

МОНИТОРИНГ ХЛОРООРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ АКВАТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИДИЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* В КАЧЕСТВЕ ВИДА-ИНДИКАТОРА

Л. В. Малахова¹, Т. В. Малахова¹, Е. С. Щурова², А. К. Карамышев¹

¹ Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ,
malakh2003@list.ru

² Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, РФ

Загрязненность морской среды хлорорганическими соединениями (ХОС) вызывает большую озабоченность в связи с их способностью к биоаккумуляции и токсическим воздействием на морские организмы различных трофических уровней. В работе представлены результаты мониторинга 6 конгенов полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ и ДДД) в прибрежных районах Севастопольской морской акватории в 2011 и 2014 гг. с использованием мидий *Mytilus galloprovincialis* в качестве вида-индикатора. ХОС в пробах гепатопанкреаса (ГП), гонад и жабер мидий определяли методом высокоэффективной газовой хроматографии с ДЭЗ. Массовую долю жиров определяли экстракционно-весовым методом. Во всех пробах мидий были обнаружены ХОС, содержание которых в органах оказалось неоднородным. Уровень концентрации ХОС увеличивался в ряду ГП $\geq$ гонады $>$ жаберы в соответствии с увеличением в этом ряду жирности органов. Диапазоны концентрации Σ ПХБ₆ составляли от 0,21 до 459 и Σ ДДТ – от 0,6 до 13,2 нг·г⁻¹ сырой массы. Концентрация ПХБ во всех пробах превышала содержание ДДТ, что свидетельствовало о превалировании техногенного воздействия на акваторию над сельскохозяйственным. Экологическая ситуация в различных районах Севастопольской морской акватории в отношении ХОС отличалась и определялась наличием локальных источников их поступления в водную массу. Высокие концентрации ХОС в мидиях свидетельствовали о таких источниках в бухтах Мартыновой, Карантинной и Голубой.

Ключевые слова: Севастопольская прибрежная акватория, *Mytilus galloprovincialis*, полихлорированные бифенилы, ДДТ

Загрязнение морской среды токсичными химическими веществами является глобальной проблемой [1]. В частности, относящиеся к стойким органическим загрязнителям хлорорганические соединения (ХОС), вызывают большую озабоченность в связи с их способностью к биоаккумуляции и токсическим воздействием на морские организмы различных трофических уровней.

ХОС включены в приоритетный список загрязнителей, подлежащих контролю в объектах окружающей среды. К ним относятся такие устаревшие хлорорганические пестициды (ХОП), как п,п'-ДДТ и его метаболиты: п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД (далее ДДТ, ДДЭ и ДДД) и полихлорированные бифенилы (ПХБ), насчитывающие 209 конгенов, разных по токсичности и распространенности в окружающей среде. Эти высокоустойчивые в условиях окружающей среды соединения до недавнего времени широко использовались в качестве пестицидов или в промышленности.

Впервые в экосистеме Черного моря ХОС были обнаружены более сорока лет назад сотрудниками отдела радиационной и химической биологии Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. В то время остро встала проблема изучения «судьбы» хлорорганических углеводородов, попадающих в море. Под руководством академика НАНУ Г. Г. Поликарпова тогда была начата работа по изучению содержания

и распределения, накопления и трансформации ХОС в различных компонентах экосистемы Черного моря [2]. В настоящее время эта работа продолжается в отделе радиационной и химической биологии Института морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН.

ХОС являются неприродными соединениями, поэтому их обнаружение в объектах исследования указывает на наличие антропогенных источников загрязнения. Как показали наши исследования, максимально загрязненными ХОС в Черном море оказывались прибрежные воды, причем пространственное распределение токсикантов характеризовалось мозаичностью и зональностью. Наибольшие концентрации в морской среде были определены в устьях рек и в Севастопольских бухтах, подверженных максимальному техногенному прессу [3, 4]. Установлено, что наиболее уязвимыми к загрязнению ХОС являются малоподвижные или прикреплены бентосные организмы, обитающие в прибрежных зонах. Особое внимание в качестве видов-индикаторов привлекают массовые виды моллюсков – мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., играющие важную роль в трансформации вещества в шельфовой зоне Черного моря. Имеются единичные сведения о современных уровнях содержания ХОС в данных моллюсках в прибрежных районах Севастопольской акватории [5].

Цель данной работы состояла в изучении уровней накопления ХОС органами мидий и сравнении их уровней загрязненности в различных районах Севастопольской морской акватории.

В 2011 и 2014 г. был проведен отбор мидий в четырех районах прибрежной акватории Севастополя (рис. 1). Концентрацию ХОС в подготовленных гексановых экстрактах из органов мидий определяли на газовом хроматографе с ДЭЗ в соответствии с известной методикой [6]. Массовую долю жиров определяли экстракционно-весовым методом согласно ГОСТ 7636–85. В пробах тканей гепатопанкреаса, гонад и жабер мидий были измерены концентрации п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД (далее ДДТ, ДДЭ и ДДД), а также индикаторных конгенов ПХБ: трихлорбифенила (ХБ) 28; тетраХБ 52; пентаХБ 101, гексаХБ 138, 153 и гептаХБ 180. Полученные результаты представлены в виде суммы концентрации ДДТ и его метаболитов (Σ ДДТ) и суммы концентрации 6 конгенов ПХБ (Σ ПХБ₆), выраженной в $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сырой массы. Ошибка определения ХОС не превышала 20 %.

В 2011 г. исследовано распределение ХОС в гепатопанкреасе (ГП), гонадах и жабрах мидий, культивируемых в бухтах Ласпи и Мартыновой, а в 2014 г. – в мидиях из естественных популяций в бухте Голубой и на входе в Карантинную бухту.

ХОС были обнаружены во всех пробах органов мидий. Уровень концентраций ХОС в тканях был неоднороден и достоверно увеличивался в ряду ГП $\geq$ гонады $>$ жабры, в соответствии с увеличением жирности этих органов. Корреляция между содержанием общих липидов (% сырой массы) в органах мидий и концентрацией Σ ПХБ₆ и Σ ДДТ в исследованных районах показана на рис. 2А и 2Б соответственно.

В мидиях из бухт Мартыновой, Карантинной и Голубой концентрация используемых в промышленности ПХБ в среднем в 13 раз превышала содержание ДДТ, применяемого в прошлом в сельском хозяйстве. В мидиях из этих районов содержание Σ ПХБ₆ изменялось в диапазоне от 3,8 в жабрах до 459,0 в гепатопанкреасе. Концентрация Σ ДДТ была значительно ниже и соответственно варьировала в интервале от 0,7 до 13,2 $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$. В этих бухтах содержание Σ ПХБ₆ на порядок и более значений превышало те же показатели в мидиях, отобранных в бухте Ласпи, где концентрация Σ ПХБ₆ изменялась от 0,21 в жабрах до 10,3 $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$ в гонадах (рис. 2А).



Рис. 1 Схема расположения станций отбора проб мидий в Севастопольской морской акватории в 2011 и 2014 гг.

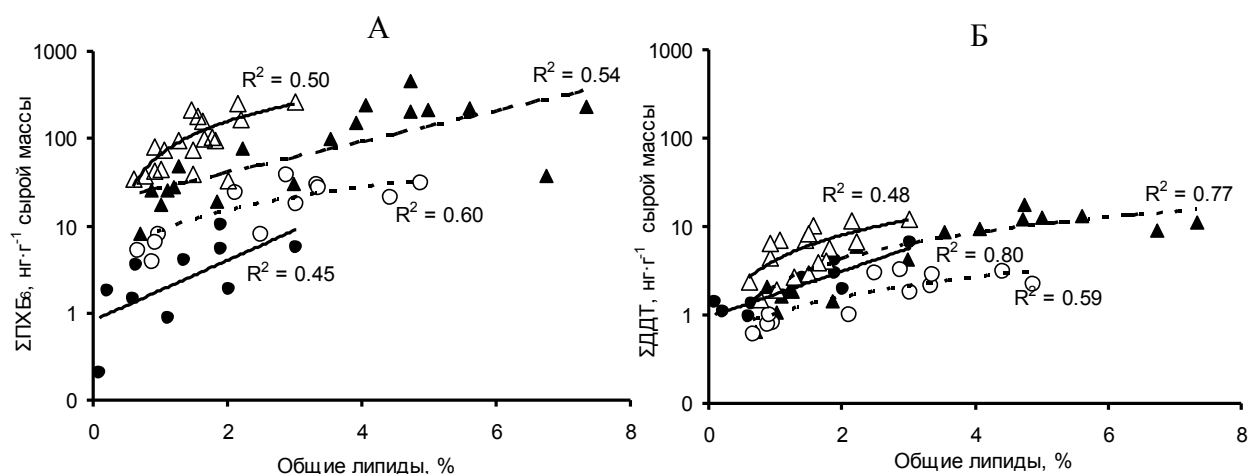


Рис. 2 Соотношение между концентрацией $\Sigma\text{ПХБ}_6$ (А) и $\Sigma\text{ДДТ}$ (Б) и показателем жирности в органах мидий в различных районах Севастопольской морской акватории: ● – бухта Ласпи (03.2011); ▲ – бухта Мартынова (03.2011); ○ – бухта Голубая (06.2014); Δ – бухта Карантинная (открытая часть, 02.2014)

Уровень загрязненности $\Sigma\text{ДДТ}$ в мидиях исследуемых районов различался не так значительно, как $\Sigma\text{ПХБ}_6$ (рис. 2Б). Концентрации $\Sigma\text{ДДТ}$, определенные в мидиях в бухтах Мартыновой и Карантинной, в среднем составили 6,9 и 5,9 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ соответственно. В условно чистых бухтах Ласпи и Голубой обнаружено более низкое содержание $\Sigma\text{ДДТ}$ – 2,5 и 1,8 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ соответственно. Но даже такие отличия в уровнях концентраций свидетельствуют о локальном поступлении ДДТ с канализационными стоками в бухтах Мартыновой и Карантинной.

Таким образом, экологическая ситуация в Севастопольской морской акватории в отношении ХОС определяется наличием источников поступления поллютантов в вод-

ную массу, где они способны накапливаться в таких гидробионтах, как мидии. В этой связи мидии могут быть видами-индикаторами загрязнения ХОС морских акваторий.

Уровни концентрации ХОС в изученных районах не превысили ПДК для морепродуктов, составляющие для $\Sigma\text{ПХБ}$ $2 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1}$ и для $\Sigma\text{ДДТ}$ $0,2 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1}$. Но в настоящее время не изучено кумулятивное действие смеси ХОС на гидробионты, поэтому мониторинг загрязненности ХОС и отклик организмов на накопление токсикантов продолжает быть весьма актуальным.

1. Sheppard C. R. C. (Ed.). Sea at the Millennium: an Environmental Evaluation. – Amsterdam: Elsevier Science, 2000. P. 447–462.
2. Поликарпов Г. Г., Жерко Н. В. Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря хлорорганическими ксенобиотиками // Экология моря. 1996. Вып. 45. С. 92–100.
3. Малахова Л. В. Современный уровень загрязненности хлорорганическими соединениями донных отложений Украинского шельфа Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. 2012. Вып. 26. С. 64–73.
4. Shchurova K. S., Malakhova L. V. Contamination of organochlorine compounds of the marine environment components in coastal areas of Sevastopol city // Ecological and hydrometeorological problems of the large cities and industrial areas, ECOHYDROMET–2012: VI Intern. Conf. (St.-Petersburg, 2-4 July, 2012). Saint-Petersburg, 2012. P. 185–186.
5. Малахова Л. В., Щурова Е. С. Стойкие органические загрязнители и каротиноиды в тканях мидий *Mytilus galloprovincialis*, культивируемых в Севастопольском регионе (Черное море) // Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность: Сб. тр. 5^{ой} междунар. науч. конф. молодых ученых и талантливых студентов / отв. ред. Н. Н. Митина. (23–25 нояб. 2011 г.). М., 2011. С. 194–197.
6. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды. М.: Гидрометеиздат. 1986. С. 82–95.

ORGANOCHLORINE POLLUTION MONITORING OF SEVASTOPOL COASTAL USING MUSSELS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* AS BIOINDICATORS

L. V. Malakhova¹, T. V. Malakhova¹, K. S. Shchurova², A. K. Karamishev¹

¹ Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, RF,
malakh2003@list.ru

² Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, RF

Contamination of persistent organochlorines (OCs) such as PCBs (polychlorinated biphenyls), DDT and its metabolites (DDTs) were examined in mussels collected from four bays of coastal waters of Sevastopol marine area to elucidate the contamination status and possible pollution sources. OCs were detected in all organs (gonads, gill, hepatopancreas) of mussels collected from all the sampling sites investigated. Significantly higher OCs contamination was determined in mussels near a wastewater in Martynova and Karantinnaya bays. OCs concentrations were significantly correlated with extractable lipid content in mussels tissues.

Key words: Sevastopol coastal area, *Mytilus galloprovincialis*, organochlorine contaminants, polychlorinated biphenyls, DDT