

УДК 574.5:632.15:546.13:502.62 (477.75)

ХЛОРООРГАНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «МЫС МАРТЬЯН» В 2017-2018 ГГ.

Малахова Л.В.

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
e-mail: malakh2003@list.ru*

Загрязнение окружающей среды хлорорганическими соединениями (ХОС), впервые появившимися в природе в 1940-х годах, быстро приняло глобальный характер и привлекло пристальное внимание всего человечества из-за катастрофических последствий их применения. ХОС считаются опаснейшими загрязнителями водных экосистем из-за их токсичности, высокой устойчивости в условиях окружающей среды и способности к накоплению в гидробионтах. Биоаккумуляция этих соединений в морских экосистемах происходит по пищевой цепи с увеличением концентрации ХОС до уровней, приводящих в определенных условиях к гибели организмов. По нашим данным коэффициенты накопления ХОС в гидробионтах различных видов достигают 10^6 , поэтому даже при их низком содержании в воде, в организмах обнаруживаются значительные концентрации ХОС.

Техногенное воздействие на акваторию Черного моря многократно возросло с середины прошлого века. Наибольшее воздействие получают прибрежные акватории, куда попадает до 90% загрязняющих веществ, поступающих в море, в том числе от загрязнения не защищены и акватории природных заповедников.

К группе ХОС относятся такие хлорорганические пестициды (ХОП), как линдан, ДДТ и его метаболиты ДДЭ и ДДД, а также полихлорбифенилы (ПХБ). Если ХОП широко использовались до 1970-х годов в сельском хозяйстве, то ПХБ, встречающиеся в природных матрицах, использовались ранее в качестве теплоносителей, гидравлических жидкостей, диэлектриков в конденсаторах и трансформаторах, компонентов смазок и смазочных масел, добавок к пестицидам, краскам, копировальным бумагам, клеям, пластмассам. Будучи соединениями исключительно искусственного происхождения, ХОС являются индикаторами антропогенного воздействия и подлежат нормированию во всех объектах окружающей среды.

В 2017 г. в морской акватории природного заповедника «Мыс Мартьян» был определен уровень загрязненности ХОС воды, цистозеры *Cystoseira* sp., рапаны *Rapana venosa* и донных отложений и проведена сравнительная оценка загрязненности с морской акваторией в районе впадения р. Водопадная в г. Ялта.

Измерения ХОС проводили на приборной базе ЦКП «Спектрометрия и Хроматография» ФГБУН «ИМБИ» на газовом хроматографе Хроматэк Кристалл 5000 с микро-ДЭЗ и 30-ти метровой капиллярной колонкой.

В результате исследований в марте 2017 г. в воде района «Мыса Мартьян» обнаружены следующие ХОП: линдан и метаболиты п,п'-ДДТ – п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД. Сумма концентрации всех ХОП составила 1.07 ± 0.29 нг·л⁻¹. Зимой 2018 г. линдан в воде заповедника не был определен, а сумма ДДТ и ПХБ равнялась

$0.42 \pm 0.12 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$. Повышенное содержание ХОП в районе заповедника в марте может быть связано с их поступлением в море в весенний сезон с интенсивными атмосферными осадками и увеличенным склоновым стоком. Концентрация ХОП в воде ялтинской морской акватории, измеренная в весенний и летний сезоны 2017 г., была выше и равнялась в сумме 2.94 ± 0.82 и $1.68 \pm 0.47 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$ соответственно.

Кроме ХОП в воде обоих исследованных районов были обнаружены 6 конгенов ПХБ, по номенклатуре IUPAC это конгены 28, 32, 101, 138, 153 и 180. В акватории мыса Мартьян в марте 2017 г. сумма их концентраций ($\Sigma\text{ПХБ}_6$) составила $1.33 \pm 0.37 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$, зимой 2018 г. – $1.6 \pm 0.45 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$. Такой уровень ПХБ не превышает фонового содержания в поверхностном слое воды открытых районов Черного моря. В акватории г. Ялты концентрация $\Sigma\text{ПХБ}_6$ в весенний и летний сезоны была выше и составила 12.75 и 7.19 $\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ соответственно, что свидетельствует о локальных источниках ПХБ в районе ялтинской морской акватории.

Для воды акваторий культурнобытового назначения установлены ПДК для линдана, $\Sigma\text{ДДТ}$ и ПХБ, равные 2000, 2000, 1000 $\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$. Эти нормативы в воде в исследованный период не были превышены. Но если рассматривать морскую часть заповедника как водоем, имеющий рыбохозяйственное, а не культурнобытовое назначение, то надо применять более жесткие нормы, составляющие 10 $\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$ для всех ХОС. Как видно, в акватории мыса Мартьян этот норматив также превышен не был.

Если вода является компонентом экосистемы, характеризующим уровень загрязненности в момент отбора проб, то гидробионты и донные отложения, как своеобразные депо токсикантов, накапливающие их в течение долгого времени, отражают загрязнение акватории за продолжительный период.

В качестве биоиндикаторных организмов долговременного загрязнения ХОС прибрежных акваторий используют многолетние макрофиты и моллюски. В пробах *Cyrtoseira* sp. в марте 2017 г. в районе мыса Мартьян были определены ДДТ и его метаболиты и ПХБ, концентрация которых составила 2.60 и 8.46 $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой массы. Коэффициенты накопления для отдельных ХОС в цистозире варьировали от $1 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4$. В морской акватории Ялты в летний сезон концентрация $\Sigma\text{ДДТ}$ в цистозире была ниже почти в четыре раза, чем в весенний сезон в районе мыса Мартьян. Уровень ПХБ в цистозире с учетом погрешности определения оказался одинаковым в обоих районах. В сравнении с ПДК ХОС в морепродуктах концентрация ДДТ не превышала полутора процентов от ПДК, ПХБ – 0.5%.

В октябре 2017 г. в акватории у мыса Мартьян были отобраны шесть особей рапаны. Все особи были самцами. В них были проанализированы гонады и нога на содержание общих липидов и ХОС. Концентрация $\Sigma\text{ДДТ}$ в ноге составила 0.30, в гонадах – 0.38 $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сырой массы, $\Sigma\text{ПХБ}_6$ – 10.2 и 20.5 $\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$ соответственно. Сравнение этих показателей с загрязнением в рапане из Севастопольской акватории показало, что жирность ноги и рапаны в обоих районах была одинаковой и в среднем составляла 0.3 и 4.9% сырой массы. Концентрация ХОС в районе мыса Мартьян была сравнимой с ХОС в ноге и гонадах рапаны из открытых морских районов Севастополя, и оказалась существенно меньше, чем в бухте Голубой, в акватории которой функционирует выпуск Южных очистных сооружений г. Севастополя.

Геохимический анализ донных отложений в прибрежной части акватории заповедника показал, что в различных точках отбора они отличались по гранулометрическому составу, и, как следствие, по содержанию в них влажности и

органического углерода. Концентрация Σ ДДТ и Σ ПХБ₆, определенная в колонке донных осадков, оказалась невысокой и соответственно изменялось от 0.89 и 1.74 в поверхностном слое до 2.28 и 5.07 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухой массы в слое 12.5-13.5 см.

Таким образом, наблюдения за уровнем содержания ХОС позволяют сделать выводы, что по загрязненности ХОС в воде в исследуемый период морскую акваторию заповедника «Мыс Мартыан» можно считать чистым районом, а по содержанию ХОС в цистозире, рапане и донных отложениях, в которых токсиканты накапливаются и сохраняются длительное время, акватория подобна другим открытым прибрежным районам Крыма с похожими биогеохимическими характеристиками.