

## Хлорированные пестициды в тканях и органах ларги (*Phoca largha* Pallas, 1811) Японского моря

А. М. ТРУХИН, М. Д. БОЯРОВА\*

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН  
690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43  
E-mail: trukhin@poi.dvo.ru

\*Тихоокеанский государственный экономический университет  
690091, Владивосток, Океанский просп., 19

### АННОТАЦИЯ

Определены концентрации хлорорганических углеводородов и их производных в органах ларг, добытых в Японском море. Изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) и метаболиты дихлордифенилтрихлорметилметана (ДДТ) обнаружены у всех исследованных животных во всех пробах, но наиболее высокие концентрации выявлены в жировой ткани – своеобразном “депо”, в котором аккумулируются токсины. Обнаружены существенные различия степени пораженности токсинами тюленей из разных популяций, обусловленные неодинаковой интенсивностью воздействия техногенных нагрузок на отдельные акватории. Уровень аккумуляции липофильных ксенобиотиков в тканях и органах япономорской ларги, в частности из залива Петра Великого, оказался очень высоким, на порядки превышающим таковой у ларг из Татарского пролива и побережья Хоккайдо. Таких высоких концентраций хлорорганических пестицидов (ХОП) до сих пор не было найдено ни у одного вида ластоногих, обитающих в северной части Тихого океана. Результаты наших исследований позволяют констатировать, что ХОП в экосистеме Японского моря находятся длительное время, за которое подверглись значительной трансформации.

**Ключевые слова:** загрязнение, токсиканты, хлорорганические пестициды, ГХЦГ, ДДТ, ларга, Японское море.

Загрязнение окружающей среды продуктами антропогенной природы становится с каждым годом все более серьезной проблемой. Среди загрязняющих веществ, образующихся в результате деятельности человека, большую группу составляют хлорированные углеводороды, применяемые в качестве пестицидов в сельском, лесном хозяйстве и промышленности. Хлорорганические пестициды относятся к числу наиболее опасных веществ для живых систем: 60 % всех гербицидов, 90 % фунгицидов и 30 % инсектицидов являются причиной онкозаболеваний у животных и человека [1].

Проблема загрязнения пестицидами экосистем дальневосточных морей России исследова-

на все еще недостаточно [2, 3], а что касается изучения содержания хлорированных углеводородов в ластоногих, то таких исследований до последнего времени не проводилось.

В качестве объекта исследований мы выбрали ларгу (*Phoca largha* Pallas, 1811). В Японском море это единственный представитель ластоногих, обитающий здесь круглый год. В пределах Японского моря ларга представлена двумя популяциями, одна из которых размножается в Татарском проливе, другая – в заливе Петра Великого (ЗПВ) [4, 5].

Задача нашего исследования – определение уровня концентраций ХОП в отдельных органах и тканях ларги разных популяций Японского моря, сравнение наших резуль-

татов с таковыми, полученными для ларги из других частей ее ареала, а также для других видов ластоногих, обитающих в северной части Тихого океана.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами определено содержание хлорированных углеводородов и их производных в тканях и некоторых органах трех ларг, погибших в 2010 г. в Японском море у берегов Приморья в рыболовных снастях. Два тюленя пойманы в ЗПВ (см. рисунок, А), третий – у восточного побережья Приморья в южной части Татарского пролива (см. рисунок, Б). Ларги из ЗПВ были молодыми животными в возрасте 1–2 и 10–11 мес.; далее по тексту мы называем их серка и годовик соответственно. Ларга с восточного побережья Приморья – взрослая самка в возрасте более 10 лет. Все тюлени были нормально упитаны и не имели каких-либо травм или признаков болезней.

Качественный состав образцов тканей и органов разных тюленей, в которых определено содержание ХОП, различался, а в целом он включал скелетную мускулатуру, селезенку, почку, печень, сердце, легкое, мозг и жир. По ряду объективных причин для разных тюленей набор проб варьировал, но для всех особей неизменными были пробы по жиру, печени и почкам. Собранные от тюленей пробы подвергались заморозке и в таком виде доставлялись в лабораторию для проведения исследований.

Для анализа брали две-три параллели сырой массы объединенных проб. Определение массового содержания ХОП в биологических образцах проводилось в сертифицированном центре “Океан” (г. Владивосток) методом газожидкостной хроматографии [6]. Использовали хроматограф “Shimadzu GC-16A” с детектором электронного захвата ECD-15. Колонка ККК 25 м × 0,22 мм. Температура инжектора 250 °С, колонки – 210 °С, детектора – 280 °С. Газ-носитель – смесь аргона с метаном, давление на входе – 2 кг · см<sup>-2</sup>. Скорость потока – 0,5 см<sup>3</sup> · мин<sup>-1</sup>. Извлечение ХОП из проб проводили методом экстракции гексаном с последующим разрушением жировых компонентов проб серной кислотой, отделением пестицидов на колонке с силикагелем и концентри-



Места сбора материала (А, Б) в акватории Японского моря

рованием экстракта [7]. Относительная ошибка анализа не превышала 15 %. Возраст взрослой самки определен по годовым наслоениям в дентине и цементе клыков [8].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования тканей и органов тюленей показали, что изомеры ГХЦГ и метаболиты ДДТ присутствуют у всех животных во всех пробах (табл. 1, 2).

У всех ларг максимальные концентрации ХОП обнаружены в жире. Среди органов по концентрации ХОП первенствовала печень, затем почки. Самые низкие концентрации ХОП определены в селезенке, скелетной мускулатуре и особенно в сердце и легких взрослой самки. Последовательный ряд органов и тканей, выстроенный по уровню содержания ХОП, у разновозрастных тюленей из обоих районов Японского моря оказался сходным и выглядит следующим образом: жир, печень, почка, мозг.

При сравнении молодых зверей из одного района (серка и годовик) оказалось, что сумма ХОП у годовика на 2–4 порядка выше, чем у серки.

У всех исследованных животных наиболее высокие концентрации из трех изомеров ГХЦГ имели α- и γ-изомеры, при этом α – единственный изомер, который присутствовал во всех без исключения проанализиро-

**Средний уровень содержания (M(x) ± 95 % CI) хлорорганических пестицидов в органах серки (числитель) и годовика (знаменатель) ларг в заливе Петра Великого, Японское море**

Проба	Определяемые ХОП, мкг/г сырой массы										Σ ХОП
	изомеры ГХЦГ					метаболиты ДДТ					
	α-	β-	γ-	α/γ	Σ	ДДТ	ДДД	ДДЕ	ДДТ/ДДЕ	Σ	
Мышца	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,05	н/о	0	0,27 ± 0,07	1,53 ± 1,14	н/о	1,78 ± 1,37	0,8	3,31 ± 2,52	3,58 ± 2,45
	1,02 ± 0,35	н/о	0,77 ± 1,17	1,3	1,53 ± 1,11	н/о	0,99 ± 1,94	0	0,99 ± 0,54	2,7 ± 1,32	2,7 ± 1,32
Селезенка	0,09 ± 0,07	н/о	н/о	0	0,09 ± 0,07	0,22 ± 0,23	н/о	0,58 ± 0,35	0,4	0,80 ± 0,12	0,89 ± 0,19
	0,78 ± 0,44	н/о	0,67 ± 1,91	1,2	1,45 ± 1,47	н/о	2,06 ± 2,49	0	2,06 ± 2,49	3,51 ± 1,02	3,51 ± 1,02
Почка	0,12 ± 0,05	н/о	0,20 ± 0,05	0,6	0,32 ± 0	0,89 ± 0,27	н/о	1,17 ± 1,00	0,8	2,06 ± 0,74	2,38 ± 0,74
	1,02 ± 0,99	н/о	2,34 ± 2,76	0,4	3,36 ± 1,77	н/о	14,15 ± 16,85	0	14,15 ± 16,85	17,51 ± 18,62	17,51 ± 18,62
Мозг	1,10 ± 0,81	н/о	0,30 ± 0,18	3,7	1,40 ± 0,99	н/о	3,15 ± 1,77	0	3,15 ± 1,77	4,55 ± 2,76	4,55 ± 2,76
	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
Печень	0,25 ± 0,11	н/о	0,21 ± 0,07	1,2	0,46 ± 0,05	0,98 ± 1,30	0,06 ± 0,07	2,19 ± 1,37	0,4	3,23 ± 0,15	3,68 ± 0,1
	1,51 ± 5,05	н/о	1,87 ± 4,00	0,8	3,38 ± 9,05	н/о	3,02 ± 5,10	14,67 ± 4,92	0	17,69 ± 0,18	21,08 ± 9,23
Жир	2,03 ± 2,34	1,63 ± 0,57	0,80 ± 0,58	2,6	4,46 ± 1,19	40,76 ± 9,68	0,33 ± 0,20	48,76 ± 25,53	0,8	89,85 ± 35,01	94,31 ± 33,82
	17,76 ± 5,04	8,33 ± 5,20	11,47 ± 13,30	1,5	30,96 ± 23,41	н/о	14,04 ± 60,37	330,96 ± 304,70	0	345,0 ± 224,3	381,40 ± 251,35

Примечание. н/о – здесь и в табл. 2 содержание компонента ниже предела обнаружения; прочерк – орган не исследовали.

**Средний уровень содержания (M(x) ± 95 % CI) хлорорганических пестицидов в органах взрослой самки ларги из Татарского пролива, Японское море**

Проба	Определяемые ХОП, мкг/г сырой массы										Σ ХОП
	изомеры ГХЦГ					метаболиты ДДТ					
	α-	β-	γ-	α/γ	Σ	ДДТ	ДДД	ДДЕ	ДДТ/ДДЕ	Σ	
Мышца	0,01 ± 0,01	н/о	н/о	0	0,01 ± 0,01	н/о	н/о	0,01 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02
Селезенка	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	1	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	1	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Почка	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	1	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	н/о	0,04 ± 0,01	0,1	0,05 ± 0,02	0,07 ± 0,02
Мозг	0,01 ± 0,01	н/о	н/о	0	0,01 ± 0,01	н/о	н/о	0,03 ± 0,01	0	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Печень	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	3,3	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	н/о	0,05 ± 0,01	0,3	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,02
Жир	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	н/о	0	0,02 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,6	0,20 ± 0,02	0,22 ± 0,03
Легкое	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	1	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	н/о	н/о	0	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Сердце	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	1	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	н/о	0,01 ± 0,01	0,1	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,02

ванных органах и тканях всех трех тюленей.  $\beta$ -изомер присутствовал в гораздо меньшем количестве, причем у годовика и взрослого тюленя – только в жире, а у серки – и в мышцах, а во всех исследованных внутренних органах тюленей он не обнаружен.

Среди метаболитов ДДТ наиболее высокие концентрации присущи ДДЕ. На втором месте по уровню концентрации – ДДТ, наиболее низкий уровень у всех тюленей был характерен для ДДД. При этом ДДД у обеих молодых особей обнаружен в жире и в совсем незначительном объеме в печени, а у взрослого тюленя – только в жире. Вообще, пробы жира оказались единственными, в которых присутствовали все изомеры ГХЦГ и все метаболиты ДДТ у серки. У годовика в жире не было ДДТ, а в жировой ткани взрослой самки не найден  $\gamma$ -изомер ГХЦГ.

Суммарная концентрация изомеров ГХЦГ в жире у молодых тюленей превышает такую в мышечной ткани и во всех органах в 15–25 раз. У взрослой самки подобного абсолютного превышения не обнаружено.

Согласно общей схеме метаболизма ксенобиотиков в организме животных, основное количество поступающих в организм токсиантов аккумулируется в жире и печени. В нашем случае максимальные концентрации ХОП, как и следовало ожидать, выявлены в жировой ткани, которая у ластоногих является основным аккумулятором этих загрязнителей, поскольку большинство хлорорганических соединений имеет гидрофобную и липофильную природу. Уровень содержания ХОП в костях и в органах заметно ниже. Несколько более высокая концентрация ХОП отмечена в печени, поскольку именно в этом органе повышенное содержание жира.

У молодого тюленя – серки, находящегося в стадии перехода от молочного к самостоятельному питанию, в тех или иных концентрациях ХОП обнаружены во всех исследованных органах и тканях. Вероятно, загрязнители попали в организм этой молодой ларги в период пренатального развития и лактации. Известно, что у некоторых видов китообразных и ластоногих ХОП способны проникать в ткани и органы эмбрионов, проходя плацентарный барьер, а на ранней стадии постнатального онтогенеза (в период лактации) концентрация хлорированных загряз-

нителей в организме детенышей-сосунков продолжает возрастать за счет способности миграции ХОП из организма матери к потомству с молоком [9–12]. По-видимому, и ларге присуща такая же особенность. Сравнение уровней содержания ХОП в органах двух молодых ларг (см. табл. 1), разница в возрасте у которых составляет один год, свидетельствует, что в течение первого года жизни аккумуляция в органах этих животных ХОП происходит очень интенсивно. Так, уровень концентрации хлорорганических токсиантов со времени окончания лактации до достижения тюленем возраста около одного года увеличивается в почках, например, почти в тысячу раз. Очень значительными отличиями характеризуется этот показатель и в отношении других органов и тканей.

Казалось бы, уровень интоксикации ларг хлорированными углеводородами (ГХЦГ, ДДТ и его метаболитами) благодаря их аккумулятивным способностям должен быть более высоким у тюленей старшего возраста. Однако у взрослой самки из южной части Татарского пролива показатель уровня концентрации оказался ниже, чем у каждой из молодых ларг из ЗПВ. Очевидно, что степень зараженности животных хлорорганическими токсиантами зависит в первую очередь от их концентрации в среде. Заметные различия в уровне содержания ХОП в япономорских ларгах из разных мест обитания (Татарский пролив и ЗПВ) свидетельствуют о разной величине концентрации пестицидов в данных акваториях и о принадлежности исследованных животных к разным популяциям. Примечательно, что исследование этих ларг на содержание в их организмах тяжелых металлов дало аналогичную картину: высокий уровень концентраций обнаружен в тканях и органах тюленей из ЗПВ [13]. Вместе с тем не исключается, что у половозрелых самок ларг уровень концентрации ХОП может быть понижен и благодаря миграции ХОП к потомству в течение беременности и лактации.

Концентрация и соотношение ХОП в компонентах морской среды и живых организмах зависят от многих факторов: физико-химических свойств воды и грунтов, освещенности, видовых особенностей процессов биотрансформации. Зависят они и от продолжительности (которая может быть весьма суще-

ственной) нахождения в среде. Попадая в морскую воду, значительная доля ХОП сорбируется на частицах взвеси и оседает на дно водоемов, где они сохраняются десятки лет, не теряя способности проникать в живые организмы. В этой связи интересен анализ хлорорганических поллютантов, обнаруженных в ларгах, с точки зрения времени их появления в экосистемах Татарского пролива и ЗПВ. Для оценки давности поступления пестицидов в экосистемы мы использовали отношение концентраций  $\alpha$ - и  $\gamma$ -изомеров ГХЦГ. Высокое значение этого коэффициента свидетельствует о давнем присутствии ХОП в среде, а низкое значение, т. е. преобладание  $\gamma$ -изомера, характерно для «свежего» поступления [14]. В нашем исследовании высокое значение данного коэффициента для органов и тканей ларг позволяет констатировать, что токсикант в обоих районах Японского моря находится длительное время и подвергся значительной трансформации.

Аналогичную зависимость можно установить и в отношении ДДТ. Этот пестицид существует в природе в виде основного продукта и его метаболитов ДДД и ДДЕ. О времени существования ДДТ в исследуемых объектах судят по отношению концентраций ДДТ и продукта его деградации ДДЕ. Высокие значения коэффициента ДДТ/ДДЕ свидетельствуют о недавнем поступлении ДДТ в организм, низкое – о его длительном пребывании в системе и постепенном превращении в ДДЕ. У трех попавших в наше распоряжение ларг во всех исследованных органах и тканях концентрации ДДД и ДДЕ в сумме превышали ДДТ, подтверждая факт трансформации исходного соединения и накопления его метаболитов, что так же, как и в случае с ГХЦГ, указывает на давность попадания вещества в водные экосистемы и отсутствие свежего поступления.

В этой связи небезынтересно обратиться к данным, полученным в ЗПВ десятилетие назад – в 2001 г. – при определении содержания хлорорганических пестицидов в донных осадках и рыбах [15]. Согласно данным этих авторов, анализировавших параллельно с определением концентраций и длительность пребывания ДДТ в среде, получены высокие значения коэффициента, на основании чего вынесено вполне обоснованное суж-

дение о том, что данный пестицид недавно поступил в морскую среду. По-видимому, в течение последнего десятилетия поступления ДДТ в ЗПВ не происходило, на что указывают результаты наших исследований.

Заслуживают внимания результаты сравнительного анализа содержания ХОП в разных видах ластоногих тихоокеанского региона. Предварительно следует сказать, что в международной практике принято проводить такие сравнения, оценивая показатели загрязнения ластоногих пестицидами по содержанию их в жире – ткани, обладающей наиболее высокой степенью аккумуляции ХОП.

В конце прошлого века определение содержания ХОП в жире ларг было выполнено в прибрежных районах Хоккайдо [16–18] на основании изучения тюленей, добытых в сравнительно короткий период (1992–1996 гг.). Результаты этих исследований, проведенных независимо друг от друга тремя группами ученых, оказались довольно схожими. Так, уровень концентрации ГХЦГ в жире ларг укладывался в диапазон величин от 0,11–19 мкг/г, а для ДДТ изменялся в пределах 1,0–5,3 мкг/г. Это в среднем на порядок выше, чем мы обнаружили в жире ларг из Татарского пролива (ГХЦГ – 0,02 мкг/г, ДДТ – 0,2 мкг/г), но в то же время на один-два порядка ниже, чем у тюленей из ЗПВ.

В акватории Японских островов в разные годы в период 1972–1998 гг. изучались ХОП в жире северного морского котика (*Callorhinus ursinus* Linnaeus, 1758). Концентрации ДДТ у этого вида составили от 1 до 63 мкг/г; суммарные концентрации ГХЦГ были заметно ниже – максимально до 2,2 мкг/г [19]. Здесь же у Хоккайдо на содержание ХОП исследовали 7 сивучей (*Eumetopias jubatus* Schreber, 1776); концентрация ДДТ в жире этого вида составила в среднем около 2 мкг/г, а ГХЦГ – 0,13 мкг/г [20].

Несколько более разнообразный видовой состав северотихоокеанских ластоногих, для которых исследовались ХОП, оказался на значительном удалении от Японского моря – в восточной части Берингова моря и у тихоокеанского побережья Северной Америки. Например, в жире морского котика с о-вов Прибылова сумма концентраций ДДТ в 1990 г. составляла в среднем 5,1 мкг/г [21]. Столь же невысокие показатели характеризовали уро-



вень содержания ХОП у сивучей с Аляски [22]. В 1990-х гг. в восточной части Берингова моря одновременно исследовали несколько видов ластоногих, и у всех уровень содержания ХОП оказался сравнительно невелик: у кольчатой нерпы (*Pusa hispida* Schreber, 1775) суммарное содержание ДДТ составило от 0,07 до 0,25 мкг/г, у обыкновенного тюленя (*Phoca vitulina* Linnaeus, 1758) – от 0,9 до 8,5 мкг/г, у морского котика – от 0,95 до 5,6 мкг/г, у лахтака (*Erignathus barbatus* Erxleben, 1777) – около 0,15 мкг/г [21]. Этими же авторами самые высокие концентрации органохлоридов обнаружены в обыкновенных тюленях, обитающих у берегов США.

Сравнительным анализом концентраций ХОП в организмах разных видов семейства настоящих тюленей из Северной Пацифики установлено, что обнаруженные межвидовые отличия в значительной мере определяются уровнем трофических связей каждого вида [23, 24]. Так, у ларги, основу питания которой во всех частях ареала составляет рыба, названный уровень сравнительно высок по сравнению с другими видами данного семейства – крылаткой (*Histiophoca fasciata* Zimmermann, 1783), а особенно с кольчатой нерпой и лахтаком, обитающими в одних и тех же районах. Наиболее низкие показатели зараженности пестицидами определены для лахтака – по характеру питания типичного бентофага с низким уровнем трофических связей, основа кормового рациона которого – беспозвоночные.

Как видно из приведенного анализа, таких высоких концентраций ХОП, как у ларги в ЗПВ, до сих пор не обнаружено ни у одного северо-тихоокеанского вида ластоногих. В этой связи следует отметить, что места обитания ластоногих в северной части Тихого океана приурочены, как правило, к слабо освоенным человеком акваториям, а ларга в ЗПВ приспособилась существовать в не свойственных для ластоногих условиях – мощного антропогенного воздействия и хронического загрязнения среды обитания продуктами техносферы [25]. По уровню концентрации ХОП тюлени с ЗПВ могут сравниться только с обыкновенным тюленем и кольчатой нерпой из Балтийского моря, в жире которых она достигала 200 мкг/г и более [21, 26], но все равно была ниже, чем в жире

ларг из ЗПВ. В целом уровень концентраций ХОП у тюленей, независимо от их видовой принадлежности, тем выше, чем более ощутимое влияние на их местообитание оказывает человеческая деятельность. В этой связи ластоногие могут использоваться в качестве своеобразного индикатора для мониторинга загрязнения морских акваторий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оксенгендлер Г. И. Яды и организм. СПб.: Наука, 1991. 320 с.
2. Христофорова Н. К., Латковская Е. М. Хлорорганические соединения в заливах северо-востока Сахалина // Вестник ДВО РАН. 1998. № 2. С. 34–45.
3. Боярова М. Д., Сяпина И. Г., Приходько Ю. В., Лукьянова О. Н. Хлорированные углеводороды в гидробионтах залива Петра Великого Японского моря // Экологическая химия. 2004. Т. 13, № 2. С. 117–124.
4. Косыгин Г. М., Тихомиров Э. А. Ларга (*Phoca largha* Pallas) залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1970. Т. 70. С. 114–137.
5. Косыгин Г. М., Гольцев В. Н. Материалы по морфологии и экологии ларги Татарского пролива // Исследования морских млекопитающих. Тр. Атлант-НИРО. Калининград, 1971. Вып. 39. С. 238–252.
6. Методические указания по определению хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов при их совместном присутствии в объектах внешней среды и биоматериале. М.: Высш. шк., 1979. С. 10–18.
7. Другов Ю. С., Родин А. А. Пробоподготовка в экологическом анализе. Практическое руководство. СПб.: Анатолия, 2002. 754 с.
8. Тихомиров Э. А., Клевезаль Г. А. Методы определения возраста некоторых ластоногих // Определение возраста промысловых ластоногих и рациональное использование морских млекопитающих. М.: Наука, 1964. С. 5–20.
9. Wang D. L., Atkinson S., Hoover-Miller A., Li Q. X. Polychlorinated naphthalenes and coplanar polychlorinated biphenyls in tissues of harbor seals (*Phoca vitulina*) from the northern Gulf of Alaska // Chemosphere. 2007. Vol. 67. P. 2044–2057.
10. Ishibashi H., Iwata H., Kim E.-Y., Tao L., Kannan K., Amano M., Miyazaki N., Tanabe S., Batoev V. B., Petrov E. A. Contamination and effects of perfluorochemicals in Baikal Seal (*Pusa sibirica*). 1. Residue level, tissue distribution, and temporal trend // Environmental Science and Technology. 2008. Vol. 42. P. 2295–2301.
11. Miranda Filho K. C., Metcalfe C. D., Metcalfe T. L., Muelbert M. M., Robaldo R. B., Martinez P. E. Lactational transfer of PCBs and chlorinated pesticides in pups of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) from Antarctica // Chemosphere. 2009. Vol. 75. P. 610–616.
12. Greig D. J., Ylitalo G. M., Wheeler E. A., Boyd D., Gulland F. M. D., Yanagida G. K., Harvey J. T., Hall A. J. Geography and stage of development affect persistent organic pollutants in stranded and wild-caught harbor seal pups from central California // Science of the Total Environment. 2011. Vol. 409. P. 3537–3547.

13. Трухин А. М., Слинью Е. Н., Колосова Л. Ф. Уровень содержания тяжелых металлов в организме ларги (*Phoca largha*) Японского моря // Морские млекопитающие Голарктики: Мат-лы 6-й Международ. конф. Калининград, 11–15 октября 2010 г. Калининград: Капрос, 2010. С. 575–578.
14. Ровинский Ф. Я., Воронова Л. Д., Афанасьев М. И., Денисова А. В., Пушкарь И. Г. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 270 с.
15. Ващенко М. А., Сяпина И. Г., Жадан П. М. ДДТ и гексахлорциклопексан в донных осадках и печени камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* из Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) // Экология. 2005. № 1. С. 64–68.
16. Nakata H., Tanabe S., Tatsukawa R., Koyama Y., Miyazaki N., Belikov S., Boltunov A. Persistent organochlorine contaminants in ringed seal (*Phoca hispida*) from the Kara Sea, the Russian Arctic // Environ Toxic Chem. 1998. Vol. 17. P. 1745–1755.
17. Watanabe M., Tanabe S., Tatsukawa R., Amano M., Miyazaki N., Petrov E. A., Khuraskin S. L. Contamination levels and specific accumulation of persistent organochlorines in Caspian Seal (*Phoca caspica*) from the Caspian Sea, Russia // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1999. Vol. 37. P. 396–407.
18. Chiba I., Sakakibara A., Iwata H., Ishizuka M., Tanabe S., Akahori F., Kazusaka A., Fujita S. Hepatic microsomal cytochrome P450S and chlorinated hydrocarbons in largha and ribbon seals from Hokkaido, Japan: Differential response of seal species to AH receptor agonist exposure // Environmental Toxicology and Chemistry. 2002. Vol. 21. P. 794–806.
19. Kajiwara N., Ueno D., Takahashi A., Ababa N., Tanabe S. Polybrominated diphenyl ethers and organochlorines in archived northern fur seal samples from the Pacific Coast of Japan, 1972–1998 // Environmental Science and Technology. 2004. Vol. 38. P. 3804–3809.
20. Kim G. B., Lee J. S., Tanabe S., Iwata H., Tatsukawa R., Shimazaki K. Specific accumulation and distribution of butyltin compounds in various organs and tissues of Steller's sea lion (*Eumetopias jubatus*): comparison with organochlorine accumulation pattern // Marine Pollution Bulletin. 1996. Vol. 32. P. 558–563.
21. Krahn M. M., Becker P. R., Tibury K. L., Stein J. E. Organochlorine contaminants in blubber of four seal species: Integrating biomonitoring and banking // Chemosphere. 1997. Vol. 34. P. 2109–2121.
22. Lee J. S., Tanabe S., Umino H., Tatsukawa R., Loughlin R., Calkins D. C. Persistent organochlorines in Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) from the bulk of Alaska and the Bering Sea, 1976–1981 // Marine Pollution Bulletin. 1996. Vol. 32. P. 535–544.
23. Quakenbush L. T., Citta J. J. Perfluorinated contaminants in ringed, bearded, spotted, and ribbon seals from the Alaskan Bering and Chukchi Seas // Ibid. 2008. Vol. 56. P. 1809–1814.
24. Quakenbush L., Sheffield G. Ice seal bio-monitoring in the Bering-Chukchi Sea region. North Pacific Research Board (NPRB) Project 312 Final Report Alaska Department of Fish and Game. Fairbanks, 2007. 47 p.
25. Трухин А. М. Ларга. Владивосток: Дальнаука, 2005. 246 с.
26. Shaw S. D., Brenner D., Bourakovsky A., Mahaffey C. A., Perkins C. R. Polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides in harbor seals (*Phoca vitulina colorata*) from the northwestern Atlantic coast // Marine Pollution Bulletin. 2005. Vol. 50. P. 1069–1084.

## Chlorinated Pesticides in Tissues and Organs of Spotted Seal (*Phocalargha Pallas, 1811*) from the Sea of Japan

A. M. TRUKHIN, M. D. BOYAROVA\*

V. I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS  
690041, Vladivostok, Baltiyskaya str., 43  
E-mail: trukhin@poi.dvo.ru

\*Pacific State Economics University  
690091, Vladivostok, Okeanskiy ave., 19

Concentrations of chlorinated hydrocarbons and their derivatives in the organs of spotted seals captured in the Sea of Japan were determined. The isomers of hexachlorocyclohexane (HCCH) and metabolites of dichlorodiphenyltrichloromethylmethane (DDT) were detected in all the studied animals in all samples but the highest concentrations were detected in adipose tissue, which is a peculiar depot in which toxins are accumulated. Substantial differences in the extent of damage by toxins were discovered in the seals of different populations, which is due to different intensities of the action of technogenic load on separate water areas. The level of accumulation of lipophil xenobiotics in the tissues and organs of spotted seals from the Sea of Japan, in particular from the Gulf of Peter the Great, turned out to be very high, several orders of magnitude higher than that in spotted seals from the Tatar Strait and the coastal region of Hokkaido. Such a high level of chlorinated organics have not yet been detected in any Pinnipeds inhabiting the northern part of the Pacific ocean. The results of our studies allow us to state that chlorinated organics are present in the ecosystem of the Sea of Japan for a long time and have undergone substantial transformation.

**Key words:** pollution, toxic substances, chlorinated organic pesticides, HCCH, DDT, spotted seal, the Sea of Japan.