

ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ГРУДНОМ МОЛОКЕ ЖЕНЩИН ЮГА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РОССИИ

© 2020 г. ^{1,2}В. Ю. Цыганков, ¹Ю. П. Гумовская, ¹А. Н. Гумовский, ¹И. П. Коваль, ¹М. Д. Боярова

¹Школа биомедицины ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток;

²Школа естественных наук ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток

Национальные программы мониторинга хлорорганических соединений (ХОС) в организме человека осуществляются в разных странах. В России такой мониторинг был начат в конце XX века и в настоящее время проводится в некоторых регионах. По Дальнему Востоку России опубликованы только предварительные данные о накоплении ХОС в организме человека. В связи с этим целью исследования явилось изучение аккумуляции органических поллютантов – хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) – в грудном молоке женщин юга Дальнего Востока России. *Методы.* Грудное молоко собиралось в нескольких учреждениях здравоохранения региона (Приморский край) с письменного согласия участников эксперимента. Возраст женщин составлял от 20 до 49 лет. Концентрации ХОП и ПХБ в образцах грудного молока исследовались методом газовой хромато-масс-спектрометрии. *Результаты.* Содержание ХОС ($\Sigma\text{ГХЦГ} + \Sigma\text{ДДТ} + \Sigma\text{ПХБ}$) в пробах варьировало от 23 до 878 нг/г липидов. Диапазоны концентраций ХОП ($\Sigma\text{ГХЦГ} + \Sigma\text{ДДТ}$) и ПХБ составили 2,8–291 и 3,2–720 нг/г липидов соответственно. *Выводы.* Общее содержание ХОП в пробах 2018 г. выше такового в 2017-м ($p = 0,035$) во всех возрастных группах женщин. Концентрации ГХЦГ в 2018 г. значительно превышают таковые в 2017-м ($p = 0,016$ и $p = 0,008$ – по разным критериям оценки). ДДТ и его метаболиты были ниже предела обнаружения в 50 % проб. Суммарная концентрация ПХБ в 2018 г. была ниже таковой в 2017-м.

Ключевые слова: изомеры ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты, конгенеры ПХБ, грудное молоко, юг Дальнего Востока России

ORGANIC CHLORINE COMPOUNDS IN BREAST MILK OF WOMEN IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST

^{1,2}V. Yu. Tsygankov, ¹Yu. P. Gumovskaya, ¹A. N. Gumovskiy, ¹I. P. Koval, ¹M. D. Boyarova

¹School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok;

²School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

National programs for monitoring chloro-organic compounds (COC) in the human body have been introduced in different countries. In Russia, this monitoring began at the end of the 20th century. In the Russian Far East, only preliminary data on the accumulation of chloro-organic compounds in the human body have been published so far warranting further research. Thus, the aim of this study was to assess the accumulation of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in breast milk of women in the South of the Russian Far East and the compare the findings with the data from 2017. *Methods.* Breast milk was collected in health institutions in the region (Primorsky Krai). The age of the women ranged from 20 to 49 years. The concentrations of OCPs and PCBs in breast milk samples were studied by gas chromatography mass-spectrometry. *Results.* The content of COC ($\Sigma\text{HCHs} + \Sigma\text{DDTs} + \Sigma\text{PCBs}$) in the samples ranged from 23 to 878 ng / g lipids. The concentration ranges of OCPs ($\Sigma\text{HCHs} + \Sigma\text{DDTs}$) and PCBs were 2.8-291 and 3.2-720 ng / g lipids, respectively. *Conclusions.* The total OCP content in the samples taken in 2018 year was greater than the corresponding data from 2017 ($p = 0.035$) in all age groups of women. HCH concentrations in 2018 significantly exceed those in 2017 ($p = 0.016$ and $p = 0.008$ - according to different evaluation criteria). DDT and its metabolites were below the detection limit in 50 % of samples. The total concentration of PCBs in 2018 was lower than in 2017.

Key words: isomers of HCHs, DDT and its metabolites, PCB congeners, breast milk, south of the Russian Far East

Библиографическая ссылка:

Цыганков В. Ю., Гумовская Ю. П., Гумовский А. Н., Коваль И. П., Боярова М. Д. Хлорорганические соединения в грудном молоке женщин юга Дальневосточного региона России // Экология человека. 2020. № 4. С. 12–18.

For citing:

Tsygankov V. Yu., Gumovskaya Yu. P., Gumovskiy A. N., Koval I. P., Boyarova M. D. Organic Chlorine Compounds in Breast Milk of Women in the South of the Russian Far East. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 4, pp. 12-18.

В соответствии со Стокгольмской конвенцией стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) подлежат глобальному сокращению и ликвидации. Конвенция подписана Правительством Российской Федерации, ратифицирована Государственной думой и утверждена Федеральным Законом 27.06.2011 г. № 164-ФЗ «О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях».

Стойкие органические загрязняющие вещества

отличаются высокой устойчивостью, склонностью к биоаккумуляции в пищевых цепях, перемещаются на большие расстояния и обладают широким диапазоном вредных воздействий. Проблема накопления СОЗ в организме человека весьма актуальна, поскольку эти вещества обладают потенциальными тератогенными, канцерогенными, гормональными, неврологическими и иммунологическими свойствами. Основным источником поступления поллютантов в организм человека

является пища (90 %), оставшиеся 10 % попадают за счет ингаляции и кожной абсорбции [19, 20].

Несмотря на многочисленные работы по обнаружению токсикантов в человеческих тканях и органах, механизмы поступления и уровни аккумуляции загрязняющих веществ, а также их воздействие остаются недостаточно изученными или находятся на уровне теорий [6, 7, 9, 27, 28]. Хотя на использование этих соединений введены запреты и ограничения в большинстве стран, из-за их стойкости и сохранения в биосфере их негативное действие на организмы людей продолжается. Здоровье человека косвенно отражает состояние экосистем, так как ответная реакция организма на экологические изменения проявляется как заболевание [1–3, 26].

Юг Дальнего Востока России — сельскохозяйственно развитая территория, где хлорорганические пестициды использовали на полях до их запрета. Помимо этого регион соседствует с Китаем, где эти вещества до сих пор продолжают использоваться для борьбы с вредителями сельского хозяйства и переносчиками болезней.

Национальные программы мониторинга хлорорганических соединений (ХОС) в организме человека осуществляются в разных странах, например Чешской Республике [7, 8], Республике Корея [10]. В России мониторинг был начат в конце XX века и в настоящее время проводится в некоторых регионах [16, 17]. По Дальнему Востоку России опубликованы только предварительные данные о накоплении ХОС в организме человека [23, 24]. Согласно рекомендациям ВОЗ, одним из наиболее достоверных индикаторов воздействия СОЗ на здоровье человека является определение их содержания в грудном молоке женщин и крови. В связи с этим целью исследования явилось изучение аккумуляции органических поллютантов — хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов — в грудном молоке женщин юга Дальнего Востока России.

Методы

Тип исследования. Проведено эколого-аналитическое изучение образцов грудного молока проживающих на юге Дальнего Востока России (Приморский край) 29 женщин в 2017 г. и 37 — в 2018 г. Исследование является этапом регулярного мониторинга стойких органических загрязняющих веществ в связи с Планом выполнения Российской Федерацией обязательств, предусмотренных Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях (№ 529 от 03.10.2017 «Об утверждении Плана выполнения Российской Федерацией обязательств, предусмотренных Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях»).

Способ отбора материала. Грудное молоко собиралось в нескольких учреждениях здравоохранения с письменного согласия участников эксперимента. Возраст женщин — от 20 до 49 лет. Число женщин в возрастных группах 20–29, 30–39, 40–49 лет в

2017 г. составило 10, 11, 5 соответственно, в трех пробах возраст матери неизвестен, и в 2018 г. — 10, 25, 2 соответственно.

Методика проведения измерений. Замороженные при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ пробы грудного молока доставляли в лабораторию экибиотехнологии Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета. Хлорорганические соединения извлекали экстракцией *n*-гексаном с последующим разрушением жировых компонентов концентрированной серной кислотой [22]. Для приготовления стандартных растворов хлорорганических пестицидов (ХОП) (α -, β -, γ -ГХЦГ, *o,p'*-ДДТ, *p,p'*-ДДТ, *o,p'*-ДДД, *p,p'*-ДДД, *o,p'*-ДДЕ, *p,p'*-ДДЕ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) (28, 52, 155, 101, 118, 143, 153, 138, 180, 207 ПХБ) использовали стандартные образцы Dr. Ehrenstorfer, AccuStandard и Sigma Aldrich с установленными метрологическими характеристиками — содержание основного вещества 99,5–99,9 % с погрешностью определения 0,3 %. Для хроматографии использовали рабочие стандартные растворы ХОС в диапазоне концентрации 1–100 нг/мл, приготовленные путем разбавления растворов стандартов соответствующим объемом очищенного *n*-гексана. Массовое содержание ХОС в грудном молоке определяли методом газовой хроматомасс-спектрометрии на газовом хроматомасс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010Ultra. Более подробные параметры хроматомасс-спектрометра представлены в нашей предыдущей работе [25].

Представление и обработка данных. Статистический анализ проводили с помощью пакета IBM SPSS Statistics для Mac OS X: использовали медианный критерий, критерий Манна — Уитни, критерий Краскела — Уоллиса при доверительном интервале ($p \geq 0.95$).

Результаты

Хлорорганические соединения были обнаружены во всех исследованных образцах грудного молока (табл. 1). Содержание ХОС (Σ ГХЦГ+ Σ ДДТ+ Σ ПХБ) в пробах варьировало от 23 до 878 (среднее значение 151,4) нг/г липидов. Диапазоны концентраций ХОП (Σ ГХЦГ+ Σ ДДТ) и ПХБ составили 2,8–291 и 3,2–720 нг/г липидов соответственно. Средние значения ХОП и ПХБ составили 80,1 и 74,9 нг/г липидов соответственно.

Суммарное содержание ХОП — это сумма изомеров ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов. Концентрации Σ ГХЦГ и Σ ДДТ находились в диапазонах 2,84–291 и 1,1–83 нг/г липидов соответственно. Средние значения Σ ГХЦГ и Σ ДДТ составили 76 и 12,9 нг/г липидов соответственно. Все изомеры ГХЦГ были обнаружены в грудном молоке. Наиболее часто определяемая форма — β -ГХЦГ. Концентрации α -, β - и γ -ГХЦГ находились в диапазоне 0,3–6,6, 2,8–290 и 0,8–26 нг/г липидов соответственно. ДДТ и его метаболиты были ниже предела обнаружения в 50 % проб. В основном определялся *o,p'* и *p,p'*-ДДЕ (в 29 и 23 % проб соответственно). Их концентрации

Таблица 1
Содержание хлорорганических соединений в грудном молоке женщин ($M \pm SD$), нг/г липидов

Соединение	2017 г.			2018 г.		
	Возрастная группа, лет			Возрастная группа, лет		
	20–29	30–39	40–49	20–29	30–39	40–49
α -ГХЦГ	–	–	–	$0,6 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,03$
β -ГХЦГ	$36,3 \pm 15,4$	$66,6 \pm 14,2$	$47,4 \pm 6,6$	$62,2 \pm 13,5$	$91,5 \pm 11,7$	$114,1 \pm 72,2$
g-ГХЦГ	–	–	–	$7,9 \pm 2,2$	$7,6 \pm 2,2$	–
<i>o,p'</i> -ДДТ	–	$2,3 \pm 0,2$	–	–	–	–
<i>p,p'</i> -ДДТ	$10,2 \pm 2,2$	$2,2 \pm 0,01$	–	–	–	–
<i>o,p'</i> -ДДД	–	–	–	–	–	–
<i>p,p'</i> -ДДД	–	–	–	–	–	–
<i>o,p'</i> -ДДЕ	–	–	–	$9,3 \pm 0,5$	$8,9 \pm 1,5$	–
<i>p,p'</i> -ДДЕ	$17,7 \pm 2,3$	$3,5 \pm 0,2$	–	–	$9,1 \pm 2,1$	–
ПХБ 28	–	$2 \pm 0,2$	–	$14,5 \pm 6,0$	$4,8 \pm 1,1$	–
ПХБ 52	$47,2 \pm 6,6$	$16,8 \pm 5,4$	$11,9 \pm 4,1$	$26,4 \pm 11,4$	$12,3 \pm 3,2$	$12,6 \pm 3,3$
ПХБ 101	$12,8 \pm 3,3$	$9,7 \pm 3,9$	–	$3,05 \pm 0,8$	$11,9 \pm 2,2$	–
ПХБ 118	$49,9 \pm 24,4$	$23,6 \pm 5,1$	$20,8 \pm 8,1$	$6,7 \pm 0,8$	$9,1 \pm 1,2$	$11,2 \pm 2,1$
ПХБ 138	$48,3 \pm 22,5$	$38,1 \pm 15,2$	$15,2 \pm 2,8$	$7,9 \pm 1,4$	$15,5 \pm 2,5$	$26,5 \pm 14,2$
ПХБ 143	–	–	–	–	–	–
ПХБ 153	$49,2 \pm 21,5$	$28,8 \pm 6,4$	$32,7 \pm 11,2$	$7,6 \pm 1,1$	$16,7 \pm 2,4$	$23,3 \pm 10,4$
ПХБ 155	$25,0 \pm 9,8$	$2,3 \pm 0,03$	–	$16,8 \pm 4,8$	$25,6 \pm 12,5$	–
ПХБ 180	–	$12,8 \pm 3,9$	–	–	$12,9 \pm 2,5$	–
ПХБ 207	–	–	–	–	–	–

Примечание. «–» – ниже предела обнаружения.

варьировали от 0,7 до 22 и 0,5 до 29 нг/г липидов соответственно; *o,p'*-ДДТ, *o,p'*-ДДД и *p,p'*-ДДД обнаружен в двух пробах, и их концентрации составили 3,62 и 1,1 нг/г, 2,2 и 1,4 нг/г, 34,4 и 25,7 нг/г липидов соответственно. В 11 % проб выявлен *p,p'*-ДДТ (1,8–27,6 нг/г).

Полихлорированные бифенилы обнаружены практически во всех пробах. Концентрации 143 и 207 ПХБ были ниже предела детектирования. Содержание низкохлорированных 28 и 52 ПХБ (молекулы которых содержат до 4 атомов хлора) находились в диапазонах 1–35 и 1,8–130 нг/г липидов соответственно. Диапазоны концентраций высокохлорированных 101, 118, 138, 153, 155 и 180 ПХБ составили 1,8–95, 2,5–253, 2,9–169, 3,4–163, 2,3–49 и 7–19 нг/г липидов соответственно.

В 2017 г. было исследовано 29 проб грудного молока (в трех пробах возраст матери неизвестен). Содержание ХОС варьировало от 22,6 до 878,3 (среднее значение 144,1) нг/г липидов (см. табл. 1).

Диапазоны концентраций ХОП и ПХБ составили 2,8–158 и 16,3–720,3 нг/г липидов соответственно; средние значения ХОП и ПХБ – 53,8 и 97,4 нг/г липидов соответственно. Концентрации Σ ГХЦГ и Σ ДДТ находились в диапазонах 2,8–158 и 1,4–83,4 нг/г липидов соответственно; средние значения Σ ГХЦГ и Σ ДДТ – 51 и 17,9 нг/г липидов соответственно.

В 2018 г. было исследовано 37 проб грудного молока. Содержание ХОС в пробах находилось в пределах от 23,7 до 412,5 (среднее значение – 157,11) нг/г липидов (см. табл. 1). Диапазоны концентраций ХОП и ПХБ составили 10,8–291,1 и 3,2–177,5 нг/г липидов соответственно; средние значения ХОП и ПХБ – 99,2 и 57,89 нг/г липидов соответственно. Концентрации Σ ГХЦГ и Σ ДДТ находились в диапазонах 10,8–291,1 и 1,1–22,1 нг/г липидов соответственно; средние значения Σ ГХЦГ и Σ ДДТ – 92,9 и 10,6 нг/г липидов соответственно.

Обсуждение результатов

При изучении корреляции между концентрациями ХОС и липидов зависимости не выявлено. Общее содержание ХОП в 2018 г. выше такового в 2017 г. ($p = 0,035$). ГХЦГ, как самый определяемый среди искоемых соединений, в 2018 г. был обнаружен во всех пробах, а в 2017-м только в 84 % проб. Концентрации ГХЦГ в 2018 г. значительно превышают значения 2017 г. ($p = 0,016$ и $p = 0,008$ – по разным критериям оценки) (рис. 1, 2). Содержание ГХЦГ и ДДТ в 2018 г. выше таковых в 2017 г. ($p = 0,008$ и $p = 0,001$) (см. рис. 2). Этот факт указывает на возможное его использование на территории Дальнего Востока, а также в Южном Китае и Индии.

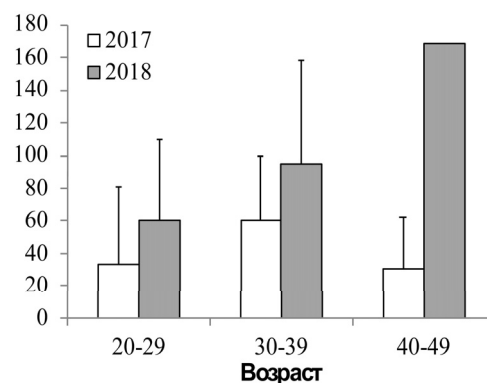


Рис. 1. Среднее содержание изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ) в грудном молоке женщин, нг/г липидов

По данным Министерства здравоохранения России, в настоящее время значительные объемы ДДТ хранятся на территориях Приморского, Хабаровского края и на других территориях азиатской части России. По результатам наших исследований видно, что суммарная концентрация ДДТ уменьшается. Понижение содержания ДДТ и его метаболитов указывает на уменьшение использования или неиспользование поллютантов этой группы в сельском хозяйстве.

Суммарная концентрация ПХБ в 2018 г. была ниже

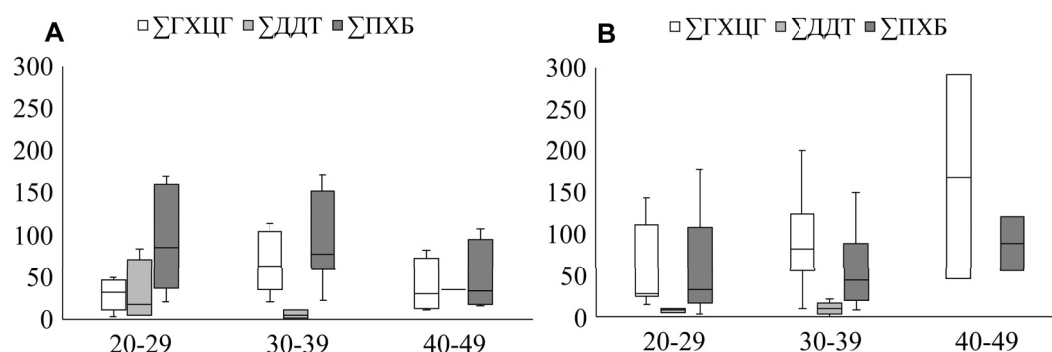


Рис. 2. Общее содержание ГХЦГ, ДДТ и полихлорированных бифенилов (медиана) в грудном молоке женщин в 2017 (А) и 2018 (В) годах, нг/г липидов

таковой в 2017-м (рис. 3). Это связано, вероятно, с выведением из эксплуатации ПХБ-содержащего оборудования и уменьшением использования таких технологий утилизации, как сжигание бытовых и промышленных отходов. Также из результатов видно, что 30 % общей концентрации ПХБ занимают низкохлорированные конгенеры (см. рис. 3). Как известно, уменьшение растворимости в воде происходит с увеличением количества атомов хлора [20]. Соответственно низкохлорированные ПХБ быстрее выводятся мочевой системой. Высокохлорированные (тяжелые) ПХБ аккумулируются липидами организма и практически не выводятся с мочой. Это свойство указывает на передачу соединений с молоком матери ребенку, увеличивая возможные риски для здоровья.

При сравнении наших данных с результатами исследований СОЗ авторами России и других стран видно (табл. 2), что сумма ХОП в грудном молоке жительниц Дальнего Востока не имеет статистически значимых различий с таковыми в Хорватии, Танзании, Корее, Тайване, Пакистане и некоторых районах Японии. Концентрации в Иркутской области, Республике Бурятии, Чехии, Индии, Норвегии, Вьетнаме, Китае и некоторых районах Японии выше,

чем в Приморье. Концентрации ГХЦГ практически во всех странах меньше, чем концентрации ДДТ. Возможно, это связано с большим использованием ГХЦГ в сельском хозяйстве Приморья и аккумуляцией поллютантов в продуктах питания растительного и животного происхождения в результате общей биомagnификации ксенобиотиков (накопление более высоких концентраций с увеличением трофических уровней, в том числе и у человека) [25]. Концентрации ПХБ в грудном молоке жительниц Приморского края практически на одном уровне с таковыми в некоторых странах азиатско-тихоокеанского региона, в то время как в европейской части России и Европе содержание этих поллютантов выше.

Таким образом, во всех пробах грудного молока были обнаружены СОЗ. Общее содержание ХОП в 2018 г. выше такового в 2017-м ($p = 0,035$) во всех возрастных группах женщин. Концентрации ГХЦГ в 2018 г. значительно превышают значения в 2017-м ($p = 0,016$ и $p = 0,008$ — по разным критериям оценки), особенно в возрастной группе 40–49 лет. Наиболее часто определяемая форма ХОС в грудном молоке — β -ГХЦГ — обнаружена в пробах всех возрастных групп женщин. Суммарная концентрация

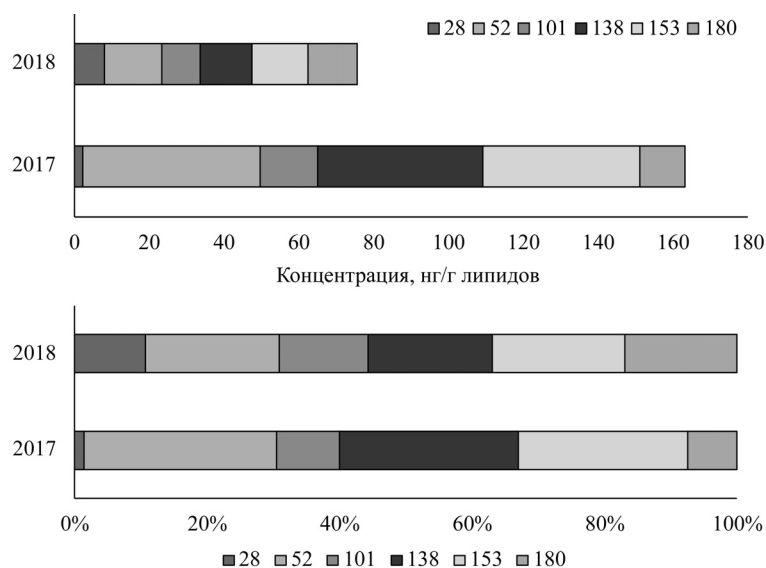


Рис. 3. Соотношение низко- и высокохлорированных индикаторных полихлорированных бифенилов

Таблица 2
Содержание стойких органических загрязняющих веществ
в грудном молоке женщин из регионов России и других
стран, нг/г липидов

Регион	Год	ΣГХЦГ	ΣДДТ	ΣПХБ ¹ _{нц}	ΣПХБ _{общ}	Источник
Приморье	2017–2018	76	12,9	19,9	77,8	Соб- ствен. результаты
Иркутская область	1997–2009	4,3	534	255,5	409,25	[17]
Республика Бурятия	2003–2004	810	660	–	240	[21]
Хорватия	2011–2014	3,4	16,8	25,3	66	[13]
Чехия	2010	11 ³	219,3 ²	280,5	280,5	[4]
	2011	9,6 ³	232,4 ²	253	253	
Норвегия	2002–2009	12,3 ⁵	167 ²	–	541,6	[15]
Танзания	2012	0,9	135	4,5	4,5	[18]
Индия	2015–2016	46,6	490	–	127,3	[5]
	2011–2012	199,6 ³	1914,2 ⁴	–	–	[6]
Корея	2011–2012	19,5	104,2	–	14,4	[14]
Тайвань	2013–2016	0,51	9,8 ⁴	–	–	[9]
Пакистан	2015	26,7	83,8	–	–	[29]
Вьетнам	2007–	140 ⁵	1200	–	84	[12]
Япония	2008	126	172	–	31	
Япония	2008–2009	63	–	–	112	[11]
Китай	2007–2008	688	–	–	46	

Примечание. ¹ – индикаторные ПХБ – 28, 52, 101, 138, 153, 180 ПХБ; ² – только р,р'-ДДТ и р,р'-ДДЕ; ³ – только β- и γ-ГХЦГ; ⁴ – только Σр,р'-ДДТ; ⁵ – только β-ГХЦГ.

ПХБ в 2018 г. была ниже таковой в 2017-м. ДДТ и его метаболиты были ниже предела обнаружения в 50 % проб.

Следует отметить, что, несмотря на присутствие химических веществ в окружающей среде и наличие хлорорганических соединений в женском грудном молоке, Всемирная организация здравоохранения не рекомендует отказываться от грудного вскармливания детей, так как оно считается самым здоровым вариантом питания для младенцев, а рекомендует ограничить в своем рационе потребление некоторых продуктов питания, особенно рыбы из загрязненных водоемов, мяса и жира морских млекопитающих.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 18-14-00120).

Авторство

Цыганков В. Ю., Гумовская Ю. П. подготовили первый вариант статьи, внесли существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, участвовали в анализе данных, утвердили окончательный вариант; Боярова М. Д., Коваль И. П., Гумовский А. Н. внесли существенный вклад в подготовку и проведение эколого-аналитических исследований в медицинском учреждении и научной лаборатории, провели

лабораторные исследования материала, участвовали в анализе данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Цыганков Василий Юрьевич – SPIN 5047-8410; ORCID 0000-0002-5095-7260

Гумовская Юлия Петровна – SPIN 8381-4723; ORCID 0000-0002-5791-5493

Гумовский Александр Николаевич – SPIN 4319-4728; ORCID 0000-0002-3414-2010

Коваль Ирина Петровна – SPIN 6100-6474; ORCID 0000-0001-8648-3725

Боярова Маргарита Дмитриевна – SPIN 8872-8933; ORCID 0000-0003-0496-7000

Список литературы

1. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурану Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.

2. Бузинов Р. В., Кику П. Ф., Унгурану Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с

3. Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26

4. Bányiová K., Černá M., Mikeš O. et al. Long-term time trends in human intake of POPs in the Czech Republic indicate a need for continuous monitoring // Environment International. 2017. Vol. 108. P. 1–10.

5. Bawa P., Bedi J. S., Gill J. P. S. et al. Persistent Organic Pollutants Residues in Human Breast Milk from Bathinda and Ludhiana Districts of Punjab, India // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2018. Vol. 75 (4). P. 512–520.

6. Bedi J. S., Gill J. P. S., Aulakh R. S. et al. Pesticide residues in human breast milk: Risk assessment for infants from Punjab, India // Science of the Total Environment. 2013. Vol. 463–464. P. 720–726.

7. Černá M., Krsková A., Čejchanová M. et al. Human biomonitoring in the Czech Republic: An overview // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2012. Vol. 215 (2). P. 109–119.

8. Černá M., Spěváčková V., Batáříová A. et al. Human biomonitoring system in the Czech Republic // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2007. Vol. 210 (3–4). P. 495–499.

9. Chen M.-W., Santos H., Que D. et al. Association between Organochlorine Pesticide Levels in Breast Milk and Their Effects on Female Reproduction in a Taiwanese Population // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. Vol. 15 (5). P. 931.

10. Choi W., Kim S., Baek Y.-W. et al. Exposure to environmental chemicals among Korean adults-updates from the second Korean National Environmental Health Survey (2012-2014) // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2017. Vol. 220 (2). P. 29–35.

11. Fujii Y., Ito Y., Harada K. H. et al. Comparative survey of levels of chlorinated cyclodiene pesticides in breast milk

from some cities of China, Korea and Japan // *Chemosphere*. 2012. Vol. 89 (4). P. 452–457.

12. Haraguchi K., Koizumi A., Inoue K. et al. Levels and regional trends of persistent organochlorines and polybrominated diphenyl ethers in Asian breast milk demonstrate POPs signatures unique to individual countries // *Environment International*. 2009. Vol. 35 (7). P. 1072–1079.

13. Jovanović G., Romanić S. H., Stojić A. et al. Introducing of modeling techniques in the research of POPs in breast milk - A pilot study // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. Vol. 172. P. 341–347.

14. Kim S., Eom S., Kim H.-J. et al. Association between maternal exposure to major phthalates, heavy metals, and persistent organic pollutants, and the neurodevelopmental performances of their children at 1 to 2 years of age - CHECK cohort study // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 624. P. 377–384.

15. Lenters V., Iszatt N., Forns J. et al. Early-life exposure to persistent organic pollutants (OCs, PBDEs, PCBs, PFASs) and attention-deficit/hyperactivity disorder: A multi-pollutant analysis of a Norwegian birth cohort // *Environment International*. 2019. Vol. 125. P. 33–42.

16. Mamontova E. A., Tarasova E. N., Mamontov A. A. et al. The influence of soil contamination on the concentrations of PCBs in milk in Siberia // *Chemosphere*. 2007. Vol. 67. P. S71–S78.

17. Mamontova E. A., Tarasova E. N., Mamontov A. A. PCBs and OCPs in human milk in Eastern Siberia, Russia: Levels, temporal trends and infant exposure assessment // *Chemosphere*. 2017. Vol. 178. P. 239–248.

18. Müller M. H. B., Polder A., Brynildsrud O. B. et al. Prenatal exposure to persistent organic pollutants in Northern Tanzania and their distribution between breast milk, maternal blood, placenta and cord blood // *Environmental Research*. 2019. Vol. 170. P. 433–442.

19. Nicholson W. J., Landrigan P. J. Human Health Effects of Polychlorinated Biphenyls / eds. A. Schechter, Boston, MA: Springer US, 1994. P. 487–524.

20. Tanabe S., Subramanian A. Bioindicators of POPs: monitoring in developing countries. Kyoto, Japan: Kyoto University Press; Melbourne: Trans Pacific Press, 2006. 190 p.

21. Tsydenova O. V., Sudaryanto A., Kajiwaru N. et al. Organohalogen compounds in human breast milk from Republic of Buryatia, Russia // *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 146. P. 225–232.

22. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D. Sample Preparation Method for the Determination of Organochlorine Pesticides in Aquatic Organisms by Gas Chromatography // *Achievements in the Life Sciences*. 2015. Vol. 9. P. 65–68.

23. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D., Kiku P. F. et al. Hexachlorocyclohexane (HCH) in human blood in the south of the Russian Far East // *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. P. 14379–14382.

24. Tsygankov V. Y., Khristoforova N. K., Lukyanova O. N. et al. Selected Organochlorines in Human Blood and Urine in the South of the Russian Far East // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017. Vol. 99. P. 460–464.

25. Tsygankov V. Y., Lukyanova O. N., Boyarova M. D. Organochlorine pesticide accumulation in seabirds and marine mammals from the Northwest Pacific // *Marine Pollution Bulletin*. 2018. Vol. 128. P. 208–213.

26. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5-6. P. 138.

27. Waliszewski S. M., Caba M., Herrero-Mercado M. et al. Organochlorine pesticide residue levels in blood serum of inhabitants from Veracruz, Mexico // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012. Vol. 184. P. 5613–5621.

28. Wicklund Glynn A., Wolk A., Aune M. et al. Serum concentrations of organochlorines in men: a search for markers of exposure // *Science of the Total Environment*. 2000. Vol. 263. P. 197–208.

29. Yasmeen H., Qadir A., Mumtaz M. et al. Risk profile and health vulnerability of female workers who pick cotton by organochlorine pesticides from southern Punjab, Pakistan: Health vulnerability of female workers who pick cotton // *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2017. Vol. 36. P. 1193–1201.

References

1. Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2011, 3, pp. 91–95. [In Russian]

2. Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *Ot Pomor'ya do Primor'ya: sotsial'no-gigienicheskie i ekologicheskie problemy zdorov'ya naseleniya* [From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health]. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016. 397 p.

3. Chashchin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014, 9, pp. 20–26. [In Russian]

4. Bányiová K., Černá M., Mikeš O. et al. Long-term time trends in human intake of POPs in the Czech Republic indicate a need for continuous monitoring. *Environment International*. 2017, 108, pp. 1–10.

5. Bawa P., Bedi J. S., Gill J. P. S. et al. Persistent Organic Pollutants Residues in Human Breast Milk from Bathinda and Ludhiana Districts of Punjab, India. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2018, 75 (4), pp. 512–520.

6. Bedi J. S., Gill J. P. S., Aulakh R. S. et al. Pesticide residues in human breast milk: Risk assessment for infants from Punjab, India. *Science of the Total Environment*. 2013, 463–464, pp. 720–726.

7. Černá M., Spěváčková V., Batáříová A. et al. Human biomonitoring system in the Czech Republic. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2007, 210 (3–4), pp. 495–499.

8. Černá M., Krsková A., Čejchanová M. et al. Human biomonitoring in the Czech Republic: An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2012, 215 (2), pp. 109–119.

9. Chen M.-W., Santos H., Que D. et al. Association between Organochlorine Pesticide Levels in Breast Milk and Their Effects on Female Reproduction in a Taiwanese Population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018, 15 (5), p. 931.

10. Choi W., Kim S., Baek Y.-W. et al. Exposure to environmental chemicals among Korean adults-updates from the second Korean National Environmental Health Survey (2012–2014). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2017, 220 (2), pp. 29–35.

11. Fujii Y., Ito Y., Harada K. H. et al. Comparative survey of levels of chlorinated cyclodiene pesticides in breast milk

from some cities of China, Korea and Japan. *Chemosphere*. 2012, 89 (4), pp. 452-457.

12. Haraguchi K., Koizumi A., Inoue K., et al. Levels and regional trends of persistent organochlorines and polybrominated diphenyl ethers in Asian breast milk demonstrate POPs signatures unique to individual countries. *Environment International*. 2009, 35 (7), pp. 1072-1079.

13. Jovanović G., Romanić S. H., Stojić A. et al. Introducing of modeling techniques in the research of POPs in breast milk - A pilot study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019, 172, pp. 341-347.

14. Kim S., Eom S., Kim H.-J. et al. Association between maternal exposure to major phthalates, heavy metals, and persistent organic pollutants, and the neurodevelopmental performances of their children at 1 to 2 years of age-CHECK cohort study. *Science of the Total Environment*. 2018, 624, pp. 377-384.

15. Lenters V., Iszatt N., Forns J. et al. Early-life exposure to persistent organic pollutants (OCPs, PBDEs, PCBs, PFASs) and attention-deficit/hyperactivity disorder: A multi-pollutant analysis of a Norwegian birth cohort. *Environment International*. 2019, 125, pp. 33-42.

16. Mamontova E. A., Tarasova E. N., Mamontov A. A. et al. The influence of soil contamination on the concentrations of PCBs in milk in Siberia. *Chemosphere*. 2007, 67, pp. S71-78.

17. Mamontova E. A., Tarasova E. N., Mamontov A. A. PCBs and OCPs in human milk in Eastern Siberia, Russia: Levels, temporal trends and infant exposure assessment. *Chemosphere*. 2017, 178, pp. 239-248.

18. Müller M. H. B., Polder A., Brynildsrud O. B. et al. Prenatal exposure to persistent organic pollutants in Northern Tanzania and their distribution between breast milk, maternal blood, placenta and cord blood. *Environmental Research*. 2019, 170, pp. 433-442.

19. Nicholson W. J., Landrigan P. J. Human Health Effects of Polychlorinated Biphenyls. In: Schecter A., ed. *Dioxins and Health*. Boston, MA, Springer US, 1994, pp. 487-524.

20. Tanabe S., Subramanian A. *Bioindicators of POPs: monitoring in developing countries*. Kyoto, Japan, Kyoto University Press; Melbourne, Trans Pacific Press, 2006, 190 pp.

21. Tsydenova O. V., Sudaryanto A., Kajiwaru N. et al. Organohalogen compounds in human breast milk from Republic of Buryatia, Russia. *Environmental Pollution*. 2007, 146, pp. 225-232.

22. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D. Sample Preparation Method for the Determination of Organochlorine Pesticides in Aquatic Organisms by Gas Chromatography. *Achievements in the Life Sciences*. 2015, 9, pp. 65-68.

23. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D., Kiku P. F. et al. Hexachlorocyclohexane (HCH) in human blood in the south of the Russian Far East. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015, 22, pp. 14379-14382.

24. Tsygankov V. Y., Khristoforova N. K., Lukyanova O. N., et al. Selected Organochlorines in Human Blood and Urine in the South of the Russian Far East. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017, 99, pp. 460-464.

25. Tsygankov V. Y., Lukyanova O. N., Boyarova M. D. Organochlorine pesticide accumulation in seabirds and marine mammals from the Northwest Pacific. *Marine Pollution Bulletin*. 2018, 128, pp. 208-213.

26. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34 (5-6), p. 138.

27. Waliszewski S. M., Caba M., Herrero-Mercado M. et al. Organochlorine pesticide residue levels in blood serum of inhabitants from Veracruz, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012, 184, pp. 5613-5621.

28. Wicklund Glynn A., Wolk A., Aune M. et al. Serum concentrations of organochlorines in men: a search for markers of exposure. *Science of the Total Environment*. 2000, 263, pp. 197-208.

29. Yasmeen H., Qadir A., Mumtaz M. et al. Risk profile and health vulnerability of female workers who pick cotton by organochlorine pesticides from southern Punjab, Pakistan: Health vulnerability of female workers who pick cotton. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2017, 36, pp. 1193-1201.

Контактная информация:

Цыганков Василий Юрьевич — кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией эковиотехнологии Департамента пищевых наук и технологий, доцент Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины и кафедры экологии Школы естественных наук ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Адрес: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 8

E-mail: tsig_90@mail.ru; tsygankov.vyu@dvfu.ru