ГЛАВА 11

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ОТ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (СОЗ) В МОРСКИХ ОРГАНИЗМАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

М.М. Донец¹, В.Ю. Цыганков^{1,2}

В главе представлены результаты расчета экологического риска для здоровья при употреблении населением Дальнего Востока (ДВ) тихоокеанских лососей, камбал и морских млекопитающих, содержащих стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ). Риск повышения вероятности развития рака обнаружен для всех исследованных организмов. Необходим мониторинг СОЗ и их влияние на здоровья жителей ДВ России.

Ключевые слова: СОЗ, ДДТ, ГХЦГ, ПХБ, экологические риски для здоровья, тихоокеанские лососи, камбалы, морские млекопитающие.

¹ Школа биомедицины, Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), 690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10. E-mail: maksim.donecz@mail.ru.

² Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), 690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

¹ School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island Vladivostok, Russia, 690922. E-mail: maksim.donecz@mail.ru.

² School of School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island Vladivostok, Russia, 690922.

Для цитирования: Донец М.М., Цыганков В.Ю. Экологические риски от стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в морских организмах северо-западной части Тихого океана // Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек : монография / В.Ю. Цыганков, М.М. Донец, Н.К. Христофорова [и др.] ; науч. ред. В.Ю. Цыганков. – Владивосток : Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2020. – С. 263–282. – <https://doi.org/10.24866/7444-4891-2/263-282>.

For citing: Donets M.M., Tsygankov V.Yu. Environmental health risks from persistent organic pollutants (POPs) in marine organisms from the Northwest Pacific Ocean // Persistent organic pollutants (POPs) in the Far Eastern Region: Seas, Organisms, Human : monograph / V.Yu. Tsygankov, M.M. Donets, N.K. Khristoforova [et al.] ; ed. by V.Yu. Tsygankov. – Vladivostok : Publishing House of the Far Eastern Federal University, 2020. – P. 263–282. – <https://doi.org/10.24866/7444-4891-2/263-282>.

CHAPTER 11. Environmental health risks from persistent organic pollutants (POPs) in marine organisms from the Northwest Pacific Ocean

M.M. Donets¹, V.Yu. Tsygankov^{1,2}

The chapter presents the results of environmental health risk assessment from the consumption of Pacific salmon, flounders and marine mammals containing persistent organic pollutants (POPs) by the population of the Far East. The incremental lifetime cancer risk was found for all studied organisms. Monitoring of POPs and their impact on the health of residents of the Russian Far East is required.

Keywords: POPs, DDTs, HCHs, PCBs, environmental health risks, Pacific salmon, flounders, marine mammals

Понимание воздействия поллютантов из окружающей среды на здоровье человека требует знаний взаимосвязей в цепочке «источник загрязнения–последствия для здоровья» [13]. Ее можно описать как концептуальную основу для оценки риска для здоровья человека, которая объединяет знания и методы из химии, физиологии, биологии, математики, физики, медицины и других соответствующих дисциплин.

Оценка экологического риска для здоровья человека – сложный многофакторный процесс, который учитывает физико-химические свойства вещества (полученные экспериментально или с помощью моделей), способы поступления в организм, зависимость доза-эффект, потенциал биоаккумуляции, распространение и поведение в окружающей среде. Несмотря на множество переменных в процессе оценки риска, она обеспечивает методологический подход для определения безопасных уровней воздействия различных контаминантов, не допуская снижение качества жизни и здоровья населения [7].

Все СОЗ это вещества с высокой токсичностью, способные к биоаккумуляции и биомагнификации, в связи с чем они концентрируются в ор-

ганизме человека, даже если их уровни в пище ниже допустимых [8]. Несмотря на высокую актуальность подобных исследований, в России они практически не проводятся.

Оценка рисков для здоровья включает в себя следующие этапы:

1. Идентификация опасности (качественная идентификация того, какие потенциальные угрозы здоровью могут быть вызваны конкретными физическими, биологическими или химическими агентами).
2. Оценка воздействия (оценка воздействия этих агентов на человека).
3. Характеристика взаимосвязи доза-эффект (оценка активности, вероятности конкретного вида вреда на единицу воздействия агента или агентов).
4. Характеристика риска (описание ожидаемого воздействия агентов на здоровье, количественное и качественное описание неопределенности).

За оценкой почти всегда следует управление риском. Задача оценки риска для здоровья – определить, является ли оцененный риск приемлемым, а в случае неприемлемости – принять меры по его снижению.

11.1. Методика расчета экологического риска для здоровья

Для оценки экологического риска для здоровья рассчитываются коэффициент опасности (HQ) и коэффициент риска развития рака в течение жизни ($ILCR$). HQ показывает возможность возникновения острого отравления в течение года, $ILCR$ указывает на увеличение вероятности развития онкологических заболеваний от поступления поллютантов в организм человека в течение всей жизни [17, 25].

HQ и $ILCR$ рассчитываются без учета поступления ХОП и ПХБ через другие источники (вода, воздух, контакт с кожей) и показывают возможные неблагоприятные последствия для здоровья только от употребления «загрязненной» пищи. HQ рассчитывается по формуле:

$$HQ = \frac{EDI}{TDI},$$

где EDI – среднее употребление токсиканта с пищей, мг/кг в день; TDI – количество токсичного вещества, не вызывающего отравления у человека, мг/кг в день [17, 25]. При значении $HQ > 0,2$ риск отравления для людей потенциально существует. Среднесуточное употребление (EDI) рассчитывали следующим образом:

$$EDI = \frac{C_{food} \cdot IR_{food} \cdot AF_{GIT} \cdot D_d \cdot D_y}{BW \cdot 365 \cdot LE},$$

где C_{food} – концентрация токсиканта в рыбе, мг/кг; IR_{food} – среднее употребление рыбы, кг/день; AF_{GIT} – фактор адсорбции токсиканта в желудочно-кишечном тракте (принимается равным 1, если отсутствуют другие данные); D_d – количество дней, в которые происходит употребление загрязненной рыбы, дни; D_y – длительность употребления загрязненной рыбы, лет (для расчета коэффициента опасности не учитывается и принимается равным 1, для расчета риска развития рака принимается равным 65 годам); BW – средний вес тела человека, кг (по данным Росстата для населения Дальнего Востока средний вес тела составляет 70 кг); LE – средняя продолжительность жизни, лет (по данным Росстата, для местного населения Дальнего Востока составляет 70 лет).

$ILCR$ рассчитывается следующим образом:

$$ILCR = EDI \cdot SF_{oral},$$

где SF_{oral} – канцерогенный потенциал, показывающий, насколько повышается риск развития рака при поглощении токсиканта, кг в день/мг. Если $ILCR > 1 \cdot 10^{-5}$, риск потенциально возможен.

В работе использовали модифицированный инструмент для расчета риска Persistent Organic Pollutants Toolkit (рис. 11.1, 11.2).

☞ Use this tool to calculate the Hazard Quotient (HQ) for a threshold contaminant (see training material for more information).
If a Hazard Quotient greater than 0.2 is calculated, a risk to human health potentially exists.

› **Accidental Soil Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Water Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Food Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Inhalation of contaminated particles Dose Calculation** (show)

› **Dermal contact with contaminated soil Dose Calculation** (show)

Calculation of Hazard Quotient:

$$HQ = \frac{(\text{Dose}_{\text{SoilIngestion}} + \text{Dose}_{\text{WaterIngestion}} + \text{Dose}_{\text{FoodIngestion}} + \text{Dose}_{\text{ParticleInhalation}} + \text{Dose}_{\text{DermalContact}})}{\text{TDI}} =$$

TDI = mg/kg - day Tolerable daily intake (TDI) (see Table: [Health Canada's TDIs](#), or [US EPA's TDIs](#)).

Dose_{SoilIngestion} = mg/kg - day

Dose_{WaterIngestion} = mg/kg - day

Dose_{FoodIngestion} = mg/kg - day

Dose_{ParticleInhalation} = mg/kg - day

Dose_{DermalContact} = mg/kg - day

Total Dose = mg/kg - day

Error: footer could not be retrieved!

Рис. 11.1. Инструмент для расчета коэффициента опасности (HQ)

☞ Use this tool to calculate the Incremental Lifetime Cancer Risk (ILCR) for a non-threshold contaminant (see training material for more information).
If an Incremental Lifetime Cancer Risk greater than 1×10^{-5} is calculated, a cancer risk potentially exists.

› **Accidental Soil Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Water Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Food Ingestion Dose Calculation** (show)

› **Inhalation of contaminated particles Dose Calculation** (show)

› **Dermal contact with contaminated soil Dose Calculation** (show)

Total Calculation of Incremental Lifetime Cancer Risk:

$$ILCR = \frac{((\text{Dose}_{\text{SoilIngestion}} + \text{Dose}_{\text{WaterIngestion}} + \text{Dose}_{\text{FoodIngestion}}) \times \text{SF}_{\text{Oral}}) + (\text{Dose}_{\text{ParticleInhalation}} \times \text{SF}_{\text{Inhalation}}) + (\text{Dose}_{\text{DermalContact}} \times \text{SF}_{\text{Dermal}})}{\text{Total Dose}} =$$

SF_{Oral} = (kg day)/mg Oral slope factor for contaminant (see Table: [Health Canada's Slope Factors](#), or [US EPA's Slope Factors](#)).

SF_{Inhalation} = (kg day)/mg Oral slope factor for contaminant (see Table: [Health Canada's Slope Factors](#), or [US EPA's Slope Factors](#)).

SF_{Dermal} = (kg day)/mg Dermal slope factor for contaminant (see Table: [Health Canada's Slope Factors](#), or [US EPA's Slope Factors](#)). Where SF_{Dermal} is not available, use the SF_{Oral} value.

Dose_{SoilIngestion} = mg/(kg day)

Dose_{WaterIngestion} = mg/(kg day)

Dose_{FoodIngestion} = mg/(kg day)

Dose_{ParticleInhalation} = mg/(kg day)

Dose_{DermalContact} = mg/(kg day)

Total Dose = mg/(kg day)

Error: footer could not be retrieved!

Рис. 11.2. Инструмент для расчета риска развития рака на протяжении всей жизни (ILCR)

11.2. Экологические риски от СОЗ для здоровья жителей Дальнего Востока

11.2.1. Тихоокеанские лососи

Водные экосистемы считаются конечными «акцепторами» СОЗ [19] и, ввиду своей липофильности, концентрируются в тканях гидробионтов, в частности рыб. Во многих странах рыба и рыбопродукты составляют основу рациона местного населения (например, в Японии, Индонезии и др.). В связи с этим практически по всему миру осуществляется государственное регулирование предельно допустимых концентраций (ПДК) СОЗ (в частности – ХОП и ПХБ) в тканях морских организмов (табл. 11.1). В России существует множество санитарно-гигиенических нормативов, направленных на обеспечение продовольственной безопасности пищевых продуктов. Наиболее важными документами, устанавливающими гигиенические требования к рыбе и нерыбным объектам морского промысла, являются СанПин 2.3.2.1078-01, ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016. [4–6].

Тихоокеанские лососи относятся к национальным богатствам России. Это наиболее популярные виды рыб, занимающие 2–3 место по вылову после минтая и сельди [1]. При этом, во всех исследованных нами лососевых рыбах обнаруживаются СОЗ, что может потенциально вызывать различные негативные эффекты для здоровья населения.

Дальний Восток России является рекорсменом по употреблению рыбы и рыбопродуктов по всей стране и опережает средние показатели по регионам на 9 кг/год (29 кг/год на Дальнем Востоке против 20 кг/год в среднем по России) [1]. Это показывает необходимость проведения постоянной оценки экологического риска от употребления рыбы и рыбопродуктов, особенно – тихоокеанских лососей, ввиду их широкого распространения и популярности.

Для расчета экологического риска для здоровья жителей Дальнего Востока от употребления тихоокеанских лососей принято абсолютное значение 29 кг филе на человека в год, так как на сегодняшний день отсутствует информация о среднем употреблении каждого отдельного органа рыбы. Данные для расчета риска от лососей взяты из Главы 6. Для расчета риска концентрации токсикантов представлены в мг/кг сырой массы (табл. 11.2).

Таблица 11.1

**Гигиенические требования (допустимые концентрации)
к безопасности рыбы и рыбной продукции по содержанию ХОП
и ПХБ в России и других странах, нг/г сырой массы**

Страна / Организация	Вещество	ПДК	Примечание	Ссылка
Россия	ГХЦГ ¹	200	Виды продукции из морской рыбы и мясо морских млекопитающих (кроме печени и рыбного жира); Икра, молоки рыб и продукты из них; Аналогии икры.	[6]
		100	Рыбный жир	
		1000	Печень рыб и продукты из нее	
		2000	Осетровые, лососевые, сельдь жирная – все виды продукции (кроме печени, икры и молоки), в т.ч. сушеная, копченая, соленая, пряная, маринованная, рыбная кулинария и другая продукция, готовая к употреблению	
	ДДТ ²	400	Икра и молоки рыб (всех видов) и продукты из них; Аналогии икры	
		3000	Печень рыб и продукты из нее	
		2000	Виды рыбной продукции (кроме печени и рыбного жира) и мяса морских млекопитающих, в т.ч. сушеная продукция	
		5000	Печень рыб и продукты из нее	
	ПХБ ³	3000	Рыбный жир	
		2000	Рыба живая, рыба-сырец, охлажденная, мороженая, фарш, филе, мясо морских млекопитающих	
		200	Икра и молоки рыб (всех видов) и продукты из них; Аналогии икры.	
		1000	Печень рыб и продукты из нее	
	ГХЦГ	2000	Рыба живая, рыба-сырец, охлажденная, мороженая, фарш, филе, мясо морских млекопитающих (осетровые, лососевые, сельдь)	[4]
		2000	Икра и молоки рыб (всех видов) и продукты из них; Аналогии икры	
		3000	Печень рыб и продукты из нее	
		2000	Виды рыбной продукции (кроме печени и рыбного жира) и мяса морских млекопитающих, в т.ч. сушеная продукция	
	ПХБ	3000	Рыбный жир	
		5000	Печень рыб и продукты из нее	
		2000	Все виды пищевой рыбной продукции (кроме печени и жира пищевого из рыбы), в т.ч. сушеная продукция	
		2000	Съедобная часть	
США	ДДТ ⁴	5000	Рыба и моллюски	[11]
Канада	ПХБ	2000	Все виды рыб	[10]
	ГХЦГ ⁵	100	Все виды рыб	[9]
	ДДТ	5000	Все виды рыб	
	ПХБ	2000	Все виды рыб	
Австралия, Новая Зеландия	ГХЦГ ⁶	10	Все виды рыб	[14]
	Линдан	1000	Все виды рыб	
	ДДТ ⁷	1000	Все виды рыб	
	ПХБ	500	Все виды рыб	[15]

Тайланд	ГХЦГ	500	Все виды рыб	[24]
	ДДТ	5000	Все виды рыб	
Китай	ГХЦГ ⁸	100	Продукты морского происхождения	[22]
	ДДТ ⁷	500	Продукты морского происхождения	
	ПХБ ⁹	500	Морские животные и продукты из них	[21]
Гонконг	ДДТ	18000	Рыба, морепродукты и продукты из них	[16]
ВОЗ ¹⁰	ГХЦГ	200		[26]
Германия	ГХЦГ	500		[18]
	ДДТ	5000		
ФАО/ВОЗ ¹¹	ДДТ и	200	Все виды рыб	[20]
CREM/CBI ¹²	ДДТ	5000		[23]
ЕС ¹³	ДДТ	100		[12]

¹ ГХЦГ (сумма α -, β -, γ -изомеров).

² ДДТ и его метаболиты (ДДД и ДДЕ).

³ Сумма всех конгенеров ПХБ

⁴ Действующий уровень ДДТ, ДДД и ДДЕ используется как для индивидуальных пестицидов, так и для суммы. Однако при подсчете общей суммы, концентрации ДДТ, ДДД и ДДЕ ниже 200 нг/г не учитываются.

⁵ В таблице допустимых уровней содержания загрязняющих веществ в рыбе и рыбных продуктах, ГХЦГ (сумма изомеров) обозначен как «Прочие сельскохозяйственные химикаты или их производные».

⁶ ГХЦГ (все изомеры, исключая γ -ГХЦГ, линдан).

⁷ Сумма p,p' -ДДТ, o,p' -ДДТ, p,p' -ДДЕ и p,p' -ДДД.

⁸ Сумма α -, β -, γ -, δ -изомеров ГХЦГ

⁹ Сумма ПХБ 28, ПХБ 52, ПХБ 101, ПХБ 118, ПХБ 138, ПХБ 153 и ПХБ 180

¹⁰ Всемирная организация здравоохранения.

¹¹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) и ВОЗ.

¹² Консультирование и исследования в области экологического менеджмента/центр по продвижению импорта из развивающихся стран

¹³ Европейский Союз.

Концентрации в горбуше 2017 г. вылова представляют собой суммарные уровни токсикантов из оз. Азабачье и р. Поронай, так как при приобретении рыбы зачастую отсутствует возможность узнать точное место вылова рыбы. Стоит отметить, что при пересчете концентраций на сырую массу, ни одно из соединений не превысило допустимых уровней гигиенических нормативов.

Результаты расчетов экологического риса для горбуши, кеты, симы, чавычи и нерки представлены в таблицах 11.3–11.7.

Таблица 11.2

Средние концентрации пестицидов и ПХБ в мышцах тихоокеанских лососей различных годов вылова, мг/кг сырой массы

Вид	Год отбора	Концентрация, мг/кг сырой массы						
		α -ГХЦГ	β -ГХЦГ	γ -ГХЦГ	ДДТ ¹	ДДД	ДДЕ	ΣПХБ
Горбуша	2012	0,025	0,0049	0,0031	<ПО ²	<ПО	0,0023	– ³
	2017	0,002	0,0006	0,00008	0,00047	0,00027	0,0014	0,00164
Кета	2013	0,021	0,014	0,0065	<ПО	<ПО	0,0047	–
	2018	0,0002	0,00002	0,00001	<ПО	<ПО	0,00002	0,0002
Сима	2017	0,0006	0,00025	0,00012	0,00046	0,0005	0,00016	0,00205
Чавыча	2010	0,007	<ПО	0,0076	<ПО	<ПО	0,0056	–
	2018	0,00003	0,00023	0,00005	0,00005	0,00012	0,00006	0,00142
Нерка	2011	0,017	<ПО	0,00272	<ПО	<ПО	0,0016	–
	2017	<ПО	0,00038	<ПО	0,00004	0,00039	0,00002	0,0005
	2018	0,00003	0,00023	0,00004	0,00026	0,00024	0,00005	0,00108

¹ сумма *o,p'* и *p,p'* изомеров

² ниже пределов обнаружения

³ не исследовалось

Таблица 11.3

Оценка экологического риска от СОЗ, обнаруженных в мышцах (филе) горбуши для местного населения Дальнего Востока России

Соединение	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
2012				
α -ГХЦГ	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$
β -ГХЦГ	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$
γ -ГХЦГ	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$
ДДЕ	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-7}$
2017				
α -ГХЦГ	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
β -ГХЦГ	$6,8 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
γ -ГХЦГ	$8,8 \cdot 10^{-8}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
ДДТ	$5,4 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
ДДД	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-8}$
ДДЕ	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$5,1 \cdot 10^{-7}$
ΣПХБ	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
ПДК		0,2		$1 \cdot 10^{-5}$

Как видно, риск потенциального развития рака в течение жизни от употребления тихоокеанских лососей, обнаружен для всех рыб 2010–2012 гг. вылова. Причем обуславливают его именно изомеры ГХЦГ (преимущественно – α -форма). Рыба 2017–2018 гг., в целом, безопасна, что от-

ражает снижение концентраций СОЗ в органах тихоокеанских лососей и в окружающей среде в целом. Исключение составляет горбуша 2017 г. (риск развития рака из-за α -ГХЦГ).

Таблица 11.4

**Оценка экологического риска от СОЗ, обнаруженных
в мышцах (филе) кеты для местного населения
Дальнего Востока России**

Соединение	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
2013				
α -ГХЦГ	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
β -ГХЦГ	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
γ -ГХЦГ	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$
ДДЕ	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
2018				
α -ГХЦГ	$2,1 \cdot 10^{-7}$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
β -ГХЦГ	$2,3 \cdot 10^{-8}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$
γ -ГХЦГ	$6,1 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-9}$	$7,5 \cdot 10^{-9}$
ДДЕ	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$8,5 \cdot 10^{-9}$
ΣПХБ	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-7}$
ПДК		0,2		$1 \cdot 10^{-5}$

Таблица 11.5

**Оценка экологического риска от СОЗ, обнаруженных
в мышцах (филе) симы 2017 г. вылова для местного населения
Дальнего Востока России**

Соединение	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
α -ГХЦГ	$7,2 \cdot 10^{-7}$	0,00241	$6,8 \cdot 10^{-7}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$
β -ГХЦГ	$2,9 \cdot 10^{-7}$	0,00097	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$
γ -ГХЦГ	$1,4 \cdot 10^{-7}$	0,00045	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
ДДТ	$5,2 \cdot 10^{-7}$	0,00105	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
ДДД	$5,7 \cdot 10^{-7}$	0,00113	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$
ДДЕ	$1,8 \cdot 10^{-7}$	0,00037	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$5,9 \cdot 10^{-8}$
ΣПХБ	$2,3 \cdot 10^{-6}$	0,01799	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$
ПДК		0,2		$1 \cdot 10^{-5}$

Как уже указывалось, для расчетов использовалось абсолютное значение 29 кг мяса рыбы/год и, вероятно, реального риска развития онкологии именно от СОЗ, содержащихся в тихоокеанских лососях нет. Тем не менее, результаты расчетов показывают, что потенциальный риск возможен. Это, в свою очередь говорит о необходимости внедрения системы оценки рисков в нормативную базу России и актуализацию существую-

щих нормативных документов, устанавливающих требования к безопасности пищевой продукции, в частности – к рыбе и морепродуктам.

Таблица 11.6

Оценка экологического риска от СОЗ, обнаруженных в мышцах (филе) чавычи для местного населения Дальнего Востока России

Соединение	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
2010				
α -ГХЦГ	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$
γ -ГХЦГ	$8,7 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$
ДДЕ	$6,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
2018				
α -ГХЦГ	$3,3 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
β -ГХЦГ	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-7}$
γ -ГХЦГ	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	$7,6 \cdot 10^{-8}$
ДДТ	$5,6 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$
ДДД	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-8}$
ДДЕ	$7,0 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
СПХБ	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$
ПДК		0,2		$1 \cdot 10^{-5}$

Таблица 11.7

Оценка экологического риска от СОЗ, обнаруженных в мышцах (филе) нерки для местного населения Дальнего Востока России

Соединение	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
2012				
α -ГХЦГ	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
γ -ГХЦГ	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$
ДДЕ	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$
2017				
β -ГХЦГ	$4,4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$7,4 \cdot 10^{-7}$
ДДТ	$5,1 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$
ДДД	$4,4 \cdot 10^{-7}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
ДДЕ	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-9}$
СПХБ	$5,2 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$9,7 \cdot 10^{-7}$
2018				
α -ГХЦГ	$3,8 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-8}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$
β -ГХЦГ	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-7}$
γ -ГХЦГ	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$
ДДТ	$2,9 \cdot 10^{-7}$	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$9,4 \cdot 10^{-8}$
ДДД	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$
ДДЕ	$5,4 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$
СПХБ	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$
ПДК		0,2		$1 \cdot 10^{-5}$

11.2.2. Камбалы

Дальневосточные моря (Японское, Охотское и Берингово) являются основными промысловыми зонами Российской Федерации. Вылавливаемые на Дальнем Востоке камбалы относятся к наиболее важным для промысла объектам, составляя 9,5 % общего объёма вылова рыбы в регионе [1]. Объём вылова, разнообразие видов и невысокая цена на рынке определяют их особое значение в структуре питания местного населения. Один из важнейших видов камбал — палтусовидная камбала рода *Hippoglossoides*, широко распространённая в Охотском и Японском морях, а также в Татарском проливе. Нами исследованы уровни СОЗ в мышцах южной (*H. dubius*) и северной (*H. robustus*) палтусовидных камбал (глава 6). Для расчета экологического риска концентрации токсикантов пересчитаны на сырую массу (табл. 11.8).

Согласно полученным данным, концентрации ХОП и ПХБ в камбалах из всех исследованных районов не превышают гигиенических нормативов, установленных в России [4]. Среднесуточное поступление токсиканта (EDI), коэффициент риска (HQ) и риск развития рака в течении жизни (ILCR) при употреблении мяса палтусовидных камбал из всех исследованных районов представлены в таблице 11.9.

Таблица 11.8

Средние концентрации исследованных СОЗ в мышцах камбал, мг/кг сырой массы

Район	α -ГХЦГ	β -ГХЦГ	γ -ГХЦГ	ДДД	ДДЕ	ПХБ
Восток Охотского моря	— ¹	$1,0 \cdot 10^{-4}$	—	$1,0 \cdot 10^{-4}$	—	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Юг Охотского моря	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	—	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$
Татарский пролив	—	$3,8 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	$7,8 \cdot 10^{-4}$
Японское море	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$
ПДК²	0,2³			2,0⁴		2,0⁵

¹ концентрации ниже пределов обнаружения оборудования;

² предельно допустимая концентрация [4];

³ для суммы всех изомеров;

⁴ для суммы всех метаболитов;

⁵ для суммы всех конгенеров.

Таблица 11.9

**Оценка экологического риска для жителей Дальнего Востока России
при употреблении камбал из дальневосточных морей России**

Токсикант	EDI для HQ	HQ	EDI для ILCR	ILCR
Восток Охотского моря				
β-ГХЦГ	$1,14 \cdot 10^{-7}$	0,0004	$1,08 \cdot 10^{-7}$	$1,94 \cdot 10^{-7}$
ДДД	$1,17 \cdot 10^{-7}$	0,0002	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$2,64 \cdot 10^{-8}$
ПХБ	$2,88 \cdot 10^{-7}$	0,0022	$2,71 \cdot 10^{-7}$	$5,43 \cdot 10^{-7}$
Юг Охотского моря				
α-ГХЦГ	$4,46 \cdot 10^{-8}$	0,0001	$4,2 \cdot 10^{-8}$	$2,65 \cdot 10^{-7}$
β-ГХЦГ	$3,33 \cdot 10^{-7}$	0,0011	$3,13 \cdot 10^{-7}$	$5,64 \cdot 10^{-7}$
ДДД	$1,45 \cdot 10^{-7}$	0,0003	$1,37 \cdot 10^{-7}$	$3,28 \cdot 10^{-8}$
ДДЕ	$8,28 \cdot 10^{-8}$	0,0002	$7,8 \cdot 10^{-8}$	$2,65 \cdot 10^{-8}$
ПХБ	$8,13 \cdot 10^{-7}$	0,0063	$7,66 \cdot 10^{-7}$	$1,53 \cdot 10^{-6}$
Татарский пролив				
β-ГХЦГ	$4,34 \cdot 10^{-7}$	0,0014	$4,09 \cdot 10^{-7}$	$7,36 \cdot 10^{-7}$
ПХБ	$8,92 \cdot 10^{-7}$	0,0069	$8,4 \cdot 10^{-7}$	$1,68 \cdot 10^{-6}$
Японское море				
α-ГХЦГ	$1,4 \cdot 10^{-8}$	0,00005	$1,32 \cdot 10^{-8}$	$8,31 \cdot 10^{-8}$
β-ГХЦГ	$4,22 \cdot 10^{-7}$	0,0014	$3,97 \cdot 10^{-7}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$
γ-ГХЦГ	$1,59 \cdot 10^{-8}$	0,0001	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$1,94 \cdot 10^{-8}$
ДДД	$1,06 \cdot 10^{-7}$	0,0002	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$
ДДЕ	$7,61 \cdot 10^{-8}$	0,0002	$7,17 \cdot 10^{-8}$	$2,44 \cdot 10^{-8}$
ПХБ	$1,15 \cdot 10^{-5}$	0,0885	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$
Допустимый уровень		HQ<0,2		ILCR<1·10⁻⁵

Согласно полученным данным, HQ был меньше 0,2 во всех случаях. Однако в камбалах из б. Рифовая (Японское море) зафиксировано превышение допустимых уровней ILCR чуть более, чем в 2 раза из-за больших уровней накопления ПХБ. Это говорит о необходимости включения методики оценки риска для здоровья в доказательную методологическую базу нормативных документов РФ. На сегодняшний день существует острая необходимость в проведении природоохранных мероприятий в этой бухте (снижение количества отдыхающих, замена старых трансформаторов, использующих ПХБ на более новые, снижение судоходства в этом районе) и тщательная проверка вылавливаемой здесь рыбы.

11.2.3. Морские млекопитающие

В настоящее время особенностью Российского Севера является параллельное ведение двух противоположных типов хозяйствования. Одно из них – традиционное, другое – современное, что отражается на рационе питания местного населения [2].

Традиционный рацион коренного населения крайнего Севера формировался столетиями и за счет недоступности легкоусваиваемых углеводов состоял, в основном, из жиров и белка. Во внутренних частях континента потребность людей в эссенциальных пищевых компонентах удовлетворялась, в первую очередь, за счет оленеводства и охоты, на побережье Российского Севера основными источниками пищи являлись морские организмы. Появление легкодоступных продуктов (макароны, крупы, овощи), богатых углеводами, привело к снижению уровней потребления традиционной «варварской» пищи (мяса китов, моржей и тюленей). В противовес привычной пище народов Российского Севера ставились привычные современным людям продукты пищевой промышленности, производимые в более южных районах страны [3], что в свою очередь привело к значительному падению потребления продуктов из морских млекопитающих (по данным 2008 г. – с 83,6 до 52 кг/год на человека). Развал СССР и последовавший за этим экономический кризис практически полностью оборвали поставки продуктов в районы крайнего Севера и заставили коренное население вновь обратить свое внимание на традиционные источники пищи.

На сегодняшний день не существует официальной статистики потребления коренным населением Чукотки мяса и субпродуктов морских млекопитающих. Однако согласно работе [3], до 80 % местного населения отдает предпочтение традиционной кухне, в том числе использующей продукты морского зверобойного промысла – китов и моржей. В связи с этим, для исследованных особей серого кита и тихоокеанского моржа рассчитывались максимально допустимые уровни потребления (кг/мес на одного человека), при которых существует потенциальный риск развития рака в течение жизни (ILCR) или возникновение острого отравления (HQ). Оценка коэффициентов HQ и ILCR проводилась отдельно, поскольку они учитывают разные величины и могут проявляться при разных уровнях употребления.

Концентрации поллютантов, обнаруженных нами в мышцах и печени самок и самцов серых китов и тихоокеанских моржей (Глава 8) в мг/кг сырой массы указаны в таблице 11.10. Стоит отметить, что уровни поллютантов в мясе исследованных млекопитающих не превышали санитарно-гигиенических нормативов Российской Федерации.

Таблица 11.10

**Уровни СОЗ, обнаруженные в мышцах (числитель)
и печени (знаменатель) серого кита и тихоокеанского моржа,
мг/кг сырой массы**

Вид	α -ГХЦГ	β -ГХЦГ	γ -ГХЦГ	ДДТ	ДДЕ
Серый кит	$0,025 \pm 0,026$ $0,017 \pm 0,037$	$0,016 \pm 0,011$ $0,025 \pm 0,015$	$0,010 \pm 0,012$ $0,021 \pm 0,016$	—^1 $0,018 \pm 0,012$	$0,011 \pm 0,006$ $0,020 \pm 0,020$
Тихоокеанский морж	$0,014 \pm 0,017$ $0,421 \pm 0,557$	$0,016 \pm 0,007$ $0,046 \pm 0,059$	$0,029 \pm 0,025$ $0,144 \pm 0,241$	$0,027 \pm 0,005$ $0,268 \pm 0,156$	— $1,944 \pm 2,229$
ПДК	$0,2^2$ 1,0			$0,2^3$ 3,0	

¹ недостаточно образцов для оценки риска

² сумма α -, β - и γ -изомеров ГХЦГ

³ сумма ДДТ и его метаболитов

Расчет максимального потребления мяса и печени серых китов и тихоокеанских моржей (отдельно для самцов и самок) для оценки потенциальной возможности развития рака в течение жизни производился, путем подбора такого среднемесячного потребления, при котором значение коэффициента потенциального риска развития рака в течение жизни для α -ГХЦГ (соединение с наивысшим канцерогенным потенциалом (cancer slope factor) среди всех обнаруженных соединений) составляло $1,0 \cdot 10^{-5}$ (значение указывающее на индивидуальный риск). При оценке риска острого отравления среднесуточное потребление определяли, основываясь на наибольших концентрациях отдельных изомеров ГХЦГ, как имеющих наименьшую допустимую суточную дозу (для изомеров ГХЦГ – 0,0003, для ДДЕ – 0,0005). Результаты расчетов указаны в таблицах 11.11 и 11.12.

Согласно расчетам, потенциальный риск развития отравления наблюдается при употреблении мяса и печени серого кита – 5,0 и 5,1, тихоокеанского моржа – 4,4 и 0,11 кг/мес, соответственно. Аналогичные показатели для потенциального риска развития рака в течение жизни для кита – 0,14 и 0,21; тихоокеанского моржа – 0,26 и 0,01 кг/год, соответственно. Во всех случаях повышение потенциального риска развития рака в течение жизни происходило за счет α -ГХЦГ.

**Максимальные уровни потребления органов млекопитающих,
при которых возникает риск отравления**

Вид	СОЗ	Допустимое потребление, кг/месяц ¹	EDI для HQ ¹	HQ ¹
Серый кит (<i>Eschrichtius robustus</i>)	α-ГХЦГ	<u>5,0</u> 5,1	<u>6,0·10⁻⁵</u> 4,2·10 ⁻⁵	<u>0,20</u> 0,14
	β-ГХЦГ		<u>3,8·10⁻⁵</u> 6,0·10 ⁻⁵	<u>0,13</u> 0,20
	γ-ГХЦГ		<u>2,3·10⁻⁵</u> 5,0·10 ⁻⁵	<u>0,08</u> 0,17
	ДДТ		<ПО ² 4,5·10 ⁻⁵	<ПО 0,09
	ДДЕ		<u>2,6·10⁻⁵</u> 4,8·10 ⁻⁵	<u>0,05</u> 0,10
	α-ГХЦГ	<u>4,4</u> 0,11	<u>2,9·10⁻⁵</u> 2,2·10 ⁻⁵	<u>0,10</u> 0,07
	β-ГХЦГ		<u>3,3·10⁻⁵</u> 2,4·10 ⁻⁶	<u>0,11</u> 0,01
Тихоокеанский морж (<i>Odobenus rosmarus</i>)	γ-ГХЦГ		<u>6,0·10⁻⁵</u> 7,4·10 ⁻⁶	<u>0,20</u> 0,03
	ДДТ		<u>5,6·10⁻⁵</u> 1,4·10 ⁻⁵	<u>0,11</u> 0,03
	ДДЕ		<ПО 1,0·10 ⁻⁴	<ПО 0,20

¹ в числителе – значение для мышц, в знаменателе – для печени

² ниже пределов обнаружения

Согласно данным работы [3], среднегодовое потребление мяса кита составляет 4,3 кг/мес на человека. Полученные нами результаты показывают, что уровни потребления мяса морских млекопитающих не способны вызвать острое отравление организма, однако потенциально могут способствовать развитию онкологических заболеваний. Допустимые уровни потребления печени кита и моржа находятся на очень низком уровне как в отношении потенциального риска отравления, так и повышения риска развития онкологических заболеваний. На сегодняшний день существует высокая необходимость в постоянном мониторинг СОЗ в органах морских млекопитающих, (в особенности – использующихся в пищу), оценка риска для здоровья коренных жителей Чукотского автономного округа, а также государственные меры по снижению риска здоровью местным жителям ЧАО.

Таблица 11.12

**Максимальные уровни потребления органов млекопитающих,
при которых потенциально возможно развитие
раковых заболеваний**

Вид	СОЗ	Допустимое потребление, кг/месяц ¹	EDI для ILCR ¹	ILCR ¹
Серый кит (<i>Eschrichtius robustus</i>)	α -ГХЦГ	<u>0,14</u>	$\frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}}$
		0,21	$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{4,1 \cdot 10^{-6}}$
	β -ГХЦГ		$\frac{6,2 \cdot 10^{-7}}{1,9 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{8,1 \cdot 10^{-7}}{2,5 \cdot 10^{-6}}$
			$\frac{1,7 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{5,8 \cdot 10^{-7}}{5,8 \cdot 10^{-7}}$
	ДДТ		$\frac{6,9 \cdot 10^{-7}}{1,8 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{2,4 \cdot 10^{-7}}{6,2 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}}$
	ДДЕ		$\frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{3,1 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{5,4 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{4,3 \cdot 10^{-6}}{7,0 \cdot 10^{-7}}$
	ДДТ		$\frac{3,1 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{3,4 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{7,3 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{3,4 \cdot 10^{-7}}{2,5 \cdot 10^{-6}}$
Тихоокеанский морж (<i>Odobenus rosmarus</i>)	α -ГХЦГ	<u>0,26</u>	$\frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}}$
		0,01	$\frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{3,1 \cdot 10^{-7}}$
	β -ГХЦГ		$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{5,4 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{4,3 \cdot 10^{-6}}{7,0 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{3,1 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{3,4 \cdot 10^{-7}}$
	ДДТ		$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{7,3 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{3,4 \cdot 10^{-7}}{2,5 \cdot 10^{-6}}$
			$\frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}}$
	ДДЕ		$\frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{3,1 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{5,4 \cdot 10^{-7}}$	$\frac{4,3 \cdot 10^{-6}}{7,0 \cdot 10^{-7}}$
	ДДТ		$\frac{3,1 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{3,4 \cdot 10^{-7}}$
			$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{7,3 \cdot 10^{-6}}$	$\frac{3,4 \cdot 10^{-7}}{2,5 \cdot 10^{-6}}$

¹ в числителе – значение для мышц, в знаменателе – для печени

² ниже пределов обнаружения

11.3. Заключение

Оценка экологического риска для здоровья – это новый прогрессивный метод оценки качества и безопасности пищевых продуктов, основывающийся на фундаментальных знаниях медицины, токсикологии и экологии, что рекомендует его для включения в нормативную базу Российской Федерации. Несмотря на значительное снижение уровней СОЗ в Мировом океане, для всех исследованных организмов, употребляемых человеком в пищу на Дальнем Востоке России обнаружен потенциальный риск развития онкологических заболеваний. Наибольшую опасность представляют мясо и печень млекопитающих, используемых в пищу коренными народами Чукотского автономного округа. Наименьшую опасность показали камбалы, выловлен-

ные в дальневосточных морях России – риск обнаружен только для рыб из Японского моря, прибрежные воды которого считаются загрязненными или сильно загрязненными. Тихоокеанские лососи, как мигрирующие виды, меньше подвержены локальным источникам загрязнения морской среды и отражают общую тенденцию к выведению СОЗ из экосистем Мирового океана. Однако несмотря на снижение загрязненности, риск теоретически возможен при их употреблении на уровне 29 кг/год. Для снижения потенциальной опасности для здоровья населения Дальнего Востока рекомендуется государственное вмешательство и управление рисками.

11.4. Список литературы

1. Ворожбит, О.Ю. Рыбная промышленность Дальнего Востока России: современное состояние, проблемы и перспективы конкурентоспособности / О.Ю. Ворожбит, Т.Е. Даниловских, И.А. Кузьмичева [и др.]. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2016. – 156 с.
2. Дударев, А.А. Персистентные полихлорированные углеводороды и тяжелые металлы в арктической биосфере: основные закономерности экспозиции репродуктивное здоровье коренных жителей / А.А. Дударев // Биосфера. – 2009. – Т. 1. – № 2. – С. 186–202.
3. Козлов, А.И. Диета Чукотки / А.И. Козлов, В. Нувано, Э. Здор // Химия и жизнь. – 2008. – № 4. – С. 42–45.
4. СанПиН 2.3.2.1078-01 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (с изменениями на 6 июля 2011 года). – М.: Минздрав России, 2002. – 154 с.
5. ТР ЕАЭС 040/2016 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». – Москва: Совет Евразийской экономической комиссии, 2016. – 84 с.
6. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – Москва: Комиссия Таможенного союза, 2011. – 265 с.
7. Bourgeois, M. Human Health Risk Assessment / M. Bourgeois, G. Johnson, R. Harbison // International Encyclopedia of Public Health. Elsevier, 2017. – P. 84–94.

8. Byun, G.-H. Biomagnification of persistent chlorinated and brominated contaminants in food web components of the Yellow Sea / G.-H. Byun, H.-B. Moon, J.-H. Choi, J. Hwang, C.-K. Kang // *Marine Pollution Bulletin*. – 2013. – V. 73. – P. 210–219.

9. C.F.I.A. Standards and Methods Manual [Electronic resource]. – Government of Canada, 2012. – Access mode: <https://www.inspection.gc.ca/food-safety-for-industry/archived-food-guidance/fish-and-seafood/manuals/standards-and-methods/eng/1348608971859/1348609209602?chap=7#s20c7>. – Date of the application: 13.08.2020.

10. Code of Federal Regulations. Title 21 – Food and Drugs. Chapter I – Food and Drug Administration Department of Health and Human Services. Subchapter B – Food for Human Consumption. Section 109.30 Tolerances for polychlorinated biphenyls (PCB's) [Electronic resource]. – USA: Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, 2018. – Access mode: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=109.30>. – Date of the application: 13.08.2020.

11. Compliance Policy Guide. Sec. 575.100 Pesticide Residues in Food and Feed – Enforcement Criteria (Compliance Policy Guide 7141.01) [Electronic resource]. – USA: Food and Drug Administration, 2018. – Access mode: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/compliance-policy-guide-sec-575100-pesticide-residues-food-and-feed-enforcement-criteria-compliance/>. – Date of the application: 13.08.2020.

12. Daba, D. Multi Residue Analysis of Pesticides in Wheat and Khat Collected from Different Regions of Ethiopia / D. Daba, A. Hymete, A.A. Bekhit [et al.] // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2011. – V. 86. – P. 336–341

13. Dong, Z. Uncertainties in human health risk assessment of environmental contaminants: A review and perspective / Z. Dong, Y. Liu, L. Duan, D. Bekele, R. Naidu // *Environment International*. – 2015. – V. 85. – P. 120–132.

14. Federal Register of Legislation. Australia New Zealand Food Standards Code – Schedule 19 – Extraneous residue limits // *Food Standards Gazette*. – 2017. – № FSC96. – n.d.

15. Federal Register of Legislation. Australia New Zealand Food Standards Code – Schedule 21 – Extraneous residue limits // *Food Standards Gazette*. – 2017. – № FSC96. – n.d.

-
16. First Hong Kong Total Diet Study: Organochlorine Pesticide Residues. – Hong Kong: Centre for Food Safety, Food and Environmental Hygiene Department, 2014. – 40 p.
 17. Health Canada Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada, Part II: Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs) and Chemical-Specific Factors, Version 2.0. – Ottawa, Ontario: Health Canada, 2020.
 18. Kasozi, G.N. Organochlorine Residues in Fish and Water Samples from Lake Victoria, Uganda / G.N. Kasozi, B.T. Kiremire, F.W.B. Bugenyi [et al.] // Journal Environmental Quality. – 2006. – V. 35. – P. 584–589.
 19. Lukyanova, O.N. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Bering flounder (*Hippoglossoides robustus*) from the Sea of Okhotsk / O.N. Lukyanova, V.Yu. Tsygankov, M.D. Boyarova // Marine Pollution Bulletin. – 2018. – V. 137. – P. 152–156.
 20. Mwevura, H. Organochlorine pesticide residues in sediments and biota from the coastal area of Dar es Salaam city, Tanzania / H. Mwevura, O.C. Othman, G.L. Mhehe // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – V. 45. – P. 262–267.
 21. National Food Safety Standard for Maximum Levels of Contaminants in Foods (GB 2762-2017). – Beijing: National Health and Family Planning Commission, Ministry of Agriculture, China Food and Drug Administration. – 17 p.
 22. National food safety standard for Maximum Residue Limits for Pesticides in Foods (GB 2763-2016). – Beijing: National Health and Family Planning Commission, Ministry of Agriculture, China Food and Drug Administration. – 218 p.
 23. Ogwok, P. Pesticide Residues and Heavy Metals in Lake Victoria Nile Perch, *Lates niloticus*, Belly Flap Oil / P. Ogwok, J.H. Muyonga, M.L. Sserunjogi // Bull Environ Contam Toxicol. – 2009. – No. 82 (5). – P. 529–533.
 24. Tanabe, S. Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in foodstuffs from Bangkok, Thailand / S. Tanabe, K. Kannan, M.S. Tabucanon [et al.] // Environmental Pollution – 1991. – V. 72. – P. 191–203.
 25. US EPA IRIS United States Environment Protection Agency (USEPA)'s Integrated Risk Information System. – USA: Environment Protection Agency, 2007.
 26. Yahia, D. Multi pesticide and PCB residues in Nile tilapia and catfish in Assiut city, Egypt / D. Yahia, E.E. Elsharkawy // Science of The Total Environment. – 2014. – V. 466–467. – P. 306–314.