

АККУМУЛЯЦИЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ОРГАНАХ ЧЕРНОМОРСКОГО СКАТА МОРСКАЯ ЛИСИЦА *RAJA CLAVATA* (L.) В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Л.В. Малахова¹, Т.А. Полякова¹, Т.В. Малахова¹, Е.А. Страдомская²

THE ACCUMULATION OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN ORGANS OF THE BLACK SEA RAY, *RAJA CLAVATA* (L.), IN SEVASTOPOL COASTAL AREA (THE BLACK SEA)

L.V. Malakhova, T.A. Polyakova, T.V. Malakhova, E.A. Stradomskaya

¹*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, Севастополь, Россия*

²*Академия биологии и биотехнологии ЮФУ*

malakh2003@list.ru, polyakova-acant@yandex.ru, t.malakhova@ibss.org.ua, ewgeniya@zmail.ru

В середине 60-х годов было открыто токсическое воздействие на гидробионтов хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) и были выявлены связанные с этим экологические проблемы, которые привели мировое сообщество к решению о необходимости запрета их производства и ограничения применения. Однако в окружающей среде были уже накоплены сотни тысяч тонн хлорорганических соединений (ХОС), которые в естественной среде устойчивы к разложению и до настоящего времени обнаруживаются во многих компонентах морских экосистем.

Появление в морской среде ХОС связано с их поступлением с речными водами, со стоками с сельскохозяйственных угодий, промышленными стоками и переносом в атмосфере [1]. Одним из механизмов очищения водной среды от ХОС является извлечение их морскими организмами [6]. По нашим данным, коэффициенты накопления ХОС в черноморских рыбах различных видов достигают 10^3 - 10^4 [3], поэтому их значительные концентрации в рыбах обнаруживаются даже при низком содержании в воде. ХОС вызывают патологические изменения в организме рыб и других гидробионтов: нарушается их воспроизводительная функция, увеличивается частота злокачественных образований и ряд других патологий [8, 9].

Изучение загрязнения различных компонентов экосистемы Черного моря, начатое нами в 80-х годах двадцатого столетия, показало повсеместное распространение ХОС в морской среде. В последние годы нами было показано влияние ХОС на колебание численности ихтиопланктона, а также на выживание пелагической икры и, как следствие, на численность личинок рыб на ранних этапах постэмбрионального развития [10]. Кроме этого, изучено содержание и распределение ХОС в гидробионтах различной видовой и экологической принадлежности: мидиях [5], рапанах [4], черноморском калкане *Psetta (Scophthalmus) maxima maotica* [3]. Показано, что ХОС накапливаются в печени самцов калкана в высоких концентрациях и их концентрация прямо зависит от содержания жиров в тканях органов рыб [3].

Для экологической оценки состояния ихтиофауны Севастопольского региона представляло интерес выявление уровней содержания хлорорганических веществ в другом виде донных рыб – черноморском скате морской лисице *Raja clavata*, который относится, как и камбала калкан, к оседлым видам и не совершает протяжённых миграций. Для этого пробы тканей белых мышц, гонад и печени от 13 самцов и 17 самок морской лисицы, выловленных в бухте Казачьей Севастопольского региона в мае 2009 г. были проанализированы на содержание п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД, а также шести конгенов ПХБ: 28, 52, 101, 138, 153 и 180. Следуя известным методикам [1, 9], ХОС выделяли из гомогенизированных тканей смесью гексана и ацетона (3:1) и очищенный экстракт анализировали на газовом хроматографе Varian 3800 с детектором электронного захвата и капиллярной колонкой длиной 25 м, с нанесённым слоем стационарной фазы CP Sil-8СВ. Для количественных расчётов использовали стандартные растворы 6 конгенов ПХБ фирмы Supelco и стандартные растворы хлорпестицидов ХОП-5, которые включают ДДТ и его метаболиты. Полученные результаты представлены в виде концентрации суммы шести конгенов $\Sigma\text{ПХБ}_6$ и суммы ДДТ и его метаболитов ($\Sigma\text{ДДТ}$) в $\text{нг}\times\text{г}^{-1}$ на сырую массу. Ошибка определения ХОС не превышала 15 %.

Извлечение липидов из проб было проведено с использованием в качестве экстрагента смеси полярного (ацетона) и неполярного (гексана) растворителей, как рекомендовано в [1]. Концентрацию экстрагируемых липидов определяли гравиметрическим методом после упаривания растворителей и доведения их до постоянной массы в вакуумном эксикаторе над оксидом кальция, применяемом в качестве осушителя. Далее сумма экстрагируемых гексаном и ацетоном общих липидов обозначена как ГЭЛ (гексанэкстрагируемые липиды) и выражена в % на сырую массу.

Оценка экологического состояния окружающей среды предполагает сравнение уровней загрязнённости её компонентов с определёнными нормами – ПДК. В настоящее время ПДК в рыбах и морепродуктах для $\Sigma\text{ДДТ}$ составляет 200, для $\Sigma\text{ПХБ}$ – 2000 $\text{нг}\times\text{г}^{-1}$ сырой массы [2].

ХОС были обнаружены во всех пробах органов морской лисицы. Уровень концентраций в тканях был неоднороден и в белых мышцах и гонадах много ниже принятых норм ПДК. Концентрация ХОС изменялась в широком диапазоне, который для $\Sigma\text{ДДТ}$ составил 1.1–116, для $\Sigma\text{ПХБ}_6$ 3.5–107 $\text{нг}\times\text{г}^{-1}$ сырой массы. Известно, что ХОС аккумулируются в тканях, обогащённых липидами [3]. В органах морской лисицы определено уменьшение содержания ГЭЛ в органах в ряду: печень, гонады, белые мышцы (рис. 1, а). Соответственно концентрация ХОС как у самок, так и у самцов была минимальной в тканях белых мышц, максимальной – в печени (рис. 1, б), коэффициент корреляции между ГЭЛ и $\Sigma\text{ДДТ}$ составил 0.87, $\Sigma\text{ПХБ}_6$ 0.80, поэтому выявленную неравномерность распределения ХОС в органах мы в первую очередь связываем с различием в них показателей жирности.

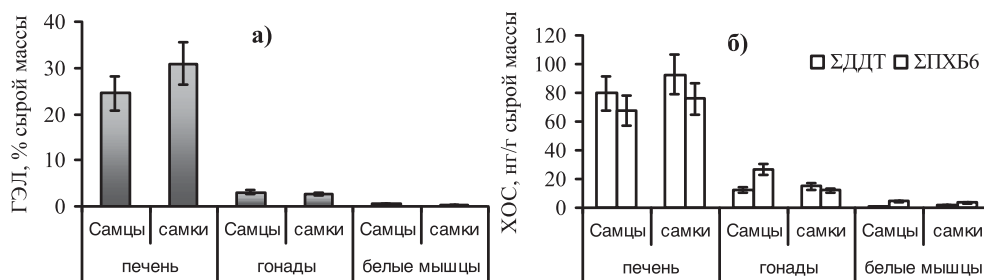


Рис. 1. Гексанэкстрагируемые липиды (а) и средняя концентрация ХОС (б) в органах самок и самцов черноморского ската *Raja clavata* из бухты Казачьей Севастопольского прибрежного региона, отловленных в мае 2009 г. Вертикальными отрезками указаны величины среднеквадратических отклонений.

Несмотря на почти тридцатилетний запрет применения ДДТ, половину суммы концентрации хлорорганических загрязнителей в большинстве проб составили соединения этой группы (рис. 1, б). Во всех органах концентрация ДДЭ превысила содержание исходного пестицида. В печени группа ДДТ в основном была представлена метаболитом ДДЭ. Это свидетельствовало о том, что ДДТ в последнее время не поступал в организм исследуемых рыб.

Таким образом, при изучении особенностей аккумуляирования ХОС черноморским скатом морской лисицей выявлено их неравномерное распределение в органах. Максимальные концентрации ХОС определены в обогащенных жирами тканях печени, которые на порядок превысили таковые в белых мышцах. Оценка этих значений показала, что ПДК ПХБ и ДДТ не была достигнута. Очевидно, что для человека риск употребления в пищу морской лисицы будет минимальным. Однако при выявленных концентрациях такого широкого спектра ХОС опасность для рыб может состоять в их кумулятивном действии, которое практически ещё не изучено.

Список использованной литературы

1. Бабкина Э. И., Бобовникова Ц. И. О количественном извлечении хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов из органов и тканей рыб // Гидробиол. журн. – 1978. – 14, 3. – С. 103–105.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2. 1078–01. М.: Минздрав, 2001. – 164 с.
3. Малахова Л.В. Особенности накопления хлорорганических загрязнителей органами черноморской камбалы калкан *Psetta (Scophthalmus) maxima maeotica* // Мор. экол. журн. – 2014. – Т. XIII – № 1. – С. 45–52.
4. Малахова Л. В., Малахова Т. В., Егоров В. Н., Бондарев И.П. Накопление хлорорганических ксенобиотиков в органах разновозрастных особей рапаны *Rapana venosa* из бухты Круглая (Севастопольский регион, Чёрное море) // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Мктериалы докл.

- V Всероссийской конф., памяти д.б.н., проф. Б.А. Флерова. Борок, 28 октября – 1 ноября 2014 г. (в печати).
5. Малахова Л.В., Щурова Е.С. Загрязнение хлорорганическими соединениями компонентов морской среды в прибрежных районах, разно удаленных от г. Севастополя // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон, ЭКОГИДРОМЕТ: Материалы VI междунар. конф. (СПб., 2–4 июля 2012 г.). СПб., 2012. С. 183–185.
 6. Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Морская динамическая радиохемозология. М.: Энергоатомиздат, 1986. С. 150–151.
 7. Поликарпов Г.Г., Терещенко Н.Н., Егоров В.Н., Цыцугина В.Г., Кулебакина Л.Г., Лазоренко Г.Е., Тимошук В.И., Жерко Н.В. Молисмологическое состояние Черного моря и возможности его кондиционирования // Динамика вод и продуктивность планктона Черного моря. 1988. Гл. II. С. 328–421.
 8. Попова Г.В., Шамрова Л.Д. Накопление пестицидов в воспроизводительной системе рыб и их гонадотоксические воздействия // Экспериментальная водная токсикология. 1987. № 12. С. 191–201.
 9. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1986. С. 82–95.
 10. Cogliano J.V. Assessing cancer risk from environmental PCBs // Environmental Health Perspectives. 1998. 106. № 6. P. 317–323.
 11. Klimova T.N., Vdodovich I.V., Zagorodnyaya Yu.A., Ignatyev S.M., Malakhova L.V., Dotsenko V.S. Ichthyoplankton in the Plankton Community of the Crimean Peninsula Shelf Zone (Black Sea) in July 2010 // Journal of Ichthyology. 2014. 54. № 6. P. 409–421 (в печати).
 12. Yen Le T.T., Rijdsdijk L., Sures B., Hendriks A.J. Accumulation of persistent organic pollutants in parasites // Chemosphere. 2014. 108. P. 145–151.