



**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**ФГБУН ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД  
ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН**

# **АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЭКОСИСТЕМЫ**

Материалы

**VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОДНОЙ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА  
БОРИСА АЛЕКСАНДРОВИЧА ФЛЁРОВА**

**и ШКОЛЫ-СЕМИНАРА ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ  
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ  
17–20 октября 2023 г., Борок**

**БОРОК, 2023**

УДК [574.47(063): 504.4.054(063)](092)  
ББК 28.088.л6  
А72

*Печатается в соответствии с решением оргкомитета VIII Всероссийской конференции*

*Ответственный редактор:*

И. И. Томилина (ведущий научный сотрудник, к.б.н.) ИБВВ РАН;

*Рецензент:*

А. В. Крылов, д.б.н., профессор, директор ИБО РАН.

*Обложка:* на лицевой части фотография Д. Д. Павлова – Карелия, река Сегежа, 2023 г.; на обороте фотография П. Б. Михеева – место слияния рек Вильва (загрязненная) и Лытва (без загрязнения), 14 июля 2023 г. Характер загрязнения: кислые воды, поступающие из заброшенных шахт Кизеловского угольного бассейна (Пермский край).

**А72 Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы** : сборник материалов / отв. ред. И. И. Томилина - Ярославль : Филигрань. – 2023. – 301 с. – VIII Всероссийская конференция по водной экотоксикологии, посвященная 85-летию со дня рождения Бориса Александровича Флёрова. (Борк, 17–20 октября 2023 г.).

**ISBN 978-5-6050550-6-8**

В сборнике опубликованы материалы докладов VIII Всероссийской конференции «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» по водной экотоксикологии, посвященной 85-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Бориса Александровича Флёрова, и школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки» по широкому кругу теоретических и практических вопросов водной экотоксикологии и охраны окружающей среды, проходящей с 17 по 20 октября 2023 г. в Борке.

Рассматриваются судьба, биодоступность, биотрансформация, биоаккумуляция загрязняющих веществ; биохимические, физиологические поведенческие реакции гидробионтов на действие антропогенных факторов. Приведены методы и критерии оценки качества вод, состояния водных экосистем и водных объектов, проблемы регионального нормирования.

Для широкого круга специалистов: токсикологов, гидробиологов, экологов, гидрохимиков, ихтиологов, зоологов, альгологов. Материалы публикуются в авторской редакции

Материалы сборника размещены на сайте ИБВВ РАН: <http://www.ibiw.ru>

УДК [574.47(063): 504.4.054(063)](092)  
ББК 28.088.л6

**ISBN 978-5-6050550-6-8**  
2023

© Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,

© Павлов Д.Д., фото на обложке, 2023  
© Михеев П. Б., фото на обложке, 2023

## Судьба, биодоступность, биотрансформация, биоаккумуляция загрязняющих веществ

### ПОЛИХЛОРИРОВАННЫЕ БИФЕНИЛЫ И ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ В ПТИЦАХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

М.А. Беланов<sup>1,2</sup>, М.Ю. Щелканов<sup>3,4,5,6</sup>, Д.В. Панкратов<sup>4</sup>, В.Ю. Цыганков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, Институт Мирового океана, 690922, г. Владивосток, [belanov.ma@gmail.com](mailto:belanov.ma@gmail.com)

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», 690922, г. Владивосток, [tsygankov.vyu@dyfu.ru](mailto:tsygankov.vyu@dyfu.ru)

<sup>3</sup>Дальневосточный федеральный университет, Институт наук о жизни и биомедицины, 690922, г. Владивосток, [adorob@mail.ru](mailto:adorob@mail.ru)

<sup>4</sup>Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора, 690087, г. Владивосток, [adorob@mail.ru](mailto:adorob@mail.ru)

<sup>5</sup>Федеральный научный Центр биологического разнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, 690022, г. Владивосток, [adorob@mail.ru](mailto:adorob@mail.ru)

<sup>6</sup>Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, [adorob@mail.ru](mailto:adorob@mail.ru)

В исследовании представлены уровни хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в органах птиц Южного Приморья. Выявлены приоритетные токсичные химические соединения для особей разных экологических групп.

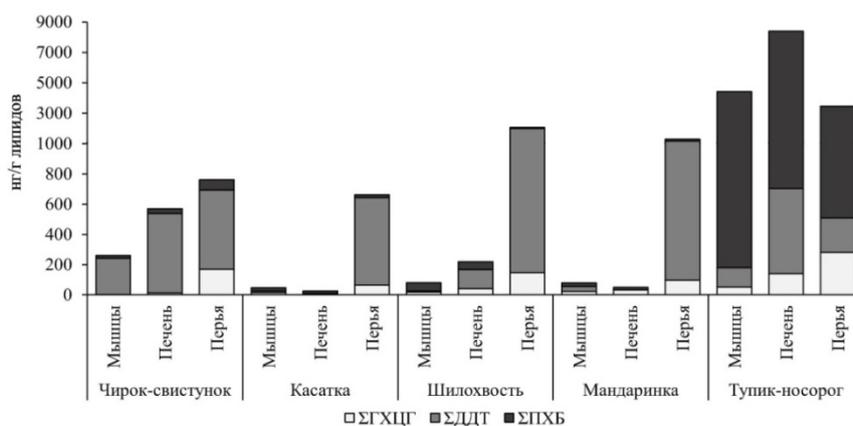
Водные экосистемы Южного Приморья представляют собой уникальный по своему биоразнообразию экологический комплекс, особенно в отношении орнитофауны. Эти экосистемы объединяют различные территории, включая водно-болотные угодья, лесные массивы и прибрежно-островные территории. Это обеспечивает множество видов с различными экологическими требованиями возможностью выбирать оптимальные условия для гнездования или использовать ее как «хаб» на пути сезонных миграций. Биоразнообразие водных экосистем является важным элементом устойчивости биотических сообществ, однако, водные экосистемы подвержены различным видам антропогенного вмешательства, из которых наиболее ярко выражено поступление токсичных химических веществ.

Птицы обычно занимают высокий трофический уровень и крайне чувствительны к изменениям окружающей среды. Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) являются наиболее показательной группой токсикантов, оказывающих хорошо заметное воздействие на птиц. В особенности они влияют на эндокринную, иммунную и нервную системы, репродукцию, развитие и рост. В период массовой и бесконтрольного применения хлорорганических пестицидов (ХОП), в частности дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и гексахлорциклопексана (ГХЦГ), наблюдались сокращения популяций многих видов птиц [1]. Цель работы – исследовать содержание ХОП и ПХБ в органах птиц водных экосистем Южного Приморья и определить приоритетную группу поллютантов, воздействующую на птиц в этом регионе.

Исследовали пять видов птиц: чирок-свистунки (*Anas crecca*, N = 4), касатка (*Mareca falcata*, N = 6), шилохвость (*Anas acuta*, N = 2), мандаринка (*Aix galericulata*, N = 3) и тупик-носорог (*Cerorhinca monocerata*, N = 5). Образцы отбирали в 2021 г. на территории Южного Приморья, в апреле и мае – утиные, в июне – тупик-носорог. Лицензированный научный отстрел биологического материала первых четырех видов осуществлялся на территории Ханкайского района Приморского края. Особи тупика-носорога отобраны ведомственными органами (Росприроднадзор) в бухте Бойсмана (Японское море) и переданы авторам для анализа. Туши птиц разделяли на отдельные органы: печень, грудные мышцы и перья. Образцы замораживали (-20°C) и доставляли в лабораторию. Перед химическим анализом проводили гомогенизацию органов и тканей. Липиды извлекали из гомогенатов экстракцией гексаном с последующим разрушением жировых компонентов концентрированной серной кислотой [2]. Основное определение массового содержания хлорорганических ксенобиотиков в биоматериале проводили на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra. В исследованных образцах среди ХОП и ПХБ определяли: 4,4' -ДДТ, 2,4' -ДДТ, 4,4' -ДДД, 2,4' -ДДД, 4,4' -ДДЕ, 2,4' -ДДЕ,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -ГХЦГ – и конгенеры ПХБ 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180.

Уровни  $\Sigma$ СОЗ ( $\Sigma$ ХОП +  $\Sigma$ ПХБ) в различных органах птиц варьировали от 9 до 19 791 нг/г липидов. Концентрация  $\Sigma$ ХОП в перьях находилась в диапазоне от 100 до 4 970 нг/г липидов, в печени – от 12 до 19 791 нг/г липидов, в грудных мышцах – от 9 до 15 593 нг/г липидов. Суммарные уровни ПХБ в перьевом материале находились в диапазоне от 11 до 4 386 нг/г липидов, в мышцах от 9 до 15 044 нг/г липидов, в печени от 11 до 18 103 нг/г липидов (рис.).

ДДТ (4,4' -ДДТ и 2,4' -ДДТ) обнаружен в грудных мышцах мандаринки (13–59 нг/г липидов) и печени тупика-носорога (22-115 нг/г липидов), единично – в перьях чирка-свистунка (356,2 нг/г липидов) и мандаринки (39,2 нг/г липидов), а также в мышцах тупика-носорога (41,4 нг/г липидов). Метаболит ДДЕ определен в перьевом материале всех видов птиц. Уровни этого поллютанта находились в диапазоне от 8 до 3 674 нг/г липидов. В мышцах и печени тупика-носорога отмечался во всех образцах, диапазоны составили 15–334 и 25–1 200 нг/г липидов, соответственно. ДДД единично встречался в перьях чирка-свистунка (896 нг/г липидов), в мышцах касатки (11 нг/г липидов) и тупика-носорога (31 нг/г липидов), и в печени чирка-свистунка (1 035 нг/г липидов) и шилохвости (251 нг/г липидов).



**Рисунок.** Уровни сумм отдельных групп токсикантов в органах птиц, нг/г липидов.

Линдан ( $\gamma$ -ГХЦГ) выявлен в перьях всех видов, уровни составили от 1 до 65 нг/г липидов. В печени и мышцах определен исключительно в тупике носороге – 2–11 и 5–17 нг/г липидов соответственно.  $\alpha$ -изомер ГХЦГ выявлен только в образцах перьевого материяла во всех видах, за исключением тупика-носорога.  $\beta$ - и  $\delta$ -формы определены во всех видах птиц, за исключением печени и грудных мышц тупика-носорога.

Среди ПХБ во всех видах определен 28 конгенер, диапазон которого в перьях составил 11–121, в мышцах – 3–64, в печени 3–102 нг/г липидов, соответственно. В свою очередь, другой низкохлорированный ПХБ, 52 конгенер отмечен исключительно в пробах тупика-носорога, причем во всех органах. Как и некоторые высокохлорированные конгенеры – 101, 138 и 180. ПХБ 118 и 153 выявлены в перьях мандаринки, чирка-свистунка и тупика-носорога.

Биоаккумуляция СОЗ в птицах прежде всего связана с миграционным поведением, пищевой привычкой и жизненной стратегией определенного вида птиц. В исследовании выделяются две группы птиц: приуроченные к водно-болотным угодьям ("пресноводные" чирок-свистунок, касатка, шилохвость и мандаринка) и прибрежные ("морские" - тупик-носорог). Первая группа птиц схожа по трофическому статусу и экологическим характеристикам и питается преимущественно беспозвоночными, мальками рыб, некоторыми видами растений и их семенами. Тупик (вторая группа), в свою очередь, питается преимущественно анчоусом, сельдью, песчанками и другими гидробионтами, то есть имеет более высокий пищевой статус [3]. В то же время при поиске пищи он активно взаимодействует с водными массами, что отражается на концентрациях поллютантов (рис. 1). Уровни ПХБ были максимальны во всех пробах этого вида, что коррелирует с нашими прошлыми данными о высоких уровнях этой группы поллютантов в рыбах Японского моря [4].

Для оценки времени пребывания органических ксенобиотиков в экосистеме используется отношения концентраций ДДТ и продукта его деградации ДДЕ и отношение концентраций  $\alpha$ - и  $\beta$ -форм к  $\gamma$ -изомеру ГХЦГ. В исследованных нами образцах отмечено преобладание  $\beta$ -ГХЦГ и ДДЕ, что свидетельствует о длительном прибывании органических токсикантов в экосистеме и отсутствии свежего поступления в районах пребывания птиц. В то же время, обнаружение в мышцах мандаринки исключительно ДДТ может указывать на зимовку и пролет многих утиных в Китай и Индию, где реализуется ограниченное применение пестицидов. Во всех пресноводных птицах преобладают низкохлорированные конгенеры ПХБ (28 и 52), которые указывают на преимущественное воздействие атмосферного переноса. В свою очередь, в органах тупика-носорога отмечено кратное превосходство уровней высокохлорированных ПХБ (101, 118, 153, 138 и 180), что может указывать на воздействие активного судоходства и соотносится с данными авторов [4].

Таким образом, экологические особенности различных видов птиц определяются отпечатками СОЗ в их органах. Для пресноводных птиц приоритетной группой поллютантов является ХОП, в свою очередь у морских преобладают ПХБ.

#### Список литературы:

1. Kunisue T. et al. Accumulation features of persistent organochlorines in resident and migratory birds from Asia // *Environmental Pollution*. 2003. Vol. 125, N 2. P. 157–172.
2. Tsygankov V.Yu., 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, N 1. P. 65–68.
3. Глушенко Ю.Н., Нечаев В.А., Редькин Я.А. Птицы Приморского края: краткий фаунистический обзор. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 523 с.
4. Donets M.M. et al. Flounders as indicators of environmental contamination by persistent organic pollutants and health risk // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 164. P. 111977.

### СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ МАКРОФИТАХ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.А. Беляков<sup>1</sup>, Э.В. Гарин<sup>1</sup>, Е.А. Чекмарева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, [euganybeliakov@yandex](mailto:euganybeliakov@yandex), [garinev@mail.ru](mailto:garinev@mail.ru)  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н,

<sup>2</sup>Иваньковская НИС, Институт водных проблем РАН,  
171251, г. Конаково, Тверская обл., [irina\\_grigorieva@list.ru](mailto:irina_grigorieva@list.ru)

Проведены исследования накопления тяжелых металлов различными видами водных и прибрежно-водных макрофитов, произрастающих в заливах и устьях некоторых малых притоков Иваньковского водохранилища.

В период летней экспедиции 2021 года сотрудниками лаборатории высшей водной растительности ИБВВ им. Папанина РАН и Иваньковской НИС ИВП РАН отобраны образцы макрофитов, произведены укосы фитомассы (с площади 1 м<sup>2</sup>), определен флористический состав сообществ макрофитов в заливах Иваньковского водохранилища (п. Эммаус, д. Ст. Мелково, СНТ Волжанка, Перетрусовском, Омутнинском, Федоровском, Мошковичском, Техническом), в устьях малых притоков (рис. 1).

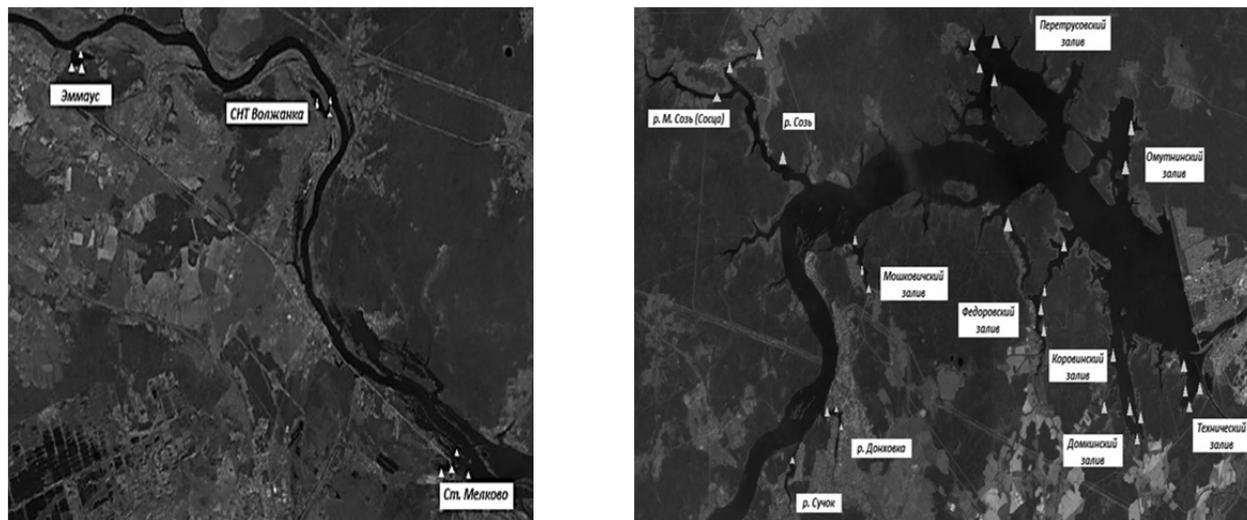


Рис. 1. Карта-схема отбора проб макрофитов на Волжском (слева) и Иваньковском (справа) плесах Иваньковского водохранилища, 2021 г.

Описание и отбор проб по заливам проводили вдоль береговой линии каждого крупного сообщества, наиболее характерных для водоема макрофитов. После описания растительных группировок проводится отбор проб растений с лодки, либо с прибрежной части суши. На биомассу макрофитов накладывали металлическую или деревянную рамку размером 1×1 метр. С данной площади 1 м<sup>2</sup> срезали укороченной косой надводную часть и погруженную (глубина не превышает 0.30 м), по возможности захватывали растение с корневой системой. Укос взвешивали на месте во влажном состоянии, при этом основная масса воды должна была стечь, далее проводили маркировку и укладывали в пакеты. В лаборатории растения укладывали на бумажное основание, подвешивали и сушили в проветриваемом помещении до воздушно-сухого состояния, после чего также взвешивали. С различных частей растения (корни, стебли, листья, цветки, плоды, семена) собирали среднюю пробу и нарезали навеску (стебли и листья делили на отрезки длиной 1–3 см) и размалывали на лабораторной мельнице с керамическими жерновами, просеивали через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Остаток на сите после ручного измельчения ножницами или в ступке добавляли к просеянной части и тщательно перемешивали [1].