

Л.В.Малахова

Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ
В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ
СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

Исследовано распределение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты, отобранных в июле 2001 г. Определены участки с различными уровнями загрязнения ПХБ. Районы с максимальным содержанием ПХБ расположены в бух.Южной и на участке, прилегающем к Килен-бухте. Изучена зависимость уровней концентраций ПХБ от фракционного состава донных отложений. Дана количественная оценка годового поступления ПХБ в донные осадки Севастопольской бухты.

«Грязная дюжина» – так называют группу из 12 искусственных хлороорганических углеводородов, повсеместно загрязняющих окружающую среду. В неё входят полихлорированные бифенилы (ПХБ), используемые в промышленности [1] и в сельском хозяйстве [2, 3]. Полихлорбифенилы устойчивы к разложению в природных условиях и переносятся на большие расстояния от источников поступления. Накапливаясь в объектах окружающей среды, они оказывают вредное влияние на репродуктивность и развитие живых организмов, подавляют их иммунную систему, оказывают мутагенный и канцерогенный эффекты.

ПХБ попадают в морскую среду со стоками техногенного происхождения, с утечками и выбросами водного транспорта, с атмосферными переносами. Нерастворимые в воде ПХБ в морской акватории находятся во взвешенном состоянии и постепенно оседают в донные осадки, где и происходит их накопление. Поэтому содержание ПХБ в донных отложениях можно рассматривать как интегрированную во времени сумму техногенного воздействия на морские акватории.

В экосистеме Черного моря ПХБ были обнаружены во многих компонентах [4]. В Севастопольской бухте наблюдения за содержанием ПХБ проводили в течение 1988 – 2000 гг. в основном в районах Инкермана, Павловского мыса и Коррозийной станции. По данным этих наблюдений концентрации ПХБ в донных осадках изменялись от 200 до 2040 нг/г сырой массы [5].

Целью настоящей работы являлось исследование пространственного распределения полихлорбифенилов в поверхностном слое донных отложений Севастопольской бухты, выявление районов максимального загрязнения и определение экологической емкости донных отложений Севастопольской бухты в отношении ПХБ.

Материал и методы. 30 проб поверхностного слоя (0 – 5 см) донных отложений Севастопольской бухты были собраны в июле 2001 г. с помощью дночерпателя Петерсена (площадь захвата 0,025 м²). Станции отбора проб охватывали всю площадь бухты. Глубина отбора проб, концентрация ПХБ и ошибки определения представлены в табл. Данные представлены на сухую массу.

© Л.В.Малахова, 2005

Т а б л и ц а . Концентрации ПХБ (Aroclor 1254) в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты (июль 2001 г.).

№ станции	глубина отбора, м	концентрация ПХБ (Aroclor 1254), нг/г сухой массы	ошибка определения, нг/г сухой массы
1	4	287	43
2	6	386	58
3	9,5	2417	363
4	9	431	65
5	4	923	138
6	9	1067	160
7	6,5	3244	487
9	11	1155	173
10	11	2349	352
11	12,5	6826	1024
12	15	7022	1053
13	8	2971	446
14	11	2721	408
15	17,5	2415	362
16	13	5278	792
17	9	1503	225
18	16	5095	764
20	16	3569	535
21	16,5	1462	219
22	16	3949	592
23	17	1162	174
24	5,5	57	9
25	4	233	35
26	12	1072	161
27	16,5	1213	182
28	5,5	501	75
29	13,5	445	67
30	17,5	1258	189
31	4,5	459	69
32	13	2559	384

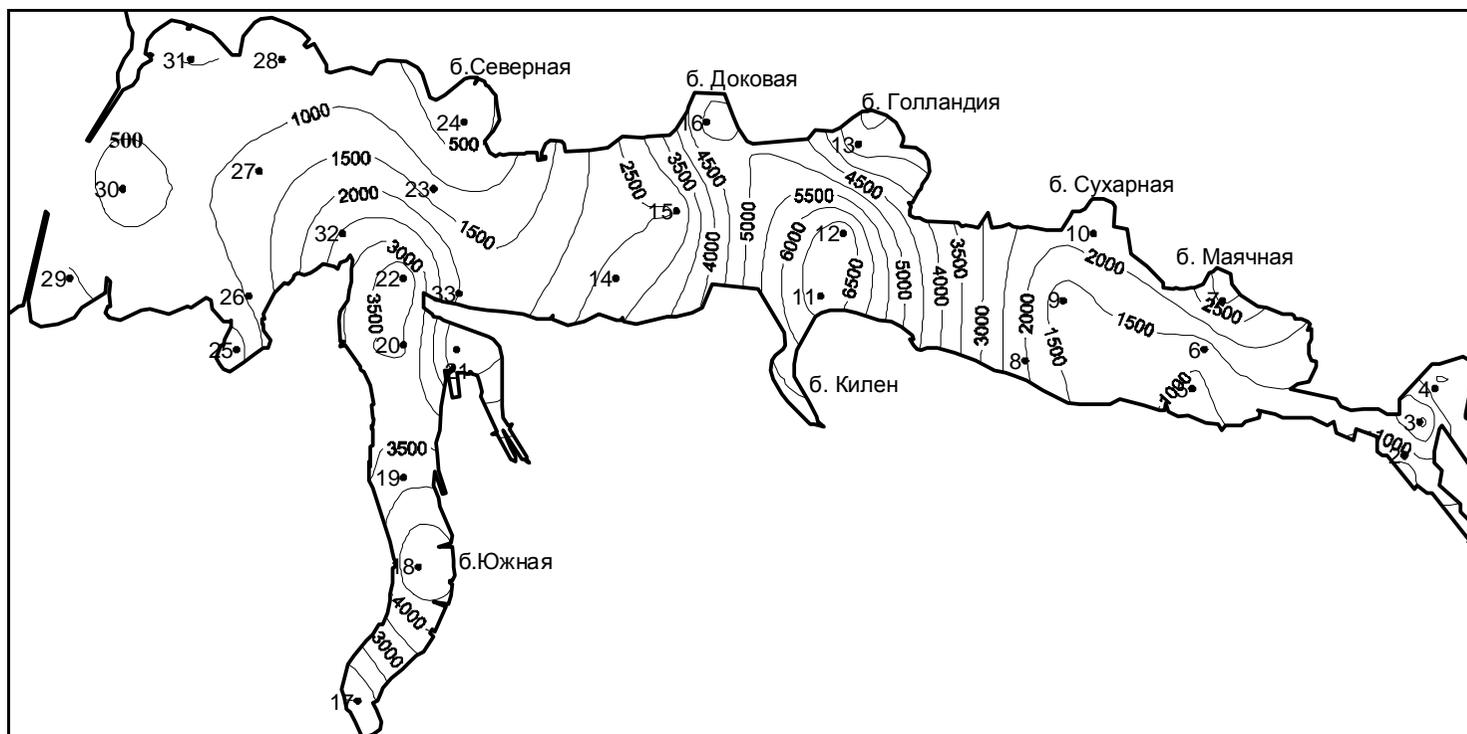
Анализ содержания ПХБ в осадках проводили на газовом хроматографе М3700 с детектором электронного захвата (источник ионизации ^{63}Ni) согласно общепринятой методике [6]. Рассчитывали концентрации ПХБ методом абсолютной калибровки. Стандартом являлась смесь ПХБ Aroclor 1254.

Проведение анализов проб донных отложений, предоставляемых нам лабораторией морской среды МАГАТЭ, позволяет нам проверять качество проводимых исследований. Сравнение результатов анализов тестовых проб на содержание ПХБ показали хорошую сходимость с данными других лабораторий мира [7].

Гранулометрический состав донных отложений был определен ситовым методом разделения грунта на фракции сухим рассеиванием. Ошибка метода составляла 9 %.

Результаты и обсуждение. Результаты наших исследований показали, что распределение ПХБ в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты было неравномерным. Концентрации ПХБ изменялись от 57 до 7022 нг/г сухой массы (табл.). Значение ПДК для ПХБ в донных осадках не установлено. Если ориентироваться на нормированные показатели для почв, ПДК ПХБ для которых составляет 60 нг/г сухой массы [8], то концентрации ПХБ на большинстве станций превысили это значение в среднем в 36 раз.

Наиболее высокое содержание ПХБ было определено в донных осадках бух.Южной (от 1503 на ст.17 до 5095 нг/г на ст.18) и Киллен-бухты (6826 нг/г на ст.11), а также в Доковой (5278 нг/г на ст.16) и Маячной бухтах (3244 нг/г на ст.7) (рис.1). На берегах всех этих бухт расположены судоремонтные и судостроительные предприятия [9, 10], отходы производств которых могут являться потенциальными источниками поступления ПХБ в акваторию бухты. Так, известно, что ПХБ входили в состав красок в качестве токсичного компонента, препятствующего обрастанию корпусов, а также в качестве пластификаторов [1, 2]. Поэтому повышение в этих районах концентраций ПХБ можно связать с проводим-



Р и с . 1 . Распределение ПХБ в эквиваленте *Aroclor 1254* (нг/г сухой массы) в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты в июле 2001 г. 18 • – положение и номер станции отбора проб.

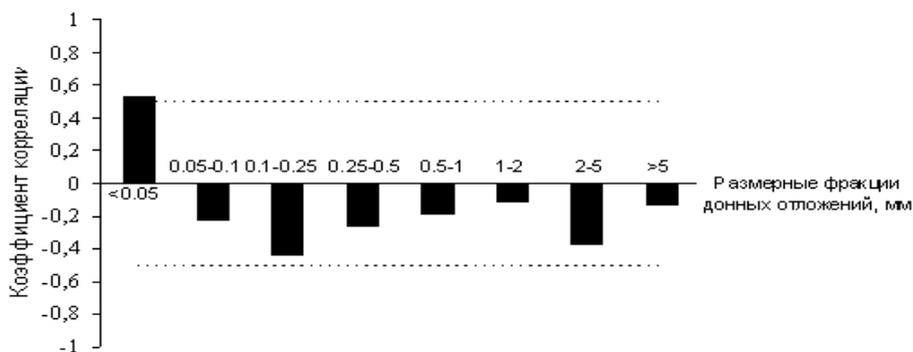
шимися здесь работами по очистке и покраске корпусов, при которых лаки и краски попадали в акваторию бухты.

Минимальная концентрация ПХБ была определена в районе интенсивного судоходства в бух.Северной на ст.24 (рис.1). Донные осадки здесь состояли в основном из песка. Такой тип осадков характеризуется хорошей промываемостью и невысокой сорбционной емкостью. Возможно, поэтому, не смотря на высокую антропогенную нагрузку, в этом районе полихлорбифенилы в донных отложениях не накапливаются.

Нами было изучено влияние гранулометрического состава осадков севастопольских бухт на накопление ПХБ. График изменения зависимости коэффициентов корреляции между гранулометрическим составом осадков и содержанием полихлорбифенилов показал, что на границе раздела песчаных с размером частиц от 0,05 до 0,1 мм и глинистых фракций меньше 0,05 мм происходит резкое, скачкообразное изменение содержания ПХБ (рис.2). Положительная зависимость между содержанием алеврито-пелитовой фракции размерностью меньше 0,05 мм и концентрацией ПХБ ($r = 0,53$) является свидетельством высокой аккумулялирующей способности полихлорбифенилов мелкодисперсными фракциями осадков бухты.

Сорбция осадками, по-видимому, является важным, но не определяющим фактором распределения ПХБ в донных отложениях бухты. Так, на ст.28 и 29, не смотря на высокое содержание алеврито-пелитовых фракций в осадке (45 и 61 %), концентрации ПХБ были относительно невысокими и составляли 501 и 445 нг/г соответственно. Такое содержание ПХБ объясняется, очевидно, отсутствием близкорасположенных источников поступления загрязняющих веществ и влиянием более чистых вод внешнего рейда. Пониженные концентрации ПХБ наблюдались также в кутовой части бухты на ст.1, 2, 4, что, возможно, связано с поступлением незагрязненных техногенными отходами вод р.Черной.

На основании данных, опубликованных ранее [5], и вышеизложенного материала, была проведена оценка потока ПХБ, ежегодно поступающих в поверхностный слой донных осадков бухты. По нашим данным, при средней скорости осадконакопления в районе Павловского мыса, равной 0,24 см/год, на каждом м² акватории ежегодно оседает 607 г сухой массы взвесей. Средняя концентрация ПХБ в поверхностном слое осадков Сева-



Р и с . 2 . Изменение коэффициента корреляционной связи между концентрацией ПХБ в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты (июль 2001 г.) и гранулометрическим составом осадков. Пунктирная линия – уровни значимости коэффициентов корреляции ($p(0,05) = 0,50$).

стопольской бухты в июле 2001 г., рассчитанная на сухую массу, составила 2134 нг/г. Таким образом, в год на 1 м² поверхности донных осадков осажается 1,3 мг ПХБ. На всю бухту в год выпадает ориентировочно 9 кг ПХБ.

Выводы. Пространственное распределение полихлорбифенилов в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты в июле 2001 г. было неравномерным. Районы максимальных концентраций ПХБ в донных отложениях Южной и центральной части главной Севастопольской бухты связаны как с локальными для этих участков источниками поступления ПХБ (судостроительными и судоремонтными предприятиями), так и с повышенным содержанием алевро-пелитовых фракций в донных осадках указанных районов, сорбирующих полихлорбифенилы. Минимальные концентрации ПХБ обнаружены в донных отложениях, состоящих в основном из песка.

На основании уровней загрязнения донных осадков Севастопольской бухты в июле 2001 г. проведена оценка годового поступления ПХБ в поверхностный слой донных отложений, которое составило около 9 кг, что количественно характеризует экологическую емкость акватории в отношении этих хлорированных углеводородов.

Автор благодарит специалистов гидрохимиков отдела гидрофизики шельфа МГИ НАН Украины за предоставленный материал для исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Промышленные* хлорорганические продукты.– М.: Химия, 1978.– С.541-544.
2. *Hornstein I., Sullivan W.N.* The role of chlorinated polyphenyls in improving lindan residues // *J. Econ. Entomol.*– 1953.– 46.– P.937-940.
3. *Lichtenstein E.P., Schulz K.R., Fuhrema T.W., Liang T.T.* Biological interaction between plasticides and insecticides // *J. Econ. Entomol.*– 1969.– 62.– P.761-765.
4. *Поликарпов Г.Г., Жерко Н.В.* Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря хлорорганическими ксенобиотиками // *Экология моря.*– 1996.– 45.– С.92-100.
5. *Жерко Н.В., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Малахова Л.В.* Полихлорбифенилы в компонентах экосистемы Севастопольской бухты // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С.153-158.
6. *Унифицированные* методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды.– М.: Гидрометеиздат, 1986.– С.82-95.
7. *Zherko N.V., Malakhova L.V.* Results of organochlorine compounds in sediment sample IAEA-417 // *Villeneuve J., de Mora S., Cattini C.* World-wide and regional intercomparison for the determination of organochlorine compounds and petroleum hydrocarbons in sediment sample IAEA-417.– Vienna, Austria, 2002.– P.23-28.
8. *Предельно допустимые* концентрации химических веществ в почве.– М.: Минздрав, 1985.– 31 с.
9. *Овсяный Е.И., Романов А.С., Игнатьева О.Г.* Распределение тяжелых металлов в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты (Черное море) // *Морской экологический журнал.*– 2003.– 2, № 2.– С.85-101.
10. *Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р.Я. и др.* Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С.138-152.

Материал поступил в редакцию 17.02.2005 г.