

УДК 546.13:613.63

СЛЕДОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ ЖИТЕЛЕЙ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2019 г. ¹В. Ю. Цыганков, ¹М. В. Ярыгина, ^{2,3}О. Н. Лукьянова, ¹М. Д. Боярова,
¹Н. И. Ерофеева, ⁴С. В. Гамова, ¹А. Н. Гумовский, ¹П. Ф. Кику

¹Школа биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»;

²Школа естественных наук ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; ³ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ТИНРО-центр); ⁴ФГБУЗ «Дальневосточный окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России», г. Владивосток

Проблема накопления хлороорганических соединений (ХОС) в организме человека весьма актуальна, поскольку эти вещества обладают потенциальными тератогенными, канцерогенными, гормональными, неврологическими и иммунологическими свойствами. В связи с этим целью работы явилось выявление остаточных уровней содержания хлороорганических соединений – α -, β -, γ -гексахлорциклогексана (ГХЦГ), дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ), дихлордифенилдихлорэтана, дихлордифенилдихлорэтилена (ДДЕ) – в крови и моче жителей юга Дальнего Востока России. *Методы.* Исследованы моча и кровь жителей юга Дальневосточного региона России на содержание следовых концентраций ХОС методом газовой хромато-масс-спектрометрии. *Результаты.* В моче выявлен широкий спектр стойких органических веществ: α - и γ -изомеры ГХЦГ, ДДТ, ДДЕ. В крови из всех ХОС обнаружен только β -изомер ГХЦГ. *Выводы.* Спектр видов ХОС в моче говорит о возможностях выведения их организмом, однако обнаружение в крови только β -ГХЦГ указывает на более долгое удерживание последнего как самого устойчивого изомера. Сравнительная оценка полученных результатов с таковыми других авторов показала, что выявленные концентрации ХОС в крови жителей Дальнего Востока ниже, чем в типичных аграрных странах, и обнаруживаются не более чем у 30 % выборки.

Ключевые слова: изомеры гексахлорциклогексана, дихлордифенилтрихлорэтан и его метаболиты, кровь, моча, юг Дальнего Востока России

TRACE CONCENTRATIONS OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN BIOLOGICAL LIQUIDS OF THE RUSSIAN FAR EAST RESIDENTS

¹V. Yu. Tsygankov, ¹M. V. Yarygina, ^{2,3}O. N. Lukyanova, ¹M. D. Boyarova,
¹N. I. Erofeeva, ⁴S. V. Gamova, ¹A. N. Gumovskiy, ¹P. F. Kiku

¹School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok; School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, Vladivostok; ³Pacific Research Fisheries Centre (TINRO-Centre), Vladivostok; ⁴The Far Eastern District Medical Center of the Federal Medical Biological Agency (FEDMC FMBA of Russia), Vladivostok, Russia

The aim. The problem of accumulation of organochlorine compounds (OCPs) in the human body is relevant, because these substances have potential teratogenic, carcinogenic, hormonal, neurological and immunological properties. Thus, the purpose of the work is to identify trace organochlorine compounds (α -, β -, γ -hexachlorocyclohexane (HCH), dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), dichlorodiphenyldichloroethane, dichlorodiphenyldichlorethylene (DDE)) in the blood and urine of the residents of the south of the Russian Far East. *Methods.* The urine and blood of residents of the south of the Russian Far Eastern region were examined by gas chromatography-mass spectrometry to study the content of OCPs trace concentrations. *Results:* α - and γ -isomers of hexachlorocyclohexane (HCH), dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), dichlorodiphenyldichlorethylene (DDE) were detected in the urine. Only β -HCH in the blood was detected. *Conclusions.* The spectrum of basic OCPs in the urine indicates the possibility of its excretion by the body; however, the detection in the blood of only β -HCH indicates a longer retention of the latter as the most stable isomer. A comparative evaluation of the obtained results with the data of other authors showed that the detected concentrations of cholesterol in the blood of residents of the Far East were lower than in typical agricultural countries and were found in no more than 30 % of the sample.

Key words: isomers of HCHs, DDT and its metabolites, blood, urine, south of the Russian Far East

Библиографическая ссылка:

Цыганков В. Ю., Ярыгина М. В., Лукьянова О. Н., Боярова М. Д., Ерофеева Н. И., Гамова С. В., Гумовский А. Н., Кику П. Ф. Следовые концентрации хлороорганических соединений в биологических жидкостях жителей юга Дальнего Востока России // Экология человека. 2019. № 1. С. 15–19.

Tsygankov V. Yu., Yarygina M. V., Lukyanova O. N., Boyarova M. D., Erofeeva N. I., Gamova S. V., Gumovskiy A. N., Kiku P. F. Trace Concentrations of Organochlorine Compounds in Biological Liquids of the Russian Far East Residents. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 1, pp. 15-19.

Хлороорганические соединения (ХОС) являются стойкими токсичными веществами антропогенного происхождения, находившими и продолжающими находить широкое применение в сельском хозяйстве развивающихся стран. В XX веке использовались в

качестве пестицидов в основном гексахлорциклогексан (ГХЦГ) и дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ). В конце 1970-х годов производство этих двух веществ официально запретили в ряде стран, в 2001 году по решению Стокгольмской конвенции был составлен

список особо опасных поллютантов («грязная дюжина»), в который вошел ДДТ и его метаболиты (дихлордифенилдихлорэтан — ДДД и дихлордифенилдихлорэтилен — ДДЕ) [23]. В 2009 году список был расширен девятью соединениями, в том числе и изомерами ГХЦГ. Проблема их накопления в организме человека весьма актуальна, поскольку эти вещества обладают потенциальными тератогенными, канцерогенными, гормональными, неврологическими и иммунологическими свойствами [3, 15, 17]. Основной источник поступления поллютантов в организм человека — пища. Предположительно около 90 % общего загрязнения происходит через пищу и только 10 % — за счет ингаляции и кожной абсорбции [17].

Несмотря на многочисленные работы по обнаружению токсикантов в тканях и органах человека, механизмы поступления и уровни аккумуляции загрязнителей, а также их воздействие остаются недостаточно изученными или находятся на уровне теорий [5–7, 24, 25]. Хотя на использование этих соединений введены запреты и ограничения в большинстве стран, из-за стойкости и сохранения в биосфере их негативное действие на организмы продолжается.

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

Национальные программы мониторинга ХОС в организме человека осуществляются в разных странах, например, Чешской республике [5, 6], Республике Корея [7]. В России аналогичные исследования также проводятся [1, 4, 13, 14]. По Дальнему Востоку России опубликованы только предварительные данные о накоплении ХОС в организме человека [19].

В связи с этим целью работы явилось выявление остаточных уровней содержания хлорорганических соединений — α -, β -, γ -ГХЦГ, ДДТ, ДДД, ДДЕ — в крови и моче жителей юга Дальнего Востока России.

Методы

Для выявления воздействия факторов среды на человека часто из биологических жидкостей рассматриваются моча и кровь, которые обеспечивают гомеостатические функции организма [26].

Тип исследования. Проведено эколого-аналитическое изучение образцов крови и мочи 21 жителя самой южной части Дальнего Востока, столицы Приморского края — г. Владивостока. Исследование является начальным этапом регулярного мониторинга стойких органических загрязняющих веществ в организме человека.

Способ отбора материала. Биологические жидкости собирались в одном из учреждений здравоохранения с письменного согласия участников эксперимента. Возраст жителей составлял от 27 до 65 лет. Число мужчин и женщин в исследовании составило

19 (27–65 лет) и 2 (42 и 48) соответственно. В связи с небольшой выборкой женщин половые различия в накоплении поллютантов не рассматривались.

Методика проведения измерений. Замороженные при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ пробы крови и мочи доставляли в лабораторию. Хлорорганические соединения извлекали экстракцией п-гексаном с последующим разрушением жировых компонентов концентрированной серной кислотой [20, 22].

Для приготовления стандартных растворов ХОС использовали государственные стандартные образцы (ГСО) α -ГХЦГ (ГСО 8024), β -ГХЦГ (ОСО 113-04), γ -ГХЦГ (ГСО 1855П), ДДТ (ГСО 7379), ДДД (ГСО 7386), ДДЕ (ГСО 7387) с установленными метрологическими характеристиками — содержание основного вещества 99,4–99,6 % с погрешностью определения 0,4 %. Для хроматографии применяли рабочие растворы ХОС в диапазоне концентрации 1–100 нг/мл, приготовленные путем разбавления растворов ГСО соответствующим объемом очищенного п-гексана. Массовое содержание ХОС в биоматериале определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010Ultra. Более подробные параметры прибора представлены в нашей предыдущей работе [21].

Представление и обработка данных. Статистический анализ проводили с помощью пакета IBM SPSS Statistics для Mac OS X. Для сравнения полученных результатов с данными других авторов единицы измерения из пг/л переводились в нг/г липидов в связи с тем, что ХОС являются липофильными соединениями.

Результаты

Хлорорганические соединения в моче были обнаружены у восьми человек, то есть почти у 40 % из выборки. Выявленный спектр включал широкий набор ХОС (табл. 1): α - и γ -изомеры ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ. Из изомеров ГХЦГ β -изомер обнаружен только у одного человека (50 пг/л), ДДТ — у трех (50, 70, 120 нг/л), ДДД не обнаружен, ДДЕ — у одного (490 пг/л). Суммарное содержание ХОС варьировало

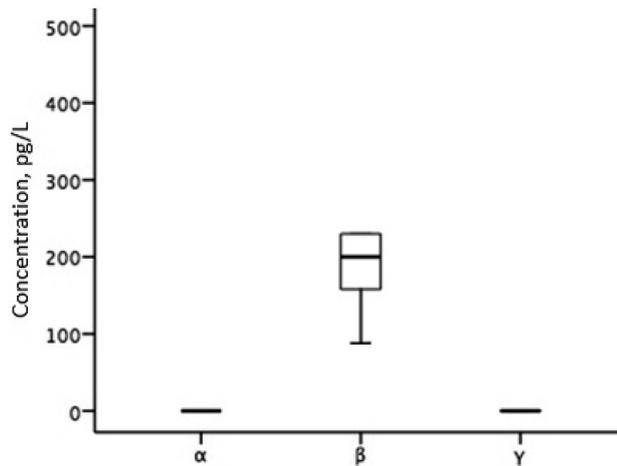
Таблица 1
Содержание хлорорганических соединений в моче пациентов, пг/л

№ п/п	Изомеры ГХЦГ				ДДТ и его метаболиты				Σ ХОП
	α -	β -	γ -	$\Sigma_{\text{сп}}$	ДДТ	ДДД	ДДЕ	$\Sigma_{\text{сп}}$	
1	160	—	110	270	—	—	—	—	270
3	—	—	—	—	120	—	—	120	120
6	70	—	—	70	—	—	—	—	70
7	—	50	—	50	—	—	—	—	50
9	—	—	—	—	50	—	—	50	50
14	50	—	50	100	—	—	—	—	100
17	310	—	—	310	70	—	490	560	870
20	60	—	—	60	—	—	—	—	60

Примечание. «—» — ниже пределов обнаружения.

от 50 до 870 пг/л: сумма изомеров ГХЦГ — от 50 до 310 пг/л; сумма ДДТ и ДДЕ — от 50 до 560 пг/л.

В то же время в крови из всех определяемых поллютантов выявлен только β-изомер ГХЦГ, причем еще в меньшем количестве проб, чем в моче, — у шести человек, то есть менее чем у 30 % из выборки (рисунок). Его концентрация в крови варьировала от 90 до 950 пг/л, что выше, чем суммарное содержание ХОС в моче. Важно подчеркнуть: ХОС обнаружены как в крови, так и в моче у одних и тех же людей.



Содержание (медиана) изомеров гексахлорциклогексана в крови пациентов, пг/л

Обсуждение результатов

Гексахлорциклогексан в середине XX века применяли в виде технической смеси, где доли его изомеров составляли: α — 55–70 %, β — 5–14 %, γ — 9–13 % [5]. Его использование в Китае, Индии и других странах продолжается из-за отсутствия экономически рентабельных и экологически чистых альтернативных методов борьбы с насекомыми — переносчиками инфекций [7]. С 1990 года производство пестицидов в Китае увеличивалось и сейчас составляет $2,2 \cdot 10^6$ т/год [11]. Запрет на использование ДДТ в российском сельском хозяйстве был введен в 1971 году, ГХЦГ — в 1990-м [1, 2].

Полученные данные позволили оценить возможный экологический риск для здоровья человека в регионе на основе сравнения с пороговыми значениями ХОС в крови по международным стандартам: концентрация ДДТ в плазме — 200 мкг/л [12]; ГХЦГ и ДДТ в цельной крови — от 0,3 до 0,9 мкг/л и от 1,5 до 31 мкг/л соответственно [10].

Сравнение полученных нами данных (табл. 2), пересчитанных на нг/г липидов (диапазон концентраций — от 2 060 до 22 230; средняя концентрация ХОС — 8 363; медиана — 5 382 нг/г липидов), с результатами других авторов показало, что содержание ХОС в крови жителей юга Дальнего Востока России меньше, чем, например, в таких аграрных странах, как Мексика и Румыния, но больше, чем в Испании, Великобритании, Швейцарии и Японии.

Таблица 2

Концентрации хлорорганических соединений в крови жителей разных регионов мира, нг/г липидов

Регион	Диапазон	Среднее значение	Медиана	Источник
Приморский край, Дальневосточный федеральный округ, Россия	2 060–22 230	8 363	5 382	[17]
Мексика	1 600–182 600	23 100	13 800	[21]
Румыния	446–47 120	—	—	[8]
Испания	—	6 187	4 123	[16]
Великобритания	10–2 720	—	115	[18]
Швейцария	—	887	—	[22]
Япония	—	151	210	[9]

Примечание. «—» — нет данных.

Таким образом, выявление следовых количеств ХОС в биологических жидкостях жителей юга Дальнего Востока России показало их присутствие в окружающей среде. Спектр видов ХОС в моче говорит о возможностях выведения их организмом, в то же время обнаружение в крови только β-ГХЦГ указывает на более долгое удерживание последнего как самого устойчивого изомера ГХЦГ. Выявленные концентрации ХОС в крови жителей Приморского края ниже, чем в типичных аграрных странах, и обнаруживаются не более чем у 30 % выборки.

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

Авторство

Цыганков В. Ю., Ярыгина М. В., Лукьянова О. Н. подготовили первый вариант статьи, внесли существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, участвовали в анализе данных, утвердили окончательный вариант; Боярова М. Д., Ерофеева Н. И., Гамова С. В., Гумовский А. Н., Кику П. Ф. внесли существенный вклад в подготовку и проведение эколого-аналитических исследований в медицинском учреждении и научной лаборатории, провели лабораторные исследования материала, участвовали в анализе данных.

- Цыганков Василий Юрьевич — SPIN 5047-8410; ORCID 0000-0002-5095-7260
- Ярыгина Марина Викторовна — SPIN 8533-3910; ORCID 0000-0002-3559-4799
- Лукьянова Ольга Николаевна — SPIN 5297-9150; ORCID 0000-0002-6407-2383
- Боярова Маргарита Дмитриевна — SPIN 8872-8933; ORCID 0000-0003-0496-7000
- Ерофеева Наталья Ильинична — SPIN 3530-1586; ORCID 0000-0003-0108-1853
- Гамова Светлана Владимировна — SPIN 7176-7080; ORCID 0000-0002-8253-529X
- Гумовский Александр Николаевич — SPIN 4319-4728; ORCID 0000-0002-3414-2010
- Кику Павел Федорович — SPIN 1238-5081; ORCID 0000-0003-3536-8617

Список литературы

1. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его

- влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.
2. Мамонтова Е. А., Тарасова Е. Н., Кузьмин М. И. и др. Содержание стойких органических загрязнителей в грудном молоке жительниц Иркутской области // Гигиена и санитария. 2010. № 1. С. 35–38.
 3. Чащин В. П., Ковшов А. А., Гудков А. Б., Моргунов Б. А. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера // Экология человека. 2016. № 6. С. 3–8.
 4. Чащин М. В., Чащин В. П., Фёдоров В. Н., Захарова Н. В., Кузьмин А. В., Ковшов А. А., Янталец Е. В., Кусраева З. С., Абрамян С. М., Зибарев Е. В., Мишквич И. А. Основные тенденции изменения концентраций стойких токсичных веществ в крови коренного населения Арктики // Экология человека. 2012. № 6. С. 3–7.
 5. Černá M., Spěváčková V., Batářiiová 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.
 6. 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.
 7. Choi W., Kim S., Baek Y.-V. 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.
 8. Dirtu A. C., Cernat R., Dragan D. et al. Organohalogenated pollutants in human serum from Iassy, Romania and their relation with age and gender // Environment International. 2006. Vol. 32 (6). P. 797–803.
 9. Fukata H., Omori M., Osada H. et al. Necessity to measure PCBs and organochlorine pesticide concentrations in human umbilical cords for fetal exposure assessment // Environ. Health Perspect. 2005. Vol. 113 (3). P. 297–303.
 10. GHBC. Aktualisierung der Referenzwerte Für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, β-HCH und DDE im Vollblut // Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 2003. Vol. 46 (2). P. 161–168.
 11. Grung M., Lin Y., Zhang H. et al. Pesticide levels and environmental risk in aquatic environments in China – A review // Environment International. 2015. Vol. 81. P. 87–97.
 12. DDT and its derivatives: environmental aspects / ed. International Programme on Chemical Safety et al. Geneva: World Health Organization, 1989. 98 p.
 13. 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 (9). P. S71–S78.
 14. 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.
 15. Nicholson W. J., Landrigan P. J. Human Health Effects of Polychlorinated Biphenyls // Dioxins and Health / ed. Schecter A. Boston, MA: Springer US, 1994. P. 487–524.
 16. Porta M., de Basea M. B., Benavides F. G. et al. Differences in serum concentrations of organochlorine compounds by occupational social class in pancreatic cancer // Environmental Research. 2008. Vol. 108 (3). P. 370–379.
 17. Tanabe S., Subramanian A. Bioindicators of POPs: monitoring in developing countries. Kyoto, Japan: Kyoto University Press; Melbourne: Trans Pacific Press, 2006. 190 p.
 18. Thomas G. O., Wilkinson M., Hodson S. et al. Organohalogen chemicals in human blood from the United Kingdom // Environmental Pollution. 2006. Vol. 141 (1). P. 30–41.
 19. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D., Kiku P. F., Yarygina M. V. Hexachlorocyclohexane (HCH) in human blood in the south of the Russian Far East // Environmental Science and Pollution Research. 2015. Vol. 22 (18). P. 14379–14382.
 20. 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 (4). P. 460–464.
 21. 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.
 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 (1). P. 65–68.
 23. UNEP (United Nations Environmental Program). Ridding the World of POPs: A Guide to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Geneva, Switzerland, 2005.
 24. 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 (9). P. 5613–5621.
 25. 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 (1–3). P. 197–208.
 26. Yusa V., Millet M., Coscolla C., Rocaet M. Analytical methods for human biomonitoring of pesticides. A review // Analytica Chimica Acta. 2015. Vol. 891. P. 15–31.

References

1. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Unguryanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food and its impact on population health in Arkhangelsk region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 12, pp. 3-9. [In Russian]
2. Mamontova E. A., Tarasova E. N., Kuz'min M. I. i dr. The levels of stable organic pollutants in the breast milk of women living in the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya*. 2010, 1, pp. 35-38. [In Russian].
3. Chashchin V. P., Kovshov A. A., Gudkov A. B., Morgunov B. A. Socioeconomic and behavioral risk factors of disabilities among the indigenous population in the far north. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 6, pp. 3-8. [In Russian]
4. Chashchin M. V., Chashchin V. P., Fedorov V. N., Zakharova N. V., Kuz'min A. V., Kovshov A. A., Yantalets E. V., Kusraeva Z. S., Abramyan S. M., Zibarev E. V., Mishkich I. A. Key trends in the concentrations of persistent toxic substances in the blood of Arctic indigenous peoples. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 6, pp. 3-7. [In Russian]
5. Černá M., Spěváčková V., Batářiiová A. et al. Human biomonitoring system in the Czech Republic. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2007, 210 (3-4), pp. 495-499.
6. 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.

7. Choi W., Kim S., Baek Y.-V. 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.

8. Dirtu A. C., Cernat R., Dragan D. et al. Organohalogenated pollutants in human serum from Iassy, Romania and their relation with age and gender. *Environment International*. 2006, 32 (6), pp. 797-803.

9. Fukata H., Omori M., Osada H. et al. Necessity to measure PCBs and organochlorine pesticide concentrations in human umbilical cords for fetal exposure. *Environmental Health Perspectives*. 2005, 113 (3), pp. 297-303.

10. GHBC. Aktualisierung der Referenzwerte Für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, β -HCH und DDE im Vollblut. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 2003, 46 (2), pp. 161-168.

11. Grung M., Lin Y., Zhang H. et al. Pesticide levels and environmental risk in aquatic environments in China - A review. *Environment International*. 2015, 81, pp. 87-97.

12. DDT and its derivatives: environmental aspects. International Programme on Chemical Safety et al. Geneva, World Health Organization, 1989, 98 p.

13. 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 (9), pp. S71-S78.

14. 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.

15. Nicholson W. J., Landrigan P. J. Human Health Effects of Polychlorinated Biphenyls. *Dioxins and Health*. Ed. Schecter A. Boston, 1994, pp. 487-524.

16. Porta M., de Basea M. B., Benavides F. G. et al. Differences in serum concentrations of organochlorine compounds by occupational social class in pancreatic cancer. *Environmental Research*. 2008, 108 (3), pp. 370-379.

17. Tanabe S., Subramanian A. *Bioindicators of POPs: monitoring in developing countries*. Kyoto, Melbourne, 2006, 190 p.

18. Thomas G. O., Wilkinson M., Hodson S. et al. Organohalogen chemicals in human blood from the United Kingdom. *Environmental Pollution*. 2006, 141 (1), pp. 30-41.

19. Tsygankov V. Y., Boyarova M. D., Kiku P. F., Yarygina M. V. Hexachlorocyclohexane (HCH) in human blood in the south of the Russian Far East. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015, 22 (18), pp. 14379-14382.

20. 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 (4), pp. 460-464.

21. 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.

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 (1), pp. 65-68.

23. UNEP (United Nations Environmental Program). *Ridding the World of POPs: A Guide to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. Geneva, Switzerland, 2005.

24. 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 (9), pp. 5613-5621.

25. 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 (1-3), pp. 197-208.

26. Yusa V., Millet M., Coscolla C., Rocaet M. Analytical methods for human biomonitoring of pesticides. *A review. Analytica Chimica Acta*. 2015, 891, pp. 15-31.

Контактная информация:

Цыганков Василий Юрьевич — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экобиотехнологии Департамента пищевых наук и технологий, доцент Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
Адрес: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 8
E-mail: tsig_90@mail.ru; tsygankov.vyu@dvfu.ru