7 тыс. т загрязненного мазутом грунта [16]. С 160 км российской береговой линии в районе Керченского прол. было вывезено на полигоны >70 тыс. т загрязненного грунта. Эти данные, по-видимому, завышены, так как содержание мазута в пробах песка колебалось от 4 до 30%. По самым скромным подсчетам получается, что мазута было собрано больше, чем его попало в воду в ходе аварии. Тем не менее, вполне вероятно, что большая часть мазута, попавшего в экосистему моря в ходе аварии, из-за сильнейшего шторма затем все же была выброшена на побережье.

Нефтяные танкеры терпят крушения почти ежегодно. Ущерб, наносимый при этом, определяется зачастую не объемом вылившейся нефти, а строением береговой зоны и расположением района, в которой это произошло. 24 марта 1989 г. в зал. принца Уильяма на Аляске налетел на рифы танкер “Эксон Валдез”. В залив вылилось >40 тыс. т нефти. Собрать удалось лишь ~8%. Однако этот не самый большой в истории аварий разлив нефтяного флота нанес ущерб природе больше, чем гораздо более серьезные разливы. По данным экологов погибли ~250 тыс. морских птиц, 2800 морских выдр, 300 тюленей, 250 орлов, 22 касатки. Последствия влияния аварийного разлива нефти на экосистему отмечались на протяжении 15 лет. Иски к компании-судовладельцу превысили 5 млрд долларов [19, 20].

Таблица 1. Содержание НП в воде Азовского и северо-восточной части Черного морей в 2004–2008 гг.

| Год | Средняя концентрация, мг/л | | Диапазон концентраций, мг/л | | Кратность превышения ПДК | |
|------|----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | Азовское море | Черное море | Азовское море | Черное море | Азовское море | Черное море |
| 2004 | 0.05 | 0.05 | <0.015–0.26 | <0.015–0.61 | 1.0 | 1.0 |
| 2005 | 0.05 | 0.04 | <0.015–0.22 | <0.015–0.17 | 1.0 | 0.8 |
| 2006 | 0.07 | 0.05 | 0.02–0.51 | <0.015–0.20 | 1.4 | 1.0 |
| 2007 | 0.04 | 0.05 | 0.02–0.23 | <0.015–0.51 | 0.8 | 1.0 |
| 2008 | 0.05 | 0.06 | 0.02–0.22 | <0.015–0.25 | 1.0 | 1.2 |

Опасность загрязнения водных объектов нефтью и НП связана с присутствием в них соединений, опасных как для жизни водных организмов, так и для их функционального состояния [8, 9, 15]. При поступлении в водоем сырой нефти и НП, в отличие от большинства других ЗВ, происходит переход их в различные миграционные формы: в виде нефтяной пленки, водно-нефтяной эмульсии, сорбированных взвешенными частицами и донными отложениями (ДО) и растворенных в воде. Соотношения между отдельными формами миграции определяются совокупностью факторов, основные из которых – скорость течения, ветер, солнечная радиация, температура воды и воздуха, коэффициент турбулентной диффузии и свойства самого НП [7].

При разливах НП наряду с испарением происходит их физическое рассеивание, приводящее к образованию водонефтяных эмульсий, которые могут содержать от 30 до 80% воды. Тяжелые НП (например, мазут) быстрее образуют эмульсию. Стабильность этой фракции определяется условиями перемешивания, концентрацией, температурой и другими факторами. Через непродолжительный период времени после разлива (1–2 сут) доля эмульгированной нефти от оставшейся после испарения массы нефтяного загрязнения может достигать 80% [8, 11, 18]. Труднорастворимые и нелетучие остатки нефти сорбируются на взвешенных частицах, что приводит к их седиментации на дно [21].

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сразу после получения информации о массовом крушении судов ФГУП “АзНИИРХ” были организованы две экспедиции.

Первая экспедиция проходила 13–17 ноября 2007 г. вдоль береговой линии Темрюкского зал. Азовского моря и Керченского прол. Вторая экспедиция, проведенная в период 30 ноября–7 декабря 2007 г., охватывала южную и юго-восточную часть Азовского моря, Керченский прол. и предпроливье Черного моря (рис. 1). Кроме того, для дальнейшей идентификации источника нефтяного загрязнения в исследуемых пробах был отобран мазут из потерпевшего аварии танкера.

Во время экспедиций отбирались пробы воды и ДО. В Азовском море пробы воды отбирались с трех горизонтов – поверхностном, придонном и на середине водной толщи. В Черном море пробы отбирались в поверхностном и придонном горизонтах, на глубинах 10 и 20 м.

В табл. 1–3 приведено среднегодовое содержание НП, полученное в ходе проведения плановых мониторинговых исследований в Азовском море (2004–2008 гг.). Экспедиции проводились три раза в году в различные вегетационные периоды: весной, летом и осенью. Пробы воды и ДО отбирались на 34 стандартных станциях, равномерно распределенных по всему морю. Таким образом, среднегодовое содержание НП в море рассчитывалось на основании анализа 102 проб воды и 102 проб ДО.

Оценка среднегодовой загрязненности Черного моря (2004–2008 гг.) осуществлялась по результатам экспедиций комплексного экологического мониторинга, проводившихся летом и осенью. Пробы воды отбирались на 31 стандартной станции, которые расположены от Керченского прол. до г. Адлер. В прибрежном районе анализировали воду поверхностного и придонного, в глубоководном – поверхностного и промежуточных (10–50 м от поверхности) горизонтов. ДО отбирались на прибрежных станциях с глубин 13–38 м. Таким образом, среднегодовое содержание НП в море рассчитывалось на основании анализа 107 проб воды и 30 проб ДО.

Для отбора проб воды использовались батометры ГР-18, БМ-48, батометры системы Ван-Дорна.

Таблица 2. Содержание НП в воде и ДО различных районов Азовского моря (без учета Таганрогского зал.) в различные сезоны 2008 г.

| Районы моря | Вода, мг/л | | | ДО, г/кг сух. массы | | |
|-------------|------------|------|-------|---------------------|------|-------|
| | весна | лето | осень | весна | лето | осень |
| Северный | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.50 | 0.51 | 0.23 |
| Западный | 0.04 | 0.09 | 0.09 | 0.68 | 0.50 | 0.26 |
| Южный | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.61 | 0.59 | 0.45 |
| Центральный | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 0.83 | 0.79 | 0.45 |
| Восточный | 0.06 | 0.08 | 0.03 | 0.53 | 0.34 | 0.31 |

активности, подвижная фаза — смесь гексан : четыреххлористый углерод : уксусная кислота, в соотношении 70 : 30 : 2), позволяющий не только отделять мешающие вещества, но и выделить в отдельные зоны УВ ($R_f = 0.9$), смолы и асфальтены ($R_f = 0-0.4$). Количество УВ рассчитывается по формуле, установленной по корреляционным связям между концентрациями УВ, выделенных из 16 образцов различных сортов нефти и НП и их интенсивностям поглощения при $\lambda = 270$ нм и $\nu = 2926$ см⁻¹ и $\nu = 2956$ см⁻¹. УВ в образцах выделялись методом тонкослойной хроматографии, взвешивались после удаления элюента, и затем готовились растворы с известными концентрациями УВ из различных нефтяных образцов. Оптические характеристики измерялись для трех одинаковых концентраций независимо от вида образца в инфракрасной области спектра на ИК-спектрофотометре “Hitachi 270-50”, в ультрафиолетовой области — на спектрофотометре “Shimadzu UV-2450 (PC)”. Определение количества УВ, основанное на измерении поглощения элюатов одновременно в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, позволяет учитывать как ароматическую, так и парафино-нафтеновую фракции УВ независимо от их соотношения в исследуемой пробе.

Определение смолистых веществ проводили методом люминесцентной спектроскопии на спектрофлюориметре “Shimadzu RF-5301 (PC)” в области 500–550 нм. В этой области максимумы спектров люминесценции смол и асфальтенов, выделенных из различных сортов нефти и НП, отличаются от спектров соединений, экстрагируемых из исследуемых проб совместно с нефтяными компонентами и остающихся в той же хроматографической зоне, что и смолистые вещества.

Для идентификации источников загрязнения использовался метод газовой хроматографии (ГХ) алканов. Алканы определялись в УВ фракции, полученной после хроматографического разделения экстрактов воды и ДО. Идентификацию и количественное определение индивидуальных *n*-алканов, выделенных методом тонкослойной хроматографии, проводили методом ГХ с использованием хроматографа “Кристалл 200М” с 30 м капиллярной колонкой EquityTM-1. Использовалось температурное программирование термостата колонок: начальная температура составляла 80°C, затем температуру повышали до 270°C со скоростью 6°/мин и выдерживали эту температуру в течение 40 мин. Температура испарителя составляла 250°C, ионизационно-пламенного детектора — 300°C. Идентификацию осуществляли по относительному времени удерживания индивидуальных *n*-алканов.

Для нивелирования гранулометрического состава анализируемого грунта использовались средние концентрации (СХК) содержания НП в различных типах ДО Азовского и Черного морей

[4]. Для расчета СХК НП использовались результаты анализа ~2800 проб ДО, полученные в различные сезоны (весна, лето, осень) 1996–2005 гг. Результаты анализа 25% проб ДО одного типа, в которых концентрация НП имела минимальные значения, и 25% результатов с максимальной концентрацией были исключены. Среднее значение концентрации НП из оставшихся результатов анализа 50% проб было принято как характерное для данного типа ДО. Сравнение результатов анализа в абсолютных концентрациях с СХК дает безразмерную величину — кратность СХК

$$\text{кратность СХК} = \frac{C_{\text{НП}}}{\text{СХК}},$$

где $C_{\text{НП}}$ — абсолютная концентрация НП; СХК — средняя характерная концентрация НП для различных типов ДО.

Кратность СХК характеризует подверженность данного района антропогенному воздействию в исследуемый период времени. В случае, если кратность СХК ≤ 1 , можно считать, что в данный район моря, вне зависимости от обнаруженных концентраций и типа анализируемого грунта, практически не было свежего поступления НП. При кратности СХК > 1 можно считать, что данный район — район повышенного антропогенного воздействия в конкретный период времени и требует более детального исследования для установления источника загрязнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во время проведения первой экспедиции мазут был обнаружен во всех отобранных пробах воды и грунтов береговой линии. Это подтвердили газохроматографические исследования экстрагированных алканов (рис. 2).

Компонентный состав отобранных проб и исходного мазута оказались практически идентичными. Практически совпали и такие критерии, используемые для идентификации источников нефтяного загрязнения, как соотношение на хроматограммах разделенных сигналов *n*-алканов — “забор” и неразделенных компонентов — “горб”, отношение количества гептадекана C_{17} к количеству пристана и отношению количества октадекана C_{18} к количеству фитана [1].

В Азовском море и Керченском прол. обнаруженные в ходе экспедиций концентрации НП в воде были значительно $>$ ПДК (в 26–3120 раз). В то же время в районах, где полоса мазута у побережья отсутствовала, концентрации практически не отличались от характерных в среднем для Азовского моря (0.04–0.09 мг/л или 0.8–1.8 ПДК). В Черном море у побережья Таманского п-ова нефтяное загрязнение также было ниже — 0.06 мг/л.

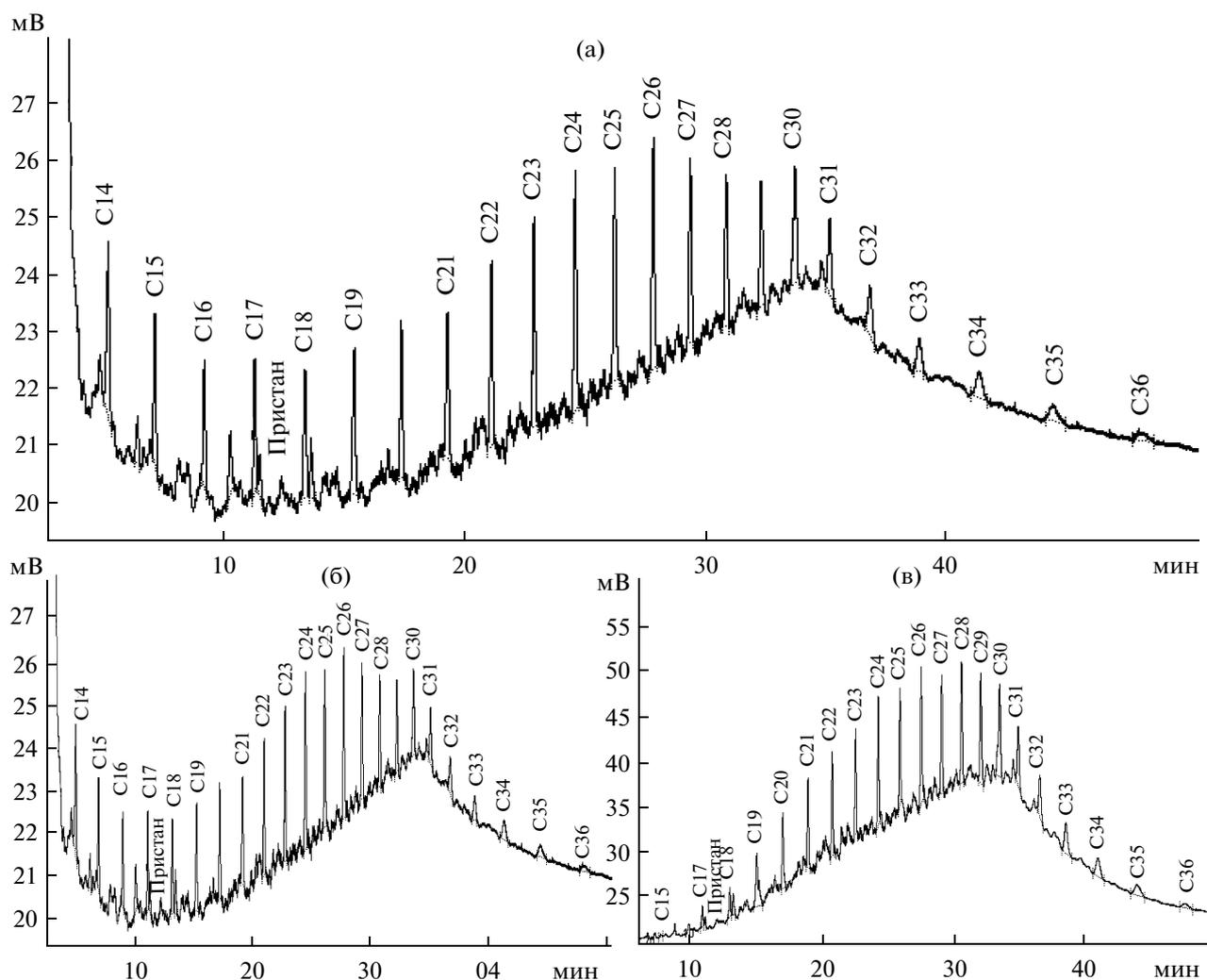


Рис. 2. Хроматограммы алканов, полученные при анализе проб в ходе первой экспедиции (13–17 ноября 2007 г.). а – мазут, отобранный из танкера “Волгонефть-139”; б – НП, собранные на побережье косы Тузла; в – НП, выделенные из воды в районе пос. Кучугуры.

При анализе проб, отобранных в ходе второй экспедиции, проведенной через 3–4 недели после аварии, оказалось, что концентрации НП в воде существенно снизились. Их диапазон в воде Керченского прол. составил 0.02–0.34 мг/л. Максимальное превышение ПДК (в 6.8 раза) обнаружено лишь в районе затонувшего судна. В среднем в поверхностном слое воды Керченского прол. концентрации НП составили 0.09 мг/л (или 1.8 ПДК), а в придонном – 1.4 ПДК.

Концентрации НП в ДО Керченского прол. менялись во время второй экспедиции в диапазоне 0.02–0.33 г/кг, составив в среднем 0.16 г/кг сух. массы. Оказалось, что обнаруженные концентрации как в абсолютных величинах, так и в относительных единицах (кратность СХК) не выходят за рамки значений для Азовского моря по результатам регулярных мониторинговых наблюдений [5]. Хроматограммы отобранных проб не соответствовали спек-

тральной картине, характерной для разлившегося мазута (рис. 3).

В воде Черного моря в ходе второй экспедиции концентрации НП менялись в пределах <0.02–0.15 мг/л, причем, наибольшее содержание токсикантов обнаруживалось на глубине. Превышение ПДК отмечено в 54% исследованных проб. В воде на глубине 20 м независимо от места отбора проб концентрации НП превышали ПДК в 1.4–1.6 раза. В придонном слое более высокие концентрации (1.8–2 ПДК) обнаружены в восточной части участка.

Концентрации НП в ДО исследуемого района Черного моря менялись в диапазоне 0.06–0.27 (в среднем 0.10) г/кг сух. массы. Низкие концентрации объясняются отсутствием на данном участке обладающих высокой абсорбционной способностью мелкодисперсных илистых ДО.

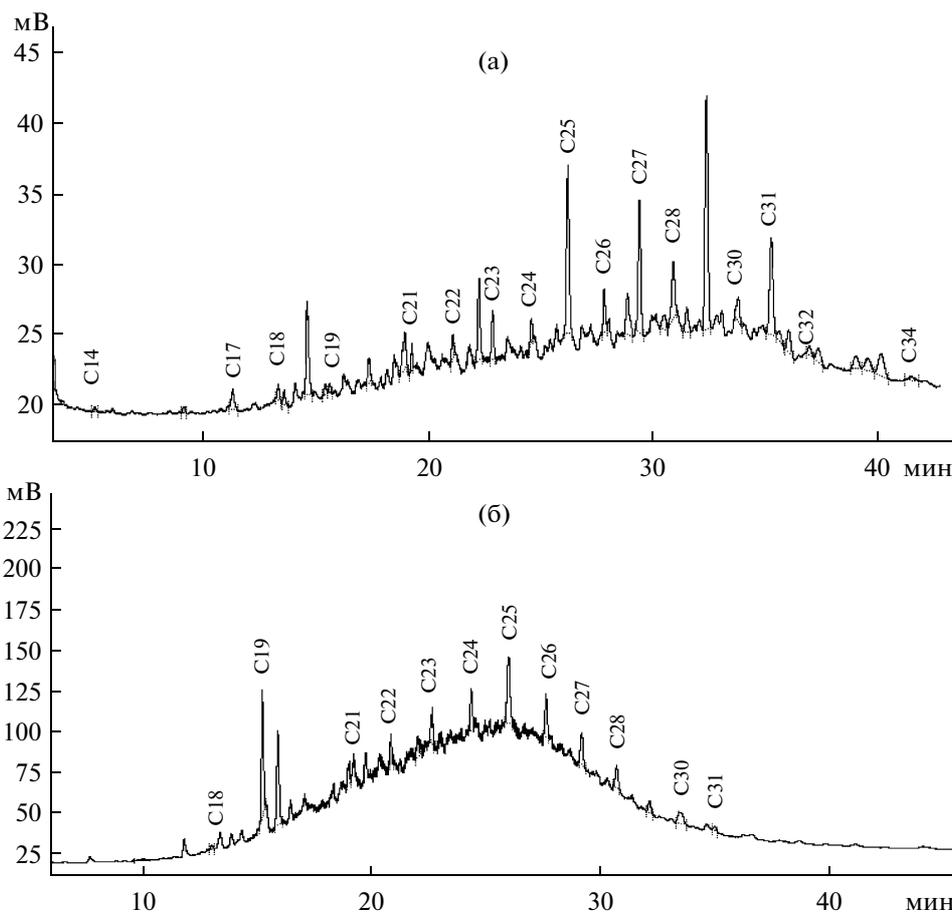


Рис. 3. Типичные хроматограммы алканов, полученные при анализе проб в ходе второй экспедиции в Азовском море из ДО (а), воды (б).

С апреля по октябрь 2008 г. в рамках планового мониторинга и дополнительных работ, выполняемых ФГУП «АзНИИРХ», получены новые данные о загрязнении Азовского и Черного морей, которые были использованы для оценки динамики пространственного распространения мазута в послеварийный период.

Азовское море

В среднем в 2008 г. уровень нефтяного загрязнения воды моря оказался сопоставимым с данными прошлых лет (табл. 1) и аномально высоких концентраций токсикантов найдено не было. Южный район собственно моря по степени загрязненности не отличался от других районов. Наиболее высокие концентрации НП в нем были обнаружены весной. Среднее содержание их в воде составило 0.09 мг/л (табл. 2), что обычно для Азовского моря [4]. Это связано с тем, что весной с тальми водами с прибрежных территорий в море смываются накопившиеся за зимний период ЗВ.

Посезонная визуализация полученных данных позволяет обнаружить весной на юге моря район

повышенного содержания НП (рис. 4). Однако площадь загрязнения относительно невелика, а обнаруженные там УВ не соответствовали УВ разлившегося в результате аварии мазута. УВ в составе мазута были идентифицированы методом газовой хроматографии только в единичных пробах в придонном слое воды на участке, расположенном северо-восточнее от Керченского прол.

Летом и осенью, несмотря на повышенные концентрации НП в некоторых районах, идентифицировать остатки мазута, вылившегося в море в результате аварии танкера «Волгонефть-139», не удалось. Степень загрязненности НП ДО в среднем оказалась в 1.3 меньше, чем в 2007 г., и соответствовала среднемноголетним значениям (табл. 3).

На рис. 5 представлено пространственное распределение НП по площади дна Азовского моря в различные сезоны 2008 г. в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы) и в относительных единицах (кратность СХК).

В южном районе моря повышенное абсолютное содержание НП в ДО было обнаружено только весной. Однако это связано не со «свежим» поступле-

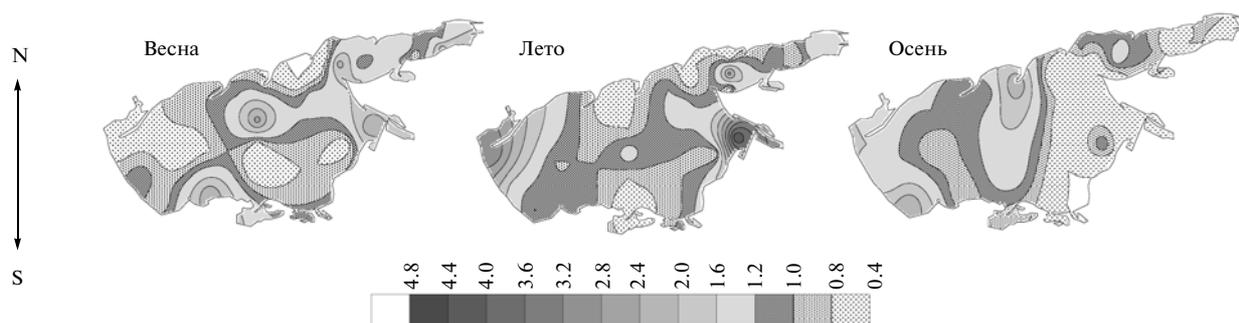


Рис. 4. Пространственное распределение НП в воде акватории Азовского моря в различные сезоны 2008 г. (в единицах ПДК).

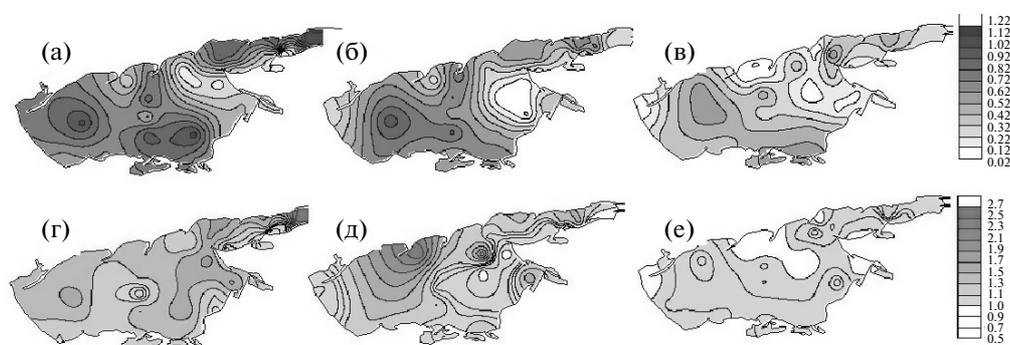


Рис. 5. Пространственное распределение НП в ДО Азовского моря в различные сезоны 2008 г. а–в – в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы), г–е – в относительных единицах (кратность СХК); а, г – весна, б, д – лето, в, е – осень.

нием этих соединений в этом районе, а с преобладанием здесь в структуре ДО илстой составляющей. Анализ относительных величин содержания токсикантов не выявил в этом районе “свежего” поступления НП. Идентифицировать остатки мазута в составе обнаруженных НП не удалось.

Таким образом, оказалось, что в 2008 г. ожидаемого увеличения содержания НП в экосистеме Азовского моря обнаружено не было. Их концентрации оставались либо на уровне прошлых лет, либо, как это имело место с ДО, даже уменьшились по сравнению с 2007 г. В ДО остатков мазута, вылившегося из танкера в ходе аварии в Керченском прол., произошедшей 11 ноября 2007 г., обнаружить не удалось.

Черное море

Динамика загрязнения воды НП в исследуемой части моря за последние 5 лет наблюдений характеризуется увеличением среднего уровня загрязнен-

ности с 0.8–1.0 ПДК в 2004–2007 гг. до 1.2 ПДК в 2008 г. (табл. 1).

В 2008 г. концентрации НП в ДО в среднем составили самую высокую величину за все годы наблюдений – 0.78 г/кг, что в четыре раза выше, чем в 2007 г. (табл. 3).

На рис. 6 представлено пространственное распределение НП в ДО, выраженное в абсолютных концентрациях и в единицах кратности СХК.

Значения кратности СХК превышали 1.0 вдоль всего побережья, достигая значений – 13.4, т.е. абсолютная концентрация НП в пересчете на сухую массу более чем в 13 раз превысила концентрацию, характерную для данного типа ДО. Высокая степень загрязненности сохранялась и летом, и осенью. Таким образом, оказалось, что в отличие от Азовского в Черном море повышенное содержание НП наблюдалось и в водной толще, особенно в ДО.

Анализ всех имеющихся данных позволяет примерно реконструировать события, которые происходили после аварии в Керченском прол.

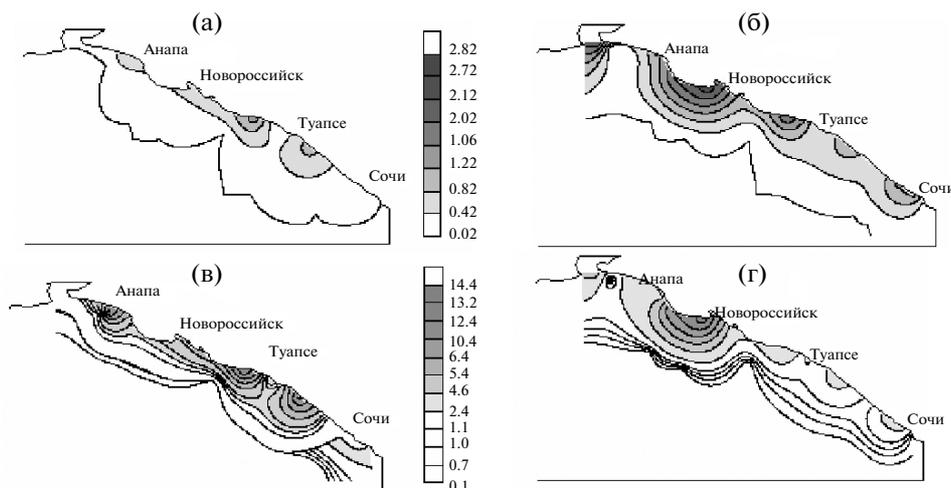


Рис. 6. Пространственное распределение НП в ДО северо-восточного побережья Черного моря в различные сезоны 2008 г. а, б — в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы); в, г — в относительных единицах (кратность СХК); а, в — лето, б, г — осень.

Большая часть попавшего в воду, в результате раскола танкера, мазута не осела на дно, а осталась во взвешенном виде: в тонкодисперсном коллоидном состоянии и эмульсии. Этому способствовали сильный шторм и низкие температуры воды и воздуха, которые стабилизировали образовавшуюся дисперсную систему за счет возрастания ее кинетической устойчивости [17]. Затем основное количество мазута за счет сильного волнения была выброшена на берег. Поэтому во время первой экспедиции, через 2 сут после аварии, когда пробы отбирались с берега (сильный шторм не позволял выйти в море), мазут в больших концентрациях обнаруживался практически во всех отобранных пробах и воды, и грунтов. За счет сильного шторма илистые ДО в районе Керченского прол. и южной части Азовского моря оказались сильно взмученными. Они сорбировали оставшуюся часть мазута и осели на дно. В результате сорбированный илами мазут, вероятно, оказался погребенным под слоем илистых наносов. Поэтому вторая экспедиция, через 3 недели после аварии, обнаружила повышенное содержание НП в основном только в районе затонувшего судна, а в большинстве проб ДО содержание токсикантов не отличалось от среднего по морю, причем, идентифицировать исходный мазут не удалось.

С апреля по октябрь содержание НП в воде и ДО продолжало уменьшаться, и, в итоге, по средней степени загрязненности 2008 г. оказался чуть ли не самым “чистым” за последние 5 лет наблюдений. Таким образом, в экосистеме Азовского моря следов разлившегося в результате аварии мазута практически не осталось, а весь мазут, вероятно, находится под достаточно толстым слоем илистых наносов.

Диспергированный в воде мазут, попавший в воды Черного моря, претерпел принципиально другие изменения. Черноморская вода в 2 раза более соле-

ная, чем азовская. Хлориды натрия, кальция, магния — мощные коагулянты. Ионы солей нейтрализуют одноименные заряды гранул мелкодисперсных частиц, в результате они объединяются, укрупняются, коагулируют и оседают на дно. В связи с этим повышенные концентрации НП обнаруживались не на поверхности, а на глубине. Осевший на дно мазут не мог быть поглощен и инактивирован в той же мере как и в Азовском море, поскольку доля илистых ДО здесь невелика, а преобладают в основном, крупнодисперсные ДО. В ходе зимних штормов за счет продольных и поперечных переносов [3] остатки НП были более или менее равномерно распределены вдоль всего Черноморского побережья. Поэтому летняя и осенняя съемки 2008 г. установили повышенное содержание НП в воде и ДО. По всей видимости, в дальнейшем будет происходить трансформация нефтяных составляющих осевшего на дно мазута, а процессы, обуславливающие относительную подвижность ДО, приведут к тому, что большая часть НП будет скрыта под новым слоем ДО.

ВЫВОДЫ

В экосистеме Азовского моря ожидаемого увеличения содержания НП после аварии в Керченском прол. обнаружено не было. Их концентрации оставались либо на уровне прошлых лет, либо даже уменьшились по сравнению с 2007 г. В ДО остатков мазута, вылившегося из танкера в ходе аварии в Керченском прол., произошедшей 11 ноября 2007 г., обнаружить не удалось.

Летняя и осенняя съемки 2008 г. в Черном море установили повышенное содержание НП в воде и ДО. По всей видимости, в дальнейшем будет происходить трансформация нефтяных составляющих

осевшего на дно мазута, и булыжная часть НП будет скрыта под новым слоем ДО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский Е.С., Лукашенко И.М., Калинин Г.А., Савчук С.А. Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии // ЖАХ. 2002. Т. 57. № 6. С. 592–596.
2. Жукова С.В., Куропаткин А.П., Шишкин В.М. и др. Особенности гидрометеорологического режима Керченского пролива и прилегающего районов Азовского и Черного морей в ноябре–декабре 2007 г. // Керченская авария: последствия для водных экосистем. Ростов-на-Дону: ФГУП АзНИИРХ, 2008. С. 34–46.
3. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. М: Географгиз, 1958. 357 с.
4. Клёнкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. 324 с.
5. Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г. и др. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов // Вод. ресурсы. 2008. Т. 35. № 2. С. 88–92.
6. Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Некоторые методические особенности определения уровня нефтяного загрязнения водных экосистем // Западская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. № 2. С. 31–35.
7. Кормак Д. Борьба с загрязнением нефтью и химическими веществами. М.: Транспорт, 1989. 367 с.
8. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. М.: Прогресс, 1977. 301 с.
9. Обухов Д. К., Крючков В. И. Исследование влияния нефтяного загрязнения на развитие ЦНС молодежи стерляди *Acipenser ruthenus* L. // Сб. матер. междунар. семин. "Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах Российской Федерации". М.: Экономика и информатика, 2000. С. 165–170.
10. Овсиенко С.Н., Фащук Д.Я., Запера С.Н. и др. Шторм 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе: хроника событий, математическое моделирование и географо-экологический анализ // Тр. ГОИН. 2008. Вып. 211. С. 308–340.
11. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: ВНИРО, 1997. 349 с.
12. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
13. РД 52.24.309-2004. Методические указания. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. 67 с.
14. Руководство по методам химического анализа морских вод. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 208 с.
15. Рустамов Э.К. Особенности цитологических сдвигов в нейронах головного мозга осетровых рыб под воздействием сырой нефти // Тез. докл. I Междунар. конф. по проблеме Каспийского моря. Баку, 1991. С. 66–67.
16. Сборник докладов VI международной конференции "Актуальные проблемы промышленной безопасности: от проектирования до страхования". СПб., 2008. 90 с.
17. Шукин Е.Д., Певцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2007. 444 с.
18. Bridie O.L. Formation, prevention and breaking of sea water in crude oil emulsions chocolate mousse // Mar. Pollut. Bull. 1980. V. 12. № 11. P. 343–348.
19. Exxon Vades oil spill: fate and effects in Alaskan waters / Eds. Wells P.G., Butler G.T., Hughes J.S. Conshohocken: American Society for Testing and Materials, 1995. 955 p.
20. Irons D.B., Kendall S.J., Erickson W.P. et al. Nine years after Exxon Valders oil spill: effects on marine bird population in Prince Williams Sound, Alaska // Condor. 2000. № 102. P. 723–737.
21. Oil in the Sea. Inputs, Fates and Effect. Washington: NAS, 1985. 600 p.