

УДК 551.35: 574

Осадчая Т. С. (Украина, Севастополь)

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Современная концепция развития Севастопольского региона, как экополиса соответствующего международным стандартам, требует изучения экологического состояния и оценки уровня загрязненности прибрежных экосистем. Среди многочисленных и разнообразных по происхождению потоков загрязнителей морской среды в Севастопольской бухте, нефтяные углеводороды занимают доминирующую позицию, что связано с исторически сложившейся традицией использования акватории в качестве основной базы Черноморского флота (Украины и России в настоящее время) и крупного промышленного и транспортного порта.

Попадая в водоем различными путями, сорбируясь на частицах взвеси, претерпевая химическую и биохимическую трансформацию нефть и нефтепродукты, в конечном итоге, переходят из водной толщи в донные отложения. В результате чего, последние превращаются в депо общего техногенного воздействия. Определенная химическая консервативность донной среды позволяет надолго сохранять "память" о произошедших воздействиях, многообразие которых дает возможность широкого выбора показателей как для характеристики состояния среды, так и для оценки ее самоочищающего потенциала, т.е. перспектив к восстановлению. Таким образом, анализ донных осадков любого водоема может служить надежным индикатором регионального загрязнения, в том числе, и нефтепродуктами.

Цель настоящей работы состояла в характеристике особенностей пространственного распределения нефтяного загрязнения и оценке экологического состояния Севастопольской бухты по ряду количественных индексов, широко используемых в мониторинговых наблюдениях.

Материал и методы

Выбор точек отбора проб донных осадков базировался на данных комплексных мониторинговых съемок отдела морской санитарной гидробиологии таким образом, что районы исследования представляли семь основных разрезов, охватывающих практически всю акваторию Севастопольской бухты и район внешнего рейда (рис. 1а). Аналитические работы включали определение нефтяных углеводородов (НУ) и хлороформ экстрагируемых соединений (ХЭС) в донных осадках по методикам, описанным ранее [1].



Рисунок 1а. – Схема отбора проб в Севастопольской бухте.

Результаты и обсуждение

Качественный анализ отобранных образцов показал, что на шести станциях из семи донные осадки были представлены серыми и черными илами с запахом мазута и сероводорода, и только на станции 1 (контрольный участок) наблюдался серый песок с примесью илов. По количеству нефтяных углеводородов (НУ) и хлороформ-экстрагируемых соединений (ХЭС) к наиболее загрязненным районам относятся Южная бухта (ст. 7) и центральный район Севастопольской бухты (ст. 3, 4). Причем, из двух станций отнесенных к последнему, по количеству как НУ, так и ХЭС ст. 4 значительно превосходит ст. 7 в Южной бухте (табл. 1).

Таблиця 1

Нефтяные углеводороды (НУ) и хлороформ-экстрагируемые соединения (ХЭС) в донных осадках Севастопольской бухты (2002-2006).

№ ст.	НУ, мг/100 г		ХЭС, мг/100 г	
	диапазон	среднее	диапазон	среднее
1	22,0 - 41,2	28,0	35,0 - 100,0	62,5
2	39,2 - 137,0	79,5	120,0 - 310,0	222,5
3	527,8 - 1020,6	830,2	1300,0 - 1790,0	1522,5
4	952,0 - 3006,3	1800,2	1700,0 - 3720,0	2600,0
5	160,0 - 144,0	182,9	310,0 - 400,0	347,5
6	84,0 - 206,7	129,2	210,0 - 390,0	295,0
7	665,6 - 1995,5	1202,6	1280,0 - 3070,0	1865,0

Физико–химические свойства (рН, Eh, гранулометрический состав) определяют способность донных осадков не только к аккумуляции, но и преобразованию поступающих загрязнений. Ранее было показано [2], что большая площадь донной поверхности Севастопольской бухты представлена тонкозернистыми черными илами с пониженными значениями рН и ярко выраженными восстановительными условиями, что характерно для загрязненной нефтепродуктами среды. Проведенный анализ полностью подтверждает данную характеристику.

Гидродинамические особенности акватории, а именно - наличие в границах акватории двух встречных потоков – одного с востока на запад со стороны реки Черной и второго со стороны открытой части моря, способствуют формированию в центральной части Севастопольской бухты буферной зоны, на которой как бы замыкаются разнонаправленные потоки, в том числе, и "обогащенные" загрязнением [3]. Наложение антропогенной нагрузки на специфические физические и гидродинамические условия способствует аккумуляции загрязнения в определенных участках бухты и, как показывает сравнение настоящих данных с имеющимися по всем исследованным разрезам [2], отмеченные тенденции сохраняются на протяжении десятилетий. В частности, содержание хлороформ-экстрагируемых соединений (по результатам 2002 -2003 гг.) в донных осадках выделенных районов сохраняется приблизительно на уровне 2000 г. Что касается нефтяных углеводородов, их количество возросло и особенно заметное повышение наблюдается в бухте Южной и в центральной части акватории (табл. 2).

Таблиця 2

Многолетние тренды нефтяного загрязнения донных осадков Севастопольской бухты.

Выделенные районы	1976		1985		1994		2000		2002 - 2003	
	НУ	ХЭС	НУ	ХЭС	НУ	ХЭС	НУ	ХЭС	НУ	ХЭС
Открытое море	45	150	21	470	20	230	20	70	28	60
Центр. район	396	990	999	2700	480	1370	451	1210	1355	1190
Устье	97	990	294	980	200	530	60	310	79	220
Южная бухта	876	2190	1324	3310	1307	2730	634	2100	1202	1860

Следует отметить, что, несмотря на "солидный возраст" проблемы нефтяного загрязнения, санитарно–экологические нормативы для оценки уровней загрязненности донных осадков нефтепродуктами отсутствуют [4]. Поэтому в расчетах различных показателей/индексов в качестве "точек отсчета" используют фоновые характеристики, определяемые обычно в контрольных (незагрязненных или условно чистых) участках водоема. Данному принципу следует и предложенное ранее [1] ранжирование донных площадей по пяти уровням нефтяного загрязнения. В нашем случае такой контрольной точкой являлась станция 1, расположенная за условной границей севастопольской акватории. И, как показал соответствующий анализ, более 70 % донных осадков бухты соответствует V, самому высокому уровню нефтяного загрязнения.

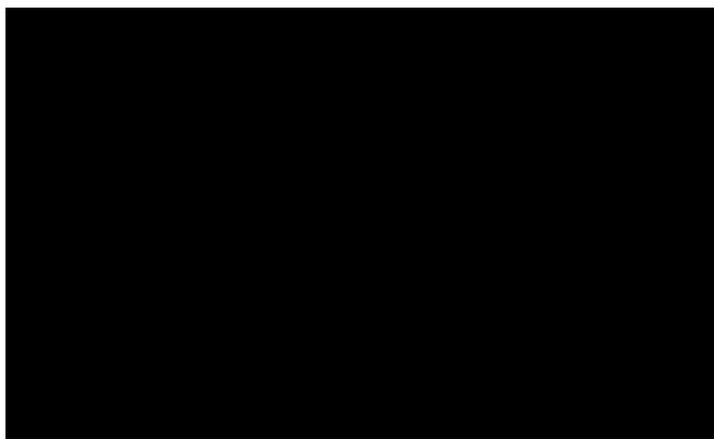


Рисунок 2а – Пространственная характеристика нефтяного загрязнения донных осадков Севастопольской бухты по фактору (ФЗ) и индексу (ИСЗ) загрязнения

Не снижающиеся темпы техногенного загрязнения прибрежных зон вызывают необходимость разработки оценочных критериев экологического качества, которые, во-первых, объединяли бы и унифицировали большой объем разнообразных данных и, во-вторых, являлись удобными показателями в деловом общении между специалистами-экологами и менеджерами, принимающими ответственные решения в области охраны среды. К одним из таких критериев относятся "фактор загрязнения" (ФЗ) и "индекс степени загрязнения" (ИСЗ) [5]. Первый рассчитывается как отношение концентрации загрязняющей компоненты (С_і) к фоновой (С_ф), второй – как средняя геометрическая факторов загрязнения, в нашем случае – по нефтяным углеводородам и битумоидам. На рис. 2а представлена диаграмма пространственного распределения ФЗ и ИСЗ, из которой следует, что наибольшие значения приурочены к районам с максимальной антропогенной нагрузкой.

"Индекс загрязняющей/антропогенной нагрузки" (Pollution Load Index - PLI) в оценках экологического состояния среды широко используется в работах европейских исследователей [6]. Основное отличие данного показателя от приведенных выше состоит в том, что он устанавливает количественные лимиты или диапазон соответствующего экологического качества от 0 до 10 и рассчитывается по следующей формуле:

$$PLI = 10^{(1 - [Conc - B] / [T - B])},$$

где Conc – зафиксированная (определяемая на каждой станции), B – базовая и T – пороговая концентрации конкретного загрязнителя. Базовая величина характеризует отсутствие загрязнения, т.е. минимальное фоновое значение (PLI = 10), пороговая определяется из принятого в токсикологии отношения "доза/отклик" и, как правило, соответствует 50 % уровню последнего. Интегральные PLI, рассчитанные по средней геометрической из значений индекса для отдельных загрязнителей, характеризуют антропогенную нагрузку на каждой станции, а рассчитанные по средней геометрической из значений индекса для отдельных станций – нагрузку по выбранному участку, району, акватории. При выборе базовой (B) и пороговой (T) концентраций для НУ и ХЭС мы руководствовались процитированной выше классификацией [1], а также градацией значений степени загрязнения нефтепродуктами почв и грунтов [4].

Рассчитанные индексы для периода 2002 - 2003 гг. показали значительный разброс величин – от 1,61⁻²² до 8,33, при этом минимальные (на большинстве исследованных участков) значения оказались за нижней границей установленного диапазона PLI, что, безусловно, отражает высокий уровень нефтяного загрязнения бухты. В виду высокой неоднородности пространственного распределения антропогенной нагрузки, при расчете общего для всей акватории «Индекса нагрузки загрязнения» (PLI) целесообразно выделить зоны различного "экологического благополучия": наиболее благополучная ст.1 (район внешнего рейда) - PLI = 8.33; зона относительного благополучия (ст. 2, 5, 6) - PLI = 0.39; зона экологического риска (ст. 3, 4, 7) - PLI = 8.02⁻¹⁶. Как следует из табл.3, неблагополучными районами на протяжении не одного десятилетия остаются центральный район (буферная зона) и Южная бухта. Незначительное улучшение экологической ситуации на ст. 3 и 6 в середине девяностых годов, вновь ухудшилось к 2003. Как стабильно благополучную можно характеризовать только станцию 1 – район внешнего рейда, а отмеченное здесь в 1988 году резкое повышение антропогенной нагрузки (PLI = 0,013), с одной стороны, могло быть вызвано случайным

выбросом загрязнения, а с другой, говорит о возможности образования зон экологического риска в районах, удаленных от непосредственных источников загрязнения.

Таблица 3

Многолетняя динамика антропогенной нагрузки (PLI) в Севастопольской бухте

№ ст.	Годы							
	1982	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2003
1	10,0	10,0	0,013	10,0	10,0	10,0	10,0	8,33
2	0,014	0,49	3,48 ⁻⁸	0,07	5,5 ⁻⁴	0,97	4,36	1,82
3	0,094	0,015	0	1,76	2,33	2,08	0,97	4,36 ⁻¹⁰
4	0	0	0	0	0	0	0	1,61 ⁻²²
5	0	0	6,8 ⁻⁷	0,15	0,39	0,1	0,12	0,08
6	0,88	9,33 ⁻⁷	0,013	0,09	3,6	2,93	3,21	0,42
7	0	0	0	3,98 ⁻¹³	0	1,32 ⁻⁷	3,38 ⁻⁷	7,34 ⁻¹⁵

(Примечание: 0 - соответствует значению менее 10^{-25})

Выводы

При оценке долговременных изменений в водоемах определение содержания загрязняющих веществ в донных отложениях имеет то преимущество, что этот показатель является интегрирующим во времени и, в определенной степени, в пространстве. Являясь конечным пунктом миграции всех загрязнителей водной толщи, накапливая сведения об общем круговороте веществ, включая и антропогенные, донные осадки играют активную роль в формировании общего экологического состояния прибрежной акватории и представляют важный источник информации об условиях существования экосистемы в целом.

Анализ многолетней динамики экологического статуса Севастопольской бухты с учетом ее функциональной специфики позволяет отнести нефтяное загрязнение к одному из основных факторов, определяющих ее современное состояние. И хотя все количественные оценки антропогенной нагрузки варьируют по годам и в зависимости от местоположения района, но говорить о значимом улучшении экологической ситуации, к сожалению, не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества. / Дивавин И.А., Кирюхина Л.Н., Миловидова Н.Ю. и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – Т.4. – 136 с.
2. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь, 2003. – 185 с.
3. Игнатъева О.Г., Овсяный Е.И., Романов А.С. и др. Комплексная оценка загрязнения донных отложений Севастопольской бухты // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь, 2003. – С. 59 – 64.
4. Соловьев В.И., Кожанова Г.А., Гудзенко Т.М. и др. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв / Сб. Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса, оцнтэи, 2001. – с. 339 – 345.
5. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды. Под ред. Ровинского и Ф.Я. – Москва: Гидрометеиздат, 1986. – С. 82 – 95.
6. Wilson J.G., Jeffrey D.W. Europe wide indices for monitoring estuarine pollution / D.H.S. Richardson (ed.) Biological indicators of pollution. – Dublin: Royal Irish Academy, 1987. – P. 225 - 242.