

Л.В.Малахова

Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

**СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ
ХЛОРООРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
УКРАИНСКОГО ШЕЛЬФА ЧЁРНОГО МОРЯ**

Обобщены многолетние данные по концентрации пяти конгенов ПХБ и ΣДДТ в поверхностном слое донных осадков в открытых прибрежных районах и бухтах Крыма, а также придунайской области Чёрного моря. Выявлены области высокого содержания хлорорганических соединений в бухтах Севастополя, придунайском районе и портовой области Феодосийского залива. Проведено сравнение загрязнённости исследованных районов с допустимыми уровнями по «голландским листам».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Чёрное море, прибрежные районы, Севастопольские бухты, придунайский район, донные отложения, полихлорбифенилы, ДДТ.*

Одними из наиболее распространенных стойких органических загрязнителей (СОЗ) являются полихлорированные бифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды (ХОП), к которым относятся п,п'-ДДТ (ДДТ) и его метаболиты п,п'-ДДЭ (ДДЭ) и п,п'-ДДД (ДДД). ПХБ производили в промышленных масштабах, начиная с конца 30-х гг. прошлого века, ДДТ – после Второй Мировой войны, и в течение нескольких десятилетий они экстенсивно использовались для различных целей во всем мире. СОЗ, попадающие в окружающую среду, в силу высокой токсичности и способности к биоаккумуляции вызывали ряд экологических проблем, связанных, в том числе, с нарушением репродуктивных функций живых организмов [11]. В связи с этим с 1970-х годов в наиболее развитых странах их производство и использование было ограничено, и в настоящее время на международном уровне был принят ряд соглашений и программ по сокращению или полному прекращению их использования, а также контролю над содержанием этих соединений в природной среде [17].

СОЗ попадают с прибрежные воды морских экосистем с речным стоком, с выпусками сточных вод, со сбросами в районах дампинга, с атмосферными выпадениями. ПХБ и ДДТ являются неполярными соединениями, их низкая растворимость в воде и значительные адгезионные свойства приводят к тому, что они адсорбируются на взвешенных частицах и с ними оседают на дно, где остаются в неизменном состоянии достаточно длительное время. ДДТ и его метаболиты начиная с 50 – 60-х гг. прошлого века обнаруживались в воде, донных отложениях и биоте практически всех морских экосистем [18]. Известно, что деградация ПХБ в морских экосистемах по сравнению с другими органическими соединениями происходит крайне медленно и в восстановительных условиях они могут сохраняться многие десятилетия [1313].

В литературе имеются данные по оценке содержания и пространственного распределения ПХБ в эквиваленте смесей Ароклор 1254 и 1260 в донных осадках украинской зоны Чёрного моря [12, 3, 7, 12]. Но в настоящее время

Международным советом по изучению моря (*International Council for the Exploration of the Sea, ICES*) для мониторинга состояния морских экосистем рекомендовано семь индивидуальных конгенов ПХБ, по номенклатуре *IUPAC* – это ПХБ 28, 52, 101, 118, 138, 153 и 180 [14]. В украинском регионе Чёрного моря ранее не проводили определений отдельных конгенов ПХБ.

Целью данной работы являлась оценка особенностей распределения ПХБ, рекомендованных *ICES*, и ДДТ и его метаболитов в донных отложениях Чёрного моря в современный период.

Материалы и методы. Пробы донных отложений были отобраны в экспедиционных исследованиях в разные сезоны 2005 – 2011 гг. в прибрежных районах Крымского п-ова, в придунайской зоне и прилегающих к ней участках СЗЧМ, в Керченском проливе, в бухтах Феодосийской, Балаклавской, Стрелецкой, Севастопольской и в Каркинитском заливе.

Отбор проб поверхностного слоя (0 – 5 см) донных отложений проводили пробоотборником ДШ-3, дночерпателем ДЧ-0,025, а также с помощью трубчатого пробоотборника гравитационного типа, позволяющего отбирать керны с ненарушенной структурой. После извлечения керны донных отложений разделяли на отдельные горизонты с интервалом 1, 2 или 3 см. Для анализа пространственного распределения отобрали слои 0 – 1 см.

Все пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и анализировали на содержание ХОС методом газовой хроматографии в соответствии с международным стандартом *ISO 10382-2002* [44] и на содержание органического углерода методом Тюрина, после окисления хромово-серноокислой смесью по модификации Орлова [89]. Концентрация ПХБ в работе представлена как сумма пяти конгенов Σ ПХБ₅: 101, 118, 138, 153 и 180, Σ ДДТ – как сумма исходного пестицида п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД. Ошибка определения ХОС не превышала 15 %.

Большое внимание уделялось проверке качества данных. Критерием точности получаемой информации являлась правильность результатов межлабораторных исследований на содержание ХОС в контрольных пробах донных отложений, предоставляемых морской лабораторией МАГАТЭ [1515].

Схемы станций и карты распределения ХОС выполнены с помощью программы «Гидролог» [910].

Результаты и обсуждение. Донные отложения в исследованных открытых прибрежных районах Крыма были представлены песчанистыми алевроито-пелитовыми илами, в Каркинитском заливе – желтыми песками, в бухтах Севастополя – чёрными и темно-серыми илами, часто с вкраплениями остатков техногенного материала.

Основным путем поступления ХОС в донные отложения является седиментация загрязнителей из воды с взвешенным веществом как биогенного, так и минерального происхождения. В исследуемый период содержание и пространственное распределение ХОС в донных осадках характеризовалось существенной неоднородностью.

Так, в поверхностном слое донных отложений (0 – 2 см) открытых участков прикрымского района в июле 2010 г. во всех 10 точках отбора от Карадага до Евпатории обнаружены ХОС. Концентрация Σ ДДТ изменялась от

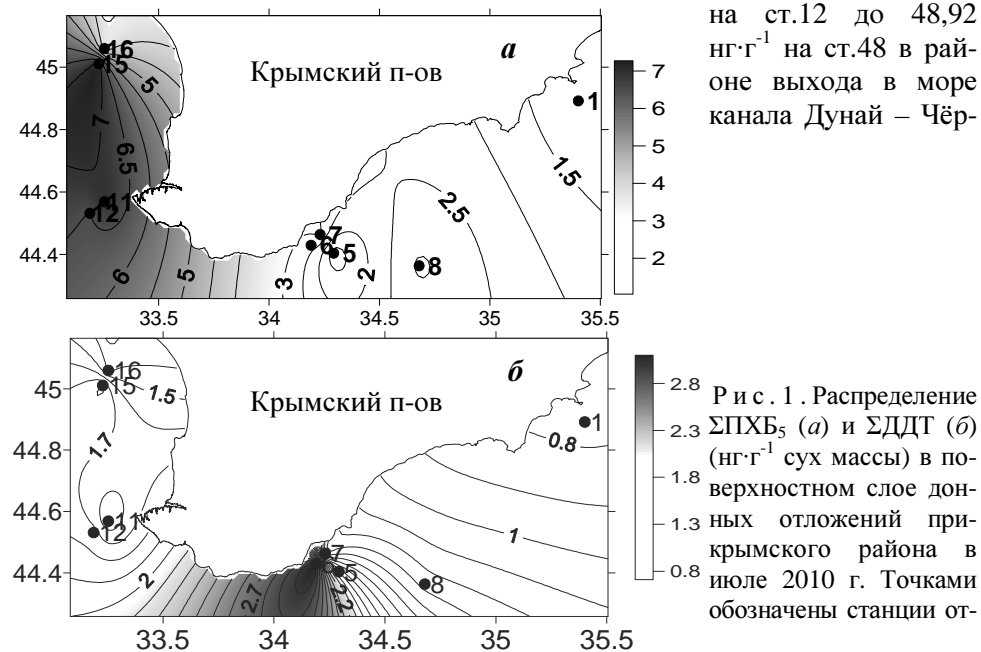
0,76 до 4,15 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ (здесь и далее на сухую массу), при среднем значении составляющем 1,93 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$. В сумме ДДТ преобладали метаболиты ДДЭ и ДДД, что свидетельствует о давнем поступлении в грунт исходного пестицида ДДТ. Содержание $\Sigma\text{ПХБ}_5$ варьировало от 1,06 до 7,28 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, среднее значение составило 3,95 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Максимальная концентрация $\Sigma\text{ПХБ}_5$ наблюдалась в западной части исследованного района на ст. 11 и 15 (рис.1).

Учитывая, что в воде этих же районов концентрация $\Sigma\text{ДДТ}$ изменялась от 0,05 до 4,68 $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$, $\Sigma\text{ПХБ}_5$ – от $< 0,05$ до 3,29 $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$, коэффициенты накопления $\Sigma\text{ПХБ}_5$ в донных осадках составили от $2\cdot 10^2$ в прибрежном районе Ялты (ст.5) до $1,5\cdot 10^4$ в районе Карадага (ст.1), для $\Sigma\text{ДДТ}$ – от $6\cdot 10^2$ на ст.5 до $6\cdot 10^3$ на ст.16. Высокое накопление ХОС в донных отложениях, по-видимому, связано с уникально высокой скоростью современного осадко-накопления в прибрежных районах Чёрного моря, которая достигает у дельты Дуная $11,5 \text{ мм}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$ [21].

Оценка экологического состояния окружающей среды предполагает сравнение уровней её загрязнённости с определенными нормами. В настоящее время в Украине отсутствуют экологические нормативы, определяющие уровни допустимого содержания ХОС в морских донных осадках. В международной практике допустимыми уровнями (ДУ) по так называемым "голландским листам" [1516], принято считать концентрацию $\Sigma\text{ПХБ}$ меньше 20, $\Sigma\text{ДДТ}$ – меньше 2,5 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы. Критическим уровнем загрязнения полихлорбифенилами считается 2000, $\Sigma\text{ДДТ}$ – 250 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы. ДУ по уровню загрязнённости ПХБ не был превышен в донных осадках прикрымского района в 2010 г. Концентрация ДДТ в этот период в полтора раза превышала ДУ в одной точке – в районе глубоководного выпуска г. Ялты.

В октябре 2010 г. на украинском участке дельты Дуная и в прилегающих районах северо-западной части Чёрного моря градиент концентрации $\Sigma\text{ПХБ}_5$ был направлен к устью Дуная. Содержание $\Sigma\text{ПХБ}_5$ изменялось от 0,31

на ст.12 до 48,92 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ на ст.48 в районе выхода в море канала Дунай – Чёр-



бора пробы, номера станции приведены согласно схеме 64 рейса НИС «Проф. Водяницкий».

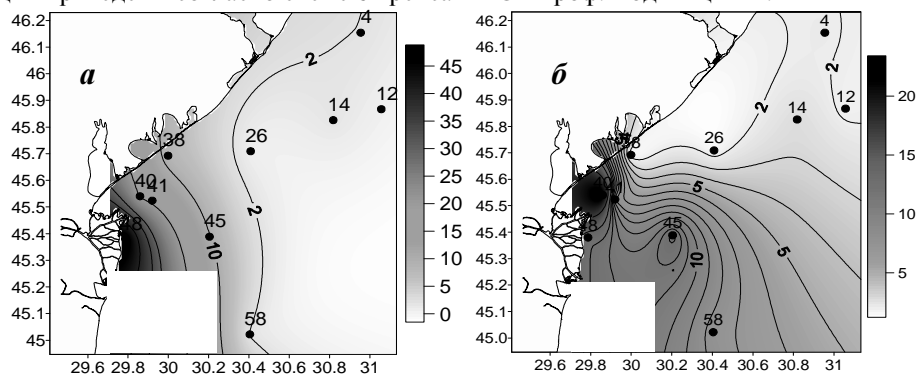


Рис. 2. Распределение Σ ПХБ₅ (а) и Σ ДДТ (б) ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сух массы) в поверхностном слое донных отложений придунайского района и прилегающей к нему северо-западной части Черного моря в октябре 2010 г. Точками обозначены станции отбора проб, номера станций приведены согласно схеме при проведении 67 рейса НИС «Проф. Водяницкий».

ное море (рис.2, а). Большую долю в сумме ПХБ составляли гексахлорированные конгенеры ПХБ 138 и 153, в среднем 45 % приходилось на ПХБ 153.

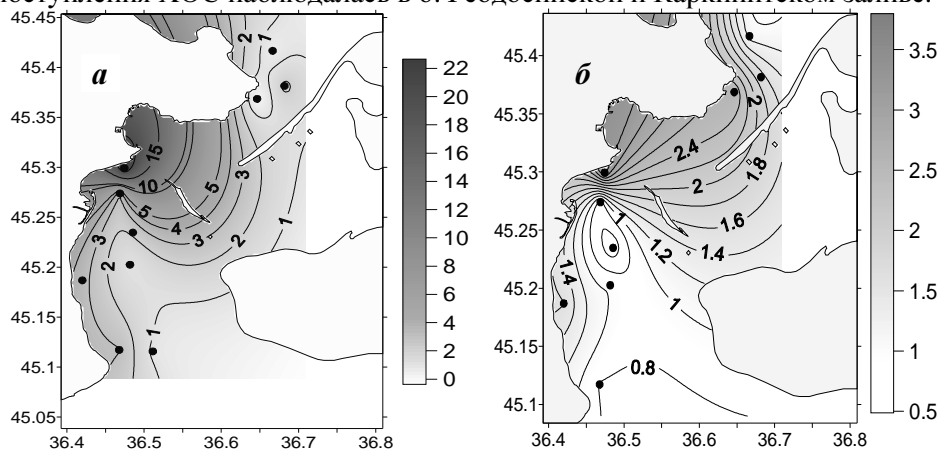
Распределение суммы п,п'-ДДТ и его метаболитов в придунайском районе показано на рис.2, б. Содержание Σ ДДТ изменялось в широких пределах от 1,53 до 23,74 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, при среднем значении 14,84 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Максимальная концентрация Σ ДДТ обнаружена на ст.40 в районе выхода из б.Жебриянской. Высокие значения Σ ДДТ, превысившие ДУ в 3 и 5 раз, определены также на ст.41 и 48 соответственно. По-видимому, такое распределение ХОС связано с влиянием стока Дуная и сорбцией малорастворимых ХОС в алеврито-пелитовых илах в зоне, прилегающей к дельте.

Обнаруженные нами уровни содержания ДДТ в донных осадках оказались в три раза ниже по сравнению с 2007 г., когда по данным [45] концентрация Σ ДДТ в дельте Дуная изменялась от 0,6 до 209,4 при среднем 43,4 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$.

В Керченском проливе и районах интенсивного водообмена с открытым морем концентрации ХОС оказались значительно ниже, чем в зоне, подверженной влиянию Дуная.

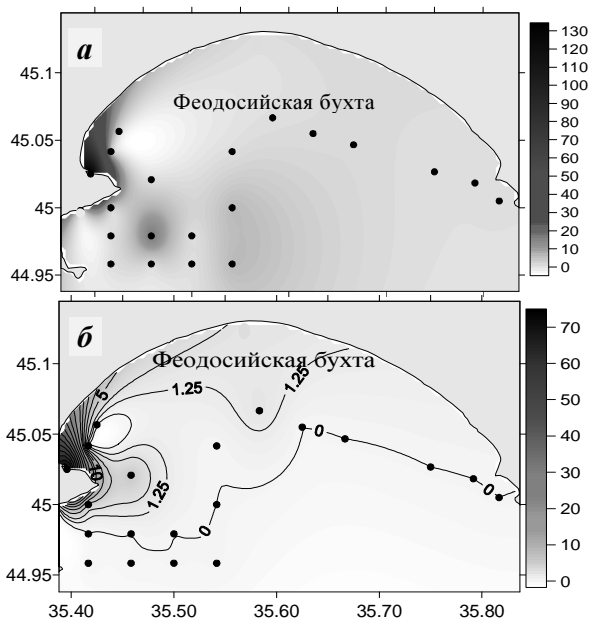
В декабре 2009 г. в Керченском проливе концентрация Σ ПХБ₅ не превысила 5 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, за исключением района б.Камыш-Бурунской, где содержание ПХБ было несколько выше принятого ДУ для донных осадков и составило 23 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Уровень Σ ДДТ в донных осадках был невысоким и изменялся от 0,48 до 3,52 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, при среднем значении 1,67 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ (рис.3). Максимальная концентрация Σ ДДТ была обнаружена, как и для Σ ПХБ₅, в Камыш-Бурунской бухте. Факторами, определяющими высокую загрязненность ХОС в этом районе, могут быть наличие локального источника загрязнения и высокое содержание илистой фракции в донных осадках, которые, как показали наши исследования, обладают большой сорбционной емкостью в отношении ХОС [78]. В других исследованных районах Керченского пролива донные отложения состояли из песчаной фракции, характеризующейся хорошей промываемостью и слабой сорбционной способностью.

Такая же привязка района высокого загрязнения к точечному источнику поступления ХОС наблюдалась в б.Феодосийской и Каркинитском заливе.



Р и с . 3 . Распределение Σ ПХБ₅ (а) и Σ ДДТ (б) ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы) в поверхностном слое донных отложений Керченского пролива в декабре 2009 г.

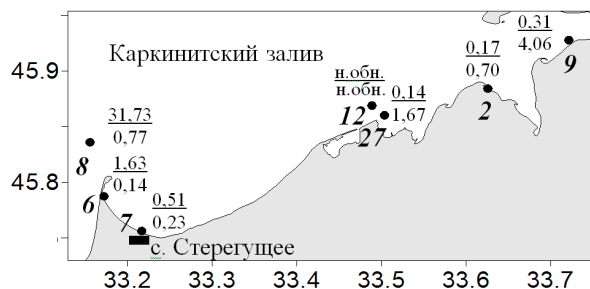
В б.Феодосийской, где в целом концентрация ПХБ не превышала $2 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, ДДТ – $3,3 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, в районе порта Феодосии определено высокое содержание ПХБ ($141 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$) и ДДТ ($79 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$) (рис.4), которое на один – два порядка превышало концентрации ХОС в других исследованных районах бухты. По-видимому, в районе порта имелся локальный источник поступления ХОС,



Р и с . 4 . Распределение Σ ПХБ₅ (а) и Σ ДДТ (б) ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы) в поверхностном слое донных отложений б.Феодосийской (декабрь 2006 г.). Точками обозначены станции отбора проб.

которые в силу своих физико-химических свойств, а также, очевидно, в силу гидрологических условий района оседали вблизи места попадания в бухту, не распространяясь по всей акватории.

В донных отложениях Каркинитского залива, представленных в основном крупнозернистым песком, на шести станциях содержание Σ ПХБ₅ изменялось от $0,17$ до $31,73 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, Σ ДДТ – от $0,14$ до $4,06 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, на ст.12 – ХОС не были обнаружены (рис.5). Концентрация ПХБ на ст.2, 9, 6, 7, 27 была далеки до ДУ, что свидетельствовало об отсутствии источников загрязнения. Но на ст.8, расположенной в непосредственной близости от затоп-



ленного судна, была обнаружена высокая концентрация ПХБ – 31,73 нг·г⁻¹. Данный факт объясняется, очевидно, поступлением ХОС в акваторию в течение длитель-

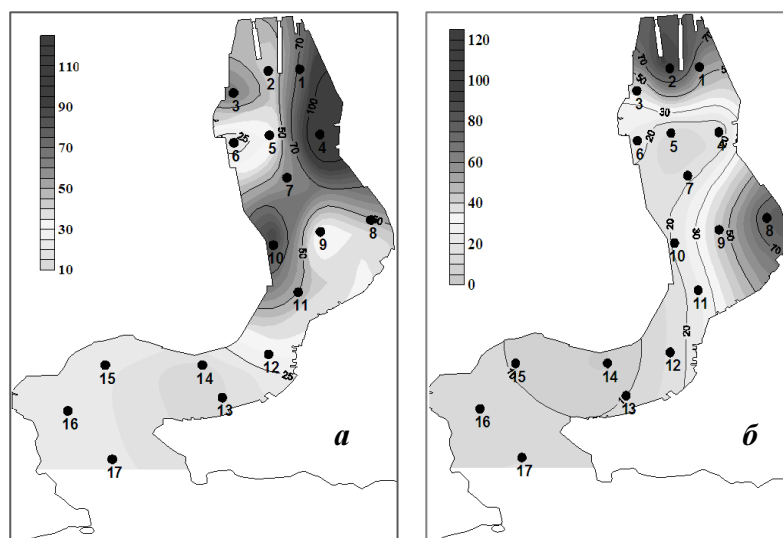
Р и с . 5 . Распределение ΣПХБ₅ (над чертой) и ΣДДТ (под чертой) (нг·г⁻¹ сух. массы) в поверхностном слое донных отложений Каркинитского залива в сентябре 2007 – августе 2008 г. Курсивом обозначены номера станций.

ного времени из локального источника. Таковым может являться оборудование с затопленного судна: изоляционные материалы, лакокрасочное покрытие, разрушающиеся конденсаторы, которые в своём составе имели ПХБ.

На ст.9, расположенной вблизи от выпуска очистных сооружений г.Красноперекопска, обнаружена концентрация ΣДДТ, превышающая в полтора раза значение ДУ.

За период исследований максимальное содержание ХОС наблюдалось в бухтах закрытого типа: Балаклавской, Стрелецкой и Севастопольской. Многочисленные источники загрязнения, а также ограниченный водообмен с открытым морем привели к образованию в донных отложениях бухт обширных зон чрезвычайно высокого содержания ХОС.

В б.Балаклавской в 2005 – 2010 гг. концентрация ΣПХБ₅ в донных осадках изменялась от 8,7 до 109,5 при средней 59,3 нг·г⁻¹, ΣДДТ – от 4,4 до 103,2 при среднем значении 35,5 нг·г⁻¹. Такое содержание ХОС значительно превышало концентрации в донных отложениях на выходе из бухты в открытом районе, составляющие 2,7 нг·г⁻¹ для ПХБ и 3,5 нг·г⁻¹ для ДДТ. Максимальные концентрации ХОС определены в вершине бухты и её центральной части (рис.6).

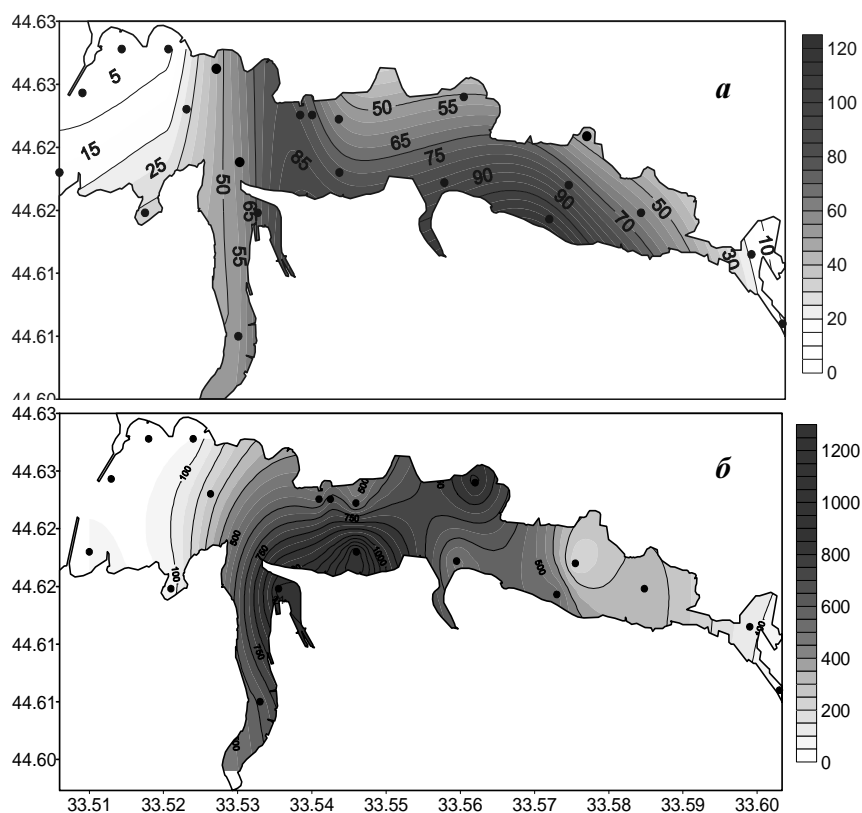


Р и с . 6 . Распределение $\Sigma\text{ПХБ}_5$ (а) и $\Sigma\text{ДДТ}$ (б) ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы) в поверхностном слое донных отложений б.Балаклавской бухты (2005 – 2010 г.). Точками обозначены станции отбора проб.

По нашим и литературным данным в системе Севастопольских бухт б.Стрелецкая является одной из наиболее подверженных антропогенному прессу. В акваторию бухты поступают неочищенные сточные воды от двух хозяйственно-бытовых выпусков, а в кутовой части долго функционировали два выпуска сточных водливневой канализации [6]. Вследствие этого в донных отложениях накоплено значительное количество загрязнителей, в том числе ПХБ и ХОП. Так, в 2008 г. в центральной части бухты, где донные осадки представлены чёрными илами, концентрация $\Sigma\text{ПХБ}_5$ достигала 121, $\Sigma\text{ДДТ}$ – 51 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$.

Самые высокие концентрации ХОС за весь период наблюдений были обнаружены в б.Севастопольской. На карте распределения ПХБ, построенной по данным 2006 – 2011 гг., четко выделяются два района чрезвычайно загрязненных ПХБ: центральная часть бухты и б.Южная (рис.7, б). В этих районах расположены многочисленные источники поступления ХОС в бухту: судостроительные и судоремонтные предприятия, хозяйственные и городские стоки и др.

Концентрация $\Sigma\text{ПХБ}_5$ в донных осадках б.Севастопольской изменялась от 32 до 1267 при средней 402 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, $\Sigma\text{ДДТ}$ – от 8 до 124 при среднем значе-



Р и с . 7 . Распределение Σ ДДТ (а) и Σ ПХБ₅ (б) (нг·г⁻¹ сухой массы) в поверхностном слое донных осадков б.Севастопольской в 2006 – 2011 гг. ● – место отбора проб. Средняя концентрация Σ ДДТ – 64 ± 10 нг·г⁻¹, Σ ПХБ₅ – 402 ± 45 нг·г⁻¹.

Т а б л и ц а 1 . Концентрация ХОС (\pm – ошибка определения) в донных отложениях б.Севастопольской в 2006 – 2011 гг.

район	дата	Σ ПХБ ₅ , нг·г ⁻¹ сухой массы	Σ ДДТ, нг·г ⁻¹ сухой массы
центр	октябрь, 2006 г.	504 ± 75	123 ± 18
б.Севастопольской,	июль, 2008 г.	511 ± 76	144 ± 22
на траверзе	июль, 2009 г.	404 ± 61	$11,5 \pm 1,7$
б.Голландия	июль, 2011 г.	459 ± 69	нет данных
	октябрь, 2006 г.	$22,9 \pm 3,4$	$1,4 \pm 0,2$
выход из	июль, 2008 г.	$23,8 \pm 3,5$	$6,7 \pm 1,1$
б.Севастопольской	июль, 2011 г.	$29,0 \pm 4,3$	нет данных

нии 64 нг·г⁻¹. Максимальное содержание ПХБ обнаружено в б.Южной (1078 нг·г⁻¹) и в центральном районе б.Севастопольской (1267 нг·г⁻¹). Как показывают данные, концентрация как ПХБ, так и ДДТ во всем диапазоне определенных значений во много раз превышала ДУ.

В данной работе впервые представлены данные по пространственному распределению ДДТ в донных отложениях б.Севастопольской (рис.7, а). Район максимального содержания ДДТ наблюдался в центральной части б.Севастопольской. На рис.7, а он оконтурен изолинией $75 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$.

Ряд наблюдений за уровнем загрязнения двух выбранных реперных районов б.Севастопольской с 2006 г. позволил оценить динамику изменения в отношении содержания ПХБ в донных отложениях. Как в наиболее загрязненной центральной части, так и в районе выхода из бухты, концентрация $\Sigma\text{ПХБ}_5$ не изменилась за последние 5 лет (табл.1), что свидетельствует об устойчивости ПХБ в условиях донных отложений.

В отличие от ПХБ, концентрация ДДТ в центральной части бухты значительно снизилась (табл.1). Такое изменение необходимо подтвердить дополнительными исследованиями.

Таким образом, в современный период по уровню концентраций ХОС наиболее загрязненными оказались донные отложения Севастопольской бухты, где за период с 2006 по 2011 гг. в среднем сумма ПХБ составила 410 и сумма ДДТ $64 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, наименее – в Каркинитском заливе (сумма ПХБ в среднем составила 0,15, сумма ДДТ и его метаболитов $1,63 \text{ нг г}^{-1}$).

Выводы. Во всех изученных районах Чёрного моря в поверхностном слое донных отложений (0 – 2 см) обнаружены антропогенные хлорорганические ксенобиотики. Региональные отличия в пространственном распределении как $\Sigma\text{ПХБ}_5$, так и $\Sigma\text{ДДТ}$ определялись в первую очередь наличием источников их поступления в морскую среду. Зоны чрезвычайно высокой загрязненности ХОС, определенные в бухтах закрытого типа со слабым водообменом: Балаклавской, Стрелецкой, Севастопольской, связаны с интенсивностью антропогенного пресса на протяжении многих десятилетий. Кроме того, в районах с интенсивным водообменом найдены зоны высоких концентраций, которые связаны с локальными источниками поступления ХОС в акваторию моря: районы порта г.Феодосии и Каркинитского залива, прилегающие к затопленному судну. Сравнение концентрации ХОС позволяет расположить исследованные районы в порядке убывания загрязненности их донных осадков в следующей последовательности: б. Южная \geq центральная часть б.Севастопольской \gg б.Стрелецкая \geq портовая часть б.Феодосийской $>$ б.Балаклавская \gg устьевой район Дуная $>$ б.Камыш-Бурунская = участок Каркинитского залива рядом с затопленным судном $>$ Керченский пролив = открытые участки прикрымского района = СЗЧМ \geq Каркинитский залив.

Благодарность. Автор выражает благодарность своим коллегам В.Н.Егорову, Т.В.Малаховой, Н.А.Стокозову, В.Н.Поповичеву, И.Н.Мосейченко, И.Г.Сидорову, В.Ю.Проскурнину, Н.К.Ревкову, сотрудникам отдела биогеохимии МГИ НАНУ за организацию и проведение работ по отбору проб донных отложений и помощь в их первичной обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулин С.Б. Исследование процессов эвтрофикации, радиоактивного и химического загрязнения Черного моря с использованием природных и антропогенных радиотрассеров: Дис... д-ра биол. наук.– Севастополь, 2002.– 268 с.

2. Жерко Н.В., Малахова Л.В., Бочко О.Ю. Сравнительная оценка степени загрязнения мидий и донных осадков акваторий Карадагских и Севастопольских бухт хлорорганическими соединениями // Экология моря.– 2002.– вып.61.– С.81-84.
3. 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.– 2001.– вып.2.– С.153-158.
4. Качество грунта. Определение хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов. Газохроматографический метод с детектированием захватом электронов. (ISO 10382:2002, IDT).
5. Кипнис Л.С., Коновец И.Н., Гончарова М.Т., Ляшенко А.В., Терлецкая А.В., Милукин М.В. Сравнительная оценка токсичности донных отложений Днепробугского лимана и украинского участка дельты Дуная // IV междунар. конф. “Современные проблемы гидроэкологии”, 11-15 октября 2010 г.– СПб., 2010.– С.81.
6. Куфтаркова Е.А., Родионова Н.Ю., Губанов В.И., Бобко Н.И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане.– Керчь: ЮГНИРО, 2008.– т.46.– С.110-117.
7. Малахова Л.В. Распределение полихлорированных бифенилов в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– вып.12.– С.268-272.
8. Малахова Л.В. Содержание и распределение хлорорганических ксенобиотиков в компонентах экосистем Чёрного моря: автореф. дис....канд. биол. наук. – Севастополь, 2006. – 24 с.
9. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса.– М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
10. Belokopytov V.N. "Oceanographer": applied software for oceanographic surveys // Internat. Symp. on Information Technology in Oceanography: Abstr. 12-16 Oct. 1998. Goa, India.– Goa, 1998.– P.79.
11. Bonde J.P., Toft G. DDT and Reproductive Health // Encyclopedia of Environmental Health.– 2011.– P.1-5.
12. Burgess R., Terletskaia A., Milyukin M., Povolotskii M., Demchenko V., Bogoslavskaya T., Topkin Yu., Vorobyova T., Petrov A., Lyashenko A., Ho K. Concentration and distribution of hydrophobic organic contaminants and metals in the estuaries of Ukraine // Marine Pollution Bulletin.– 2009.– v.58.– P.1103-1115.
13. Erickson, M.D., Analytical Chemistry of PCBs.– CRC Press Inc., Boca Raton, 1997.– P.17-96.
14. Report of the ICES Advisory Committee. Book 1.– ICES Advice, 2008.– P.84-89.
15. Malakhova L.V. Results of chlorinated pesticides and of PCB in sediment sample IAEA-159 // World-wide and regional intercomparison for the determination of organochlorine compounds, petroleum hydrocarbons and sterols in sediment sample IAEA-159. Eds by Villeneuve J., Oh J., Cattini C.– Vienna, Austria, 2007.– P.25-38.
16. Neue Niederlandische Liste, Altlasten Spektrum 3/1995 // PTS limits and levels of concern in the environment, food and human tissues.– 3.– P.29-32. www.amap.no/documents.
17. Stockholm Convention.– UNEP, 2008. <http://chm.pops.int/>

18. *Zitko V.* Marine pollution / Marine Chemistry. The Handbook of Environmental Chemistry. Ed. by Hutzinger O.— Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000.— P.75-109.

Матеріал поступил в редакцию 20.10.2012 г.
После доработки 25.11.2012 г.

АНОТАЦІЯ Узагальнені багаторічні дані по концентрації п'яти конгенерів ПХБ і ΣДДТ в поверхневому шарі донних відкладів у відкритих прибережних районах і бухтах Криму, а також придунайської області Чорного моря. Виявлено області високіх концентрацій хлорорганічних сполук у бухтах Севастополя, придунайському районі та в портовій галузі Феодосійської затоки. Проведено порівняння забрудненості досліджених районів з допустимими рівнями по «голландським листам».

ABSTRACT. The article present long-term study of ΣPCB₅ and ΣDDT contamination of surface bottom sediment in open coastal areas and bays of the Crimea, Danube delta area. High organochlorine concentrations were found in Sevastopol bays, Danube delta area and Feodosiya port area. Comparison of contamination in the study regions with permissible levels of polluting substances on "the Dutch sheets" is spent.