

ВОЛГОГРАДСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ. 2023. Т. 20, № 2. С. 75–78.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 613.2:005.334:614:504.75:615.9:639.3 (285.3) (045)

Ю. Ю. Елисеев^{1,2}, **В. Ф. Спири**², **Н. И. Латышевская**³, **Б. Н. Филатов**³, **А. А. Войтович**¹ ✉

¹ Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского, Саратов, Россия

² Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Саратов, Россия

³ Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

✉ voitovich.88@mail.ru

КАНЦЕРОГЕННЫЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ПРОДУКЦИИ ПРУДОВОГО РЫБОВОДСТВА, КОНТАМИНИРОВАННОЙ ЭКОТОКСИКАНТАМИ

Аннотация. Введение. Многочисленные публикации свидетельствуют о наличии в водоемах значительного количества химических поллютантов, способных накапливаться в водных экосистемах, в том числе и в донных отложениях. **Цель** – изучение канцерогенного риска здоровью населения, связанного с потреблением местной продукции прудового рыбоводства, контаминированной тяжелыми металлами и ядохимикатами. **Материалы и методы.** Были отобраны пробы рыбы из пруда в районе городской черты (с. Кleshchevka, Саратовская область) и пруда агропромышленных фермерских хозяйств (Ивантеевский район, Саратовская область), где осуществлялось прудовое карповодство. **Результаты.** Установлено, что содержание тяжелых металлов, таких как свинца (Pb) и ртути (Hg) в печени и гонадах карпа, выше максимально допустимого уровня в прудах, расположенных в городской черте, вблизи расположения автомобильных магистралей. Уровень наибольшего индивидуального канцерогенного риска (PCR) был обусловлен воздействием ТМ: кадмия (Cd) ($CR = 6,5 \times 10^{-4} - 1,3 \times 10^{-3}$) и Pb ($CR = 7,52 \times 10^{-5}$), а также ядохимиката – ДДТ ($CR = 6,46 \times 10^{-5}$). Определена обусловленность индивидуального канцерогенного риска контаминацией рыбных продуктов питания Pb, Cd и ДДТ. **Выводы.** В целях безопасного употребления населением рыбы, выращиваемой вблизи автомобильных магистралей городской черты, являющихся источниками выбросов тяжелых металлов, а также при наличии ДДТ в донных отложениях прудов, санитарной службе следует усилить контроль за определением содержания данных поллютантов. При наличии стабильного превышения в карпах содержания тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов рекомендовать удаление внутренних органов (печени и гонад) из рыбной продукции.

Ключевые слова: прудовое рыбоводство, тяжелые металлы, пестициды, карп, канцерогенные риски здоровью

VOLGOGRAD SCIENTIFIC AND MEDICAL JOURNAL. 2023. VOL. 20, NO. 2. P. 75–78.

ORIGINAL ARTICLE

Yu. Yu. Eliseev^{1,2}, **V. F. Spirin**², **N. I. Latyshevskaja**³, **B. N. Filatov**³, **A. A. Voitovich**¹ ✉

¹ Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Saratov, Russia

² Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, Russian Federation

³ Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

✉ voitovich.88@mail.ru

CARCINOGENIC RISK TO PUBLIC HEALTH WHEN USING POND FISH PRODUCTS CONTAMINATED WITH ECOTOXICANTS

Abstract. Introduction. Numerous publications indicate the presence in reservoirs of a significant amount of chemical pollutants that can accumulate in aquatic ecosystems, including in bottom sediments. **The aim is to study** the carcinogenic risk to public health associated with the consumption of local pond fish farming products contaminated with heavy metals and pesticides. Materials and methods. Fish samples were taken from a pond near the city limits (p. Kleshchevka, Saratov region) and ponds of agro-industrial farms (Ivanteevsky district, Saratov region), where pond carp farming was carried out. **Results.** It was found that the content of heavy metals, such as lead (Pb) and mercury (Hg) in the liver and gonads of carp, is higher than the maximum permissible level in ponds located in the city, near the location of highways. The level of the greatest individual carcinogenic risk (PCR) was due to the effects of ТМ: cadmium (Cd) ($CR = 6.5 \times 10^{-4} - 1.3 \times 10^{-3}$) and Pb ($CR = 7.52 \times 10^{-5}$), as well as a toxic chemical – DDT ($CR = 6.46 \times 10^{-5}$). The conditionality of the individual carcinogenic risk of contamination of fish food Pb, Cd and DDT was determined. **Conclusions.** In order for the population to safely consume fish grown near highways of the city limits, which are sources of emissions of heavy metals, as well as in the presence of DDT in the bottom sediments of ponds, the sanitary service should strengthen control over the determination of the content of these pollutants. If there is a stable excess of heavy metals and organochlorine pesticides in carp, it is recommended to remove internal organs (liver and gonads) from fish products.

Keywords: pond fish farming, heavy metals, pesticides, carp, carcinogenic health risks

Проблема питания остается одной из основных дилемм современности, а также отражением национального социально-экономического положения населения [1]. С 1991 по 2018 г. структура питания населения меняется: снижается потребления картофеля на 45 %, хлебопродуктов – на 6% и увеличивается, почти в 2 раза, употребление рыбы, мясных продуктов (на 60 %), овощей (на 20 %) [2].

По данным Росрыболовства, фактический объем вылова рыбы в Саратовской области в 2019 г составил 3,6 тыс. тонн, в 2020 – 4,8 тыс. тонн.

Однако сведения по фактическому употреблению рыбы и рыбопродуктов рознятся. Так, Росстат указывает, что в 2019 г потребление речной рыбы составило 21,9 кг/чел./г., в 2020 – 22,2 кг/чел./г., а информационное агентство по рыболовству – 12,9 кг в 2019 г.

Многочисленные публикации свидетельствуют о наличии в водоемах значительного количества химических поллютантов, способных накапливаться в водных экосистемах и особенно в донных отложениях [3, 4]. Но, даже, если концентрации экотоксикантов не выходят за рамки предельно допустимых значений, промышленные рыбы способны депонировать поллютанты в печени, почках, мышцах, гонадах и жаберных лепестках [5]. Информация о содержании поллютантов в органах и тканях организма рыбы, выращенной в условиях прудового рыбоводства, носит весьма ограниченный и противоречивый характер. Кроме того, ограничена информация по определению риска изменения здоровья местного населения при употреблении данной продукции.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить канцерогенный риск здоровью населения, связанного с потреблением местной продукции прудового рыбоводства, контаминированной тяжелыми металлами и ядохимикатами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований были отобраны пробы рыбы из пруда в районе городской черты (с. Клещевка) и пруда агропромышленных фермерских хозяйств (Ивантеевский район), где осуществлялось прудовое карповодство.

Критерием выбора данных водоемов послужила их наибольшая зарыбленность, по данным Волго-Каспийского территориального управления Федерального агентства по рыболовству. Отбор проб рыбы для лабораторных испытаний и исследований проводили с учетом рекомендаций МосМР 2.3.2.006-03. Каждую из составленных объединенных средних точечных проб упаковывали в маркированный герметичный термоконтейнер. Пробы транспортировали в аттестованную аналитическую лабораторию ООО ЦЭП «Экомир» и исследовали на содержание свинца (Pb), кадмия (Cd), ртути (Hg) и мышьяка (As). Определение содержания Pb, Cd, As в органах и тканях рыб проводили с использованием адсорбционной инверсионной

вольтамперометрии на анализаторе «ИВА-5». Содержание Hg определяли методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением на анализаторе «РА 915 М» с пиролитической приставкой «РП-92». Содержание остаточных количеств хлорорганических пестицидов (ХОП) ДДТ и его метаболитов и ГХЦГ в гомогенизированных образцах проб рыбы анализировали методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе «Хроматэк Кристалл» с электрозахватным детектором в диапазоне измерений 0,005–0,5 мг/кг. Оценку уровней безопасности токсичных элементов и ХОП проводили в соответствии с ТР ТС 021/2011; анализ рисков здоровью населения – в соответствии с руководством Р 2.1.10.1920-04. Оценивали индивидуальный канцерогенный риск (CR) с учетом среднесуточной дозы в течение жизни (LADD), рассчитанной на основании статистических данных о среднесуточном потреблении рыбы и рыбопродукции с учетом средней продолжительности жизни (70 лет).

Величину популяционного канцерогенного риска (PCR) определяли с учетом численности населения региона (2 360 959 чел.).

Полученные данные статистически обрабатывали. Для описания количественных данных использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку среднего арифметического (m). Различия считались достоверными при двустороннем уровне значимости $p < 0,05$, тем самым минимальная достоверность различий составила 95 %. Проводили анализ выборки на нормальность распределения с помощью критерия согласия Пирсона (χ^2) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. При проверке гипотезы H_0 установлено, что гипотеза H_0 выполняется, поскольку $\chi^2 = 0,64$, что меньше $\chi^2_{0,05,5}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одними из главных и наиболее опасных антропогенных загрязнителей водоемов сегодня выступают ТМ и ХОП [6]. По экологическим трофическим цепочкам экотоксиканты поступают сначала в организм обитателей водоемов, а затем могут представлять и значительную опасность для здоровья человека [7–9].

Проведенными исследованиями было установлено, что накопление ТМ и ХОП более интенсивно проходило в органах (печени и молоках) рыб, нежели в мышечных тканях (табл. 1).

При этом содержание Pb, Hg в органах карпов, обитающих в прудах, расположенных в городской черте рядом с автомобильными магистралями у села Клещевка, было в 1,5–2,5 раза выше МДУ ($p < 0,05$). В то же время в органах рыб из прудов Ивантеевского района, расположенных вдали от крупных автомобильных магистралей, концентрации токсических элементов были значительно ниже регламентируемых МДУ ($p < 0,05$).

Таблица 1

**Распределение содержания ТМ и ХОП в тканях и органах карпов,
выращенных в прудах Саратовской области**

Наименование веществ (МДУ содержания в рыбе, мг/кг)	Концентрации ТМ (мг/кг) в тканях и органах карпов					
	с. Клещевка			Ивантеевский район		
	печень	молоки	мышцы	печень	молоки	мыш-цы
Pb (1,0)	2,5 ± 0,3 (250 %)	1,1 ± 0,02 (110 %)	0,1 ± 0,03 (10 %)	0,9 ± 0,2 (90 %)	0,2 ± 0,01 (20 %)	нет
Hg (0,3 – рыба; 0,5 – печень; 0,2 – икра и молоки)	0,9 ± 0,07 (180 %)	0,7 ± 0,05 (350 %)	0,4 ± 0,05 (133,3 %)	0,3 ± 0,05 (60 %)	0,1 ± 0,01 (50 %)	нет
Cd (0,2 – рыба; 1,0 – икра и молоки; 0,7 – печень)	0,3 ± 0,06 (42,8 %)	0,3 ± 0,06 (30 %)	0,1 ± 0,02 (50 %)	0,1 ± 0,02 (50 %)	0,05 ± 0,001 (5 %)	нет
As(1,0)	0,01 ± 0,002 (1 %)	0,001 ± 0,0003 (0,1 %)	нет	0,01 ± 0,002 (1 %)	0,001 ± 0,0003 (0,1 %)	нет
	Концентрации ХОП (мг/кг) в тканях и органах карпов					
ДДТ (0,3 – рыба; 0,4 – икра и молоки; 3,0 – печень)	0,01 ± 0,002 (0,3 %)	Нет	нет	0,3 ± 0,02 (10 %)	0,2 ± 0,01 (50 %)	нет
ГХЦГ (α, β, γ – изомеры) (0,03 – рыба; 0,2 – икра и молоки; 1,0 – печень)	0,007 ± 0,07 (0,7 %)	Нет	нет	0,03 ± 0,004 (3 %)	0,03 ± 0,004 (15 %)	нет

Примечание: в скобках в таблице отражены МДУ в мг/кг и % содержания ТМ и ХОП от МДУ.

При анализе канцерогенной опасности изучаемых веществ установлено, что в соответствии с классификацией МАИР (2015) к 1-й категории веществ канцерогенных для человека относился As, Cd; к категории 2А (весьма вероятные канцерогены) – ДДТ, Pb. Для данных веществ оценивали индивидуальный

(CR) и популяционный (PCR) канцерогенные риски (табл. 2, 3).

Таким образом, наибольший индивидуальный канцерогенный риск определялся воздействием Cd ($6,5 \times 10^{-4}$ – $1,3 \times 10^{-3}$), что диктовало проведение экстренных мероприятий по сокращению воздействия.

Таблица 2

**CR, связанный с употреблением в пищу прудового карпа, загрязненного пестицидами
и тяжелыми металлами**

Вещество	Величина CR					
	с. Клещевка			Ивантеевского района		
	печень	молоки	мышцы	печень	молоки	мышцы
Pb	$7,52 \times 10^{-5}$	$3,3 \times 10^{-5}$	$3,08 \times 10^{-6}$	$2,77 \times 10^{-5}$	$6,11 \times 10^{-6}$	Нет
As	$9,8 \times 10^{-6}$	$9,8 \times 10^{-7}$	Нет	$9,8 \times 10^{-6}$	$9,8 \times 10^{-7}$	Нет
ДДТ	$2,23 \times 10^{-6}$	нет	Нет	$6,46 \times 10^{-5}$	$4,45 \times 10^{-5}$	Нет
Cd	$3,6 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$6,5 \times 10^{-4}$	Нет
Суммарный CR	$3,6 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	7×10^{-4}	-

Таблица 3

**PCR, связанный с употреблением в пищу прудового карпа, загрязненного пестицидами
и тяжелыми металлами**

Вещество	Величина PCR					
	с. Клещевка			Ивантеевский район		
	печени	молок	мышцы	печени	молок	мышцы
Pb	2,53	1,11	0,1	0,93	0,2	Нет
As	0,33	0,033	Нет	0,33	0,033	Нет
Cd	12,1	12,1	4,3	4,3	2,19	Нет
ДДТ	0,75	Нет	Нет	2,1	1,5	Нет

При анализе данных, полученных расчетным путем, установлены наибольшие PCR здоровью населения от воздействия Cd при употреблении всех частей рыбы, Pb и ДДТ – при употреблении печени и молок. Проведенными исследованиями обнаружены существенные различия в содержании ТМ и ХОП в органах и тканях ор-

ганизма выращиваемых рыб. Высокие концентрации ТМ определялись в органах (печени и молоках) карпов, обитающих в прудах возле крупных магистралей города. Таким образом, в целях безопасного употребления такой продукции следует рекомендовать удаление внутренних органов (печени и молок) из рыбной продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуразакова Х. Н., Гитинова П. Ш., Абакарова А. М. Современное состояние проблемы загрязнения продуктов питания потенциальными мутагенами и канцерогенами. *Санитарный врач*. 2021;10:25–36. <https://doi.org/10.33920/med-08-2110-02>.
2. Батурина А. К., Мартинчик А. Н., Камбаров А. О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий. *Вопросы питания*. 2020;89(4):60–70. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10042>
3. Богданова О. Г., Молчанова О. А., Тармаева И. Ю., Ефимова Н. В. Оценка и классификация пищевой продукции по уровню риска для здоровья, связанного с химической и микробиологической контаминацией. *Анализ риска здоровью*. 2021;1:57–67. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.06>
4. Мусаев Ш. Ж., Елисеев Ю. Ю. Проблема риска для здоровья населения процессов концентрирования химических загрязнений в малых реках Саратовской области. *Гигиена и санитария*. 2012;5:101–103.
5. Володина В. В., Грушко М. П., Федорова Н. А. и др. Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна. *Юг России: экология, развитие*. 2020;15(2):48–60. doi: 10.18470/1992.1098.2020.2.48.6048.60.
6. Елисеев Ю. Ю., Верещагин А. И., Истомин А. В., Шоломов И. И. Возможные причины роста заболеваемости населения рассеянным склерозом. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015;2(263):6–9.
7. Беляева А. А., Кутлин Н. Г. Тяжелые металлы в органах и тканях рыб реки Белой. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;6:1–6.
8. Латышевская Н. И. Окружающая среда и здоровье» – научное направление ВолгГМУ в год экологии в России. *Волгоградский научно-медицинский журнал*. 2017;3(55):17–19.
9. Рахимзянов И. И. Загрязнение и засорение водных объектов *Вестник магистратуры*. 2021;5-2(116):4–8.

Информация об авторах

Юрий Юрьевич Елисеев – доктор медицинских наук, профессор, yeliseev.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6507-476X>
Владимир Федорович Спирин – доктор медицинских наук, профессор, vlad.spirin2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2987-0099>

Наталья Ивановна Латышевская – доктор медицинских наук, профессор, latyshnata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>

Борис Николаевич Филатов – доктор медицинских наук, профессор, filatov@rihtop.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2502-8814>

Анна Александровна Войтович – кандидат медицинских наук, voitovich.88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4584-2634>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 11.11.2022; одобрена после рецензирования 26.04.2023; принята к публикации 12.05.2023.

Information about the authors

Yurij Yu. Eliseev – Doctor of Medicine Science, Professor, yeliseev.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6507-476X>

Vladimir F. Spirin – Doctor of Medical Sciences, Professor, vlad.spirin2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2987-0099>

Natalya I. Latyshevskaja – Doctor of Medicine Science, Professor, latyshnata@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>

Boris N. Filatov – Doctor of Medicine Science, Professor, filatov@rihtop.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2502-8814>

Anna A. Voitovich – Candidate of Medicine Science, voitovich.88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4584-2634>

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted on 11.11.2022; approved after reviewing 26.04.2023; accepted for publication 12.05.2023.

REFERENCES

1. Abdurazakova K. N., Gitinova P. Sh., Abakarova A. M. The modern state of the problem potential mutagenic and carcinogenic activity of foods products. *Sanitarnyj vrach = Sanitary doctor*. 2021;10:25–36. <https://doi.org/10.33920/med-08-2110-02> (in Russ.).
2. Baturin A. K., Martinchick A. N., Kambarov A. O. The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20th and 21st centuries. *Voprosi pitaniya = Problems of nutrition*. 2020;89(4):60–70. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10042> (in Russ.).
3. Bogdanova O. G., Molchanova O. A., Tarmaeva I. Yu., Efimova N. V. Evaluation and classification of food products for health risks associated with chemical and microbiological contamination. *Analiz riska zdorov'yu = Health risk analysis*. 2021;1:57–67. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.06> (in Russ.).
4. Musaev S., Eliseev Yu. Problem of risk of processes of increasing in the concentration of chemical pollutants in the small rivers of the Saratov region for population health. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2012;5:101–103. (in Russ.).
5. Volodina V. V., Grushko M. P., Fedorova N. A., et al. Morphological characteristics and ecological significance of tumors of Volga fish Caspian Basin. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, development*. 2020;(15-2):48-60. doi: 10.18470/1992-1098-2020-2.48-6048-60 (in Russ.).
6. Eliseev Yu. Yu., Vereshgin A. V., Istomin A. V., Sholomov I. I. Probable reasons of growth of disseminated sclerosis among the population in urban environment. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya = Public health and life environment*. 2015;2(263):6–9. (in Russ.).
7. Belyaeva A. A., Kutlin N. G. Heavy metals in organs and tissues of fish of the Belaya River. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2017;6:1–6. (in Russ.).
8. Latyshevskaya N. I. «Environment» – the scientific direction of VOLGSMU in the year of ecology in Russia. *Volgogradskij nauchno-medicinskij zhurnal = Volgograd journal of medical research*. 2017;3(55):17–19. (in Russ.).
9. Rakhimzyanov I. I. Pollution and contamination of water bodies. *Vestnik magistratury = Bulletin of the Master's degree*. 2021;5-2(116):4–8. (in Russ.).