

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

Труды IX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

Том 2

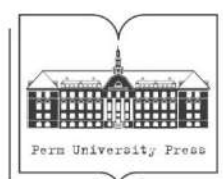


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

Труды IX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(г. Пермь, 25 мая–28 мая 2023 г.)

Том 2



Пермь 2023

УДК 556.552: 551.579

ББК 26.222

C568

Современные проблемы водохранилищ и их водосборов = Modern problems of reservoirs and their catchments [Электронный ресурс] : труды IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (г. Пермь, 25–28 мая 2023 г.) / науч. ред. А. Б. Китаев, О. В. Ларченко, В. Г. Калинин ; Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2023. – Электронные данные. – Пермь, 2023. – Т. 2. – 7,05 Мб ; 309 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sbomiki/modern-problems-of-reservoirs-and-their-catchments-2023-tom2.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3972-4

ISBN 978-5-7944-3976-2 (том. 2)

Рассмотрены вопросы загрязнения естественных и искусственных водных объектов; дана оценка качества воды озер (Телецкое, Чебаркуль) и водохранилищ (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Камское и др.); изучена трансформация биогенных и органических веществ в водных объектах, рассмотрен геохимический состав их донных осадков. Дана оценка опасности лекарственного загрязнения природных вод; рассмотрены подходы к нормированию качества воды; представлена оценка особенностей развития фито- и зоопланктона в различных частях водоемов; дана ихтиологическая характеристика водных объектов.

Представлены проблемы инженерных гидрометеорологических изысканий на водотоках и водоемах; рассмотрены проблемы, решения и перспективы управления водными ресурсами в различных регионах России и стран ближнего зарубежья.

Конференция посвящена памяти Заслуженного деятеля науки и техники РФ, академика РАН, доктора географических наук, профессора Матарзина Юрия Михайловича.

Материалы конференции предназначены для специалистов в области гидрологии, водного хозяйства, геоэкологии и гидробиологии.

УДК 556.552: 551.579

ББК 26.222

Издается по решению оргкомитета конференции

Научные редакторы: А. Б. Китаев, О. В. Ларченко, В. Г. Калинин

Рецензенты: старший научный сотрудник географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, канд. геогр. наук **С. А. Агафонова**

научный сотрудник лаборатории проблем гидрологии суши Горного института УрО РАН, канд. техн. наук **Ю. С. Ляхин**

ISBN 978-5-7944-3972-4

ISBN 978-5-7944-3976-2 (том. 2)

© ПГНИУ, 2023

UDC 556.552: 551.579
LBK 26.222

Modern problems of reservoirs and their catchments: proceedings of the IX All-Russian scientific-practical conference with international participation (Perm, May, 25-28, 2023): Scientific editors A.B. Kitaev, O.V. Larchenko, V.G. Kalinin; Perm State University. – Perm, 2023. – V. 2. – 309 pp.: ill.

ISBN 978-5-7944-3972-4
ISBN 978-5-7944-3976-2 (V. 2)

The issues of pollution of natural and artificial water bodies are considered; an assessment of the water quality of lakes (Teletskoye, Chebarkul) and reservoirs (Ivankovskoye, Uglichskoye, Rybinskoye, Kamskoye, etc.); The transformation of nutrients and organic substances in water bodies has been studied, the geochemical composition of their bottom sediments has been considered. An assessment of the danger of drug contamination of natural waters is given; approaches to water quality rationing are considered; an assessment of the features of phytoplankton and zooplankton development in various parts of water bodies is presented; The ichthyological characteristics of water bodies are given.

The problems of engineering hydrometeorological surveys on watercourses and reservoirs are presented; the problems, solutions and prospects of water resources management in various regions of Russia and neighboring countries are considered.

The conference is dedicated to the memory of Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Geographical Sciences, Professor Y. Matarzin.

The conference proceedings may be interesting for the specialists in hydrology and geoecology.

**UDC 556.552: 551.579
LBK 26.222**

Published on the decision of the Organization Committee

Scientific editors: A.B. Kitaev, O.V. Larchenko, V.G. Kalinin

ISBN 978-5-7944-3972-4
ISBN 978-5-7944-3976-2 (V. 2)

© Perm State University, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

КАЧЕСТВО ВОДЫ

<i>Борисов А.А., Богомолов А.В.</i> Влияние сезонной вариативности гидрохимических параметров вод на экологическое состояние водных объектов на примере водохранилищ Челябинской области.....	12
<i>Волкова З.В., Ломова Д.В., Кременецкая Е.Р.</i> Изменения качества вод в речных системах ЕЧР.....	17
<i>Гайдукова Е.В., Босавина И.Д., Маргарян В.Г., Батмазова А.А.</i> Оценка распространения примесей в Камском водохранилище.....	22
<i>Гришанцева Е.С., Федорова Л.П., Григорьева М.Л., Николаева И.Ю., Тарнопольская М.Е.</i> Биоаккумуляция тяжелых металлов двустворчатыми моллюсками Иваньковского водохранилища.....	27
<i>Гришанцева Е.С., Ясинский С.В., Каишутина Е.А.</i> Геохимический состав донных осадков малых рек Нижнего Новгорода как индикатор антропогенного воздействия.....	32
<i>Даценко Ю.С., Пуклаков В.В.</i> О роли боковой приточности в формировании качества воды Иваньковского и Угличского водохранилищ.....	37
<i>Двинских С.А., Ларченко О.В., Оськина М.А.</i> Использование индикаторов загрязнения поверхностных вод для оценки самоочищающей способности водохранилища (на примере Камского)...	42
<i>Демин А.П.</i> Анализ видов экономической деятельности, наиболее загрязняющих водные объекты российской части бассейна реки Урал....	48
<i>Долгов С.В., Швыдкий В.О., Алентьев Ю.Ю., Штамм Е.В., Барабанова Е.А., Шишкина Л.Н.</i> Фоновое природно-антропогенное содержание биогенных веществ в реках зоны смешанных лесов на русской равнине.....	53
<i>Дьяконов К.Н., Хрусталева М.А., Суслов С.В.</i> Современные проблемы качества воды Волжского водоисточника.....	58
<i>Ерина О.Н., Терешина М.А., Медянкина М.В., Тригуб А.С., Кадыров О.Р.</i> Российские и мировые практики нормирования качества воды: ретроспектива, сравнительный анализ, пути развития.....	64
<i>Ефимов В.А., Антипов Н.Е., Ефимова Л.Е.</i> Исследование качества вод Рыбинского водохранилища по данным зимней съёмки 2022 года.....	69
<i>Ефимова Л.Е., Ерина О.Н., Платонов М.М., Сазонов А.А.</i> Оценка экологического состояния реки Клязьмы.....	74
<i>Захаров С.Г.</i> Гидрохимический режим и качество вод озера Чебаркуль...	79

<i>Зиновьев А.Т., Дьяченко А.В., Кошелев К.Б.</i> Кислородный режим Телецкого озера: наблюдения и моделирование.....	84
<i>Кашутина Е.А., Ясинский С.В., Гришанцева Е.С., Сидорова М.В.</i> Оценка переноса загрязнения со взвесьями в водных объектах.....	89
<i>Киртичникова Н.В., Воронина К.П.</i> Основные факторы формирования качества воды р. Яузы в многолетней динамике.....	96
<i>Козлова М.А.</i> Оценка опасности лекарственного загрязнения природных вод.....	101
<i>Кутявина Т.П., Кондакова Л.В., Ашихмина Т.Я.</i> Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Вятско-Камского Предуралья.....	106
<i>Латина Е.Е., Латина Л.Э., Кудряшова В.В.</i> Динамика магния и фосфора в подземных водах вокруг Ивановского водохранилища....	111
<i>Мурсынина Е.В.</i> Пространственные изменения содержания основных загрязняющих веществ в поверхностных водах реки Тобол.....	116
<i>Рахуба А.В.</i> Вертикальное распределение хлорофилла и гидрохимических показателей воды в период цветения фитопланктона Куйбышевского водохранилища.....	122
<i>Репина И.А., Мишин Д.В., Строков А.А., Ильяшенко Е.Ф., Фатхи М.О.</i> Особенности пространственно-временного распределения метана в водной толще Саяно-Шушенского водохранилища по результатам полевых исследований 2021-2022 гг.	128
<i>Ушакова Е.С., Паньков Н.Н., Белкин П.А.</i> Биоиндикация при оценке экологического состояния малых рек.....	133
<i>Чекмарева Е.А., Григорьева И.Л.</i> Оценка выноса биогенных элементов и тяжелых металлов малыми притоками в Ивановское водохранилище...	139
<i>Шапоренко С.П., Кузовлев В.В.</i> Влияние городов Ржев и Тверь на гидрохимический режим Волжского притока Ивановского водохранилища.....	144
<i>Шашуловская Е.А.</i> Гидрохимические исследования нижеволжских водохранилищ (по результатам трансъевропейской экспедиции НИС «ПРОТЕЙ».....	149
<i>Шашуловская Е.А., Мосияш С.А.</i> Биогенные элементы в водохранилищах Нижней Волги в начале XXI века.....	154
<i>Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В.</i> Современное состояние проблемы оценки характеристик диффузного загрязнения водных объектов на равнинных территориях.....	159

ГИДРОБИОЛОГИЯ И ИХТИОЛОГИЯ

Беляева П.Г. Состав и структура фитопланктона Воткинского водохранилища в 2017–2022 гг.	169
Житлухина В.Н., Истомин С.Г. Наблюдения за ихтиофауной нижнего района Воткинского водохранилища в нерестовый период	174
Жихарев В.С., Гаврилко Д.Е., Обедиев Е.С., Шурганова Г.В. Чужеродные виды зоопланктона водохранилищ Средней Волги.....	178
Журова Д.А., Воденеева Е.Л. Фитопланктон пойменно-русловых комплексов нижнего течения р. Оки	183
Истомина А.М., Беляева П.Г., Истомин С.Г., Крайнев Е.Ю., Мельникова А.Г., Токарев А.В., Целищева Е.М. Гидробиологическая и ихтиологическая характеристика Павловского водохранилища на р. Уфа...	188
Казаринов С.Н., Комарова Л.В., Поносков С.В., Мерзляков И.Н., Михеев П.Б. Расчет неучтенного вылова рыбы на примере судака <i>sander luciperca</i> (Linnaeus, 1758) Камского водохранилища (Пермский край)....	195
Карабанов Д.П., Сабитова Р.З., Котов А.А. Чужеродные виды <i>cladocera</i> (Crustacea: Branchiopoda) в водохранилищах России: единичные случаи или глобальный процесс?.....	199
Каралаш А.А., Казаринов С.Н., Комарова Л.В., Мерзляков И.Н. Внутрипопуляционная изменчивость линейного роста синца (<i>ballerus ballerus</i>) Камского водохранилища	204
Михеев П.Б., Бакланов М.А., Паныков Н.Н., Меньшикова Е.А. Оценка толерантности зообентоса и рыб текучих вод к загрязнению кислыми шахтными водами на примере рек Кизеловского угольного бассейна (Пермский край, Россия).....	208
Мухортова О.В., Сабитова Р.З., Тарасова Н.Г., Карабанов Д.П., Унковская Е.Н. Инвазийные виды фито- и зоопланктона Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (Куйбышевского водохранилища).....	213
Полева А.О., Мухутдинов В.М. Основные тенденции развития сообществ фитопланктона Павловского водохранилища на р. Уфе по многолетним данным.....	218
Рубанова М.В., Мухортова О.В. Инвазия речного окуня <i>perca fluviatilis</i> (Perciformes, Actinopterygii) чужеродной трематодой <i>apophallus muehlingi</i> (Heterophyidae, Trematoda) в реке Большой Черемшан.....	223
Тарасова Н.Г., Быкова С.В., Уманская М.В., Горбунов М.Ю., Мухортова О.В., Краснова Е.С. Формирование сообщества планктонных организмов в приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в осенний период 2020 г.....	228

Холмогорова Н.В., Пушина О.А. Многолетняя динамика показателей макрозообентоса Ижевского водохранилища 232

Чуйко Г.М., Томилина И.И., Гребенюк Л.П., Ложкина Р.А. Связь тератогенных эффектов у личинок хирономид с уровнем антропогенной нагрузки загрязняющими веществами в Рыбинском водохранилище..... 237

**КРУГЛЫЙ СТОЛ
«ИНЖЕНЕРНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ»**

Бузмаков С.В., Остахов А.А., Юхно А.В., Лубенцов А.С., Пнюшков А.Д. Расчёт наивысших уровней воды в условиях нестационарности рядов наблюдений на примере устьевого участка реки Нева 242

Егоркина С.С., Китаев А.Б. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для обоснования строительства берегозащитного сооружения..... 250

Логонова Л.В. Лицензия Росгидромет..... 255

Самохин М.А., Смирнова Е.А. Оценка отклика нормативных расчетных гидрологических коэффициентов на современные изменения климата... 260

**КРУГЛЫЙ СТОЛ
«УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ»**

Абдурашидов А.М. Проблемы определения береговых линий пересыхающих водоемов на примере Туралинских озер Дагестана..... 267

Второва А.И., Мякишева Н.В., Панина М.В., Лиходумова И.Н. Современные особенности регулирования водохранилищ верховья реки Урал..... 272

Горячев В.С. Оценка роли водохранилищ республики Башкортостан в регулировании стока и водообеспечении населения и объектов экономики..... 278

Лопатина И.И. Роль судебной гидрологической экспертизы в судебном производстве..... 283

Фролова Т.С. Управление водными ресурсами в мире..... 289

Фролова Т.С., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Водное хозяйство стран БРИКС..... 294

ГИДРОЛОГИЯ ДЛЯ ДУШИ

Фролова И.В. «Гидрография» литературных пейзажей в произведениях пермских поэтов 299

CONTENTS

WATER QUALITY

<i>Borisov A., Bogomolov A.</i> The impact of seasonal variability waters hydrochemical parameters on the ecological condition of water objects on the example of reservoirs of the Chelyabinsk region.....	12
<i>Volkova Z., Kremenetskaya E., Lomova D.</i> Long – term variations of the water quality characteristics of the river EPR	17
<i>Gaidukova E., Bosavina I., Margaryan V., Batmazova A.</i> Evaluation of distribution of impurities in the Kama reservoir.....	22
<i>Grishantseva E., Fedorova L., Grigorieva M., Nikolaeva I., Tarnopolskaya M.</i> Bioaccumulation of heavy metals by bivalve mollusks of the Ivankovo reservoir.....	27
<i>Grishantseva E., Yasinsky S., Kashutina E.</i> Geochemical composition of bottom sediments of small rivers of Nizhny Novgorod as an indicator of anthropogenic impact.....	32
<i>Datsenko Yu., Puklakov V.</i> On the role of lateral tributaries in the formation of water quality of the Ivankovo and Uglich reservoirs.....	37
<i>Dvinskikh S., Larchenko O., Os'kina M.</i> Use of surface water pollution indicators to assess the self-cleaning capability of a reservoir (on the example of Kamskoye).....	42
<i>Demin A.</i> Analysis of economic activities most polluting water bodies in the russian part of the ural river basin.....	48
<i>Dolgov S., Shvydkiy V., Alentev Yu., Shtamm E., Barabanova E., Shishkina L.</i> Natural background and anthropogenic content of nutrients in rivers of the mixed forest zone on the Russian plain.....	53
<i>Dyakonov K., Khrustaleva M., Suslov S.</i> Modern problems of water quality in the Volga water source.....	58
<i>Erina O., Tereshina M., Mediankina M., Trigub A., Kadyrov O.</i> Russian and world practices of water quality regulation: background, comparative analysis, pathways for improvement.....	64
<i>Efimov V., Antipov N., Efomova L.</i> Study of the water quality of the Rybinsk water reservoir according to the winter survey of 2022.....	69
<i>Efimova L., Erina O., Platonov M., Sazonov A.</i> Assessment of the ecological state of the Klyazma river.....	74
<i>Zakharov S.</i> Hydrochemical regime and water quality of lake Chebarkul.....	79
<i>Zinoviev A., Dyachenko A., Koshelev K.</i> Oxygen regime of lake Teletskoye: observations and modeling.....	84

<i>Kashutina E., Yasinsky S., Grishantseva E., Sidorova M.</i> Evaluation of pollution transfer with suspensions in water bodies.....	89
<i>Kirpichnikova N., Voronina K.</i> The main factors of the formation of the water quality of the Yauza river in the long-term dynamics.....	96
<i>Kozlova M.</i> Hazard assessment of pharmaceutical pollution of natural waters	101
<i>Kutyavina T., Kondakova L., Ashikhmina T.</i> Hydrochemical features and formation of phytoplankton in artificial reservoirs of the Vyatka-Kama Pre-Urals.....	106
<i>Lapina E., Lapina L., Kudrajshova V.</i> Dynamics of magnesium and phosphorus in groundwater around Ivankovo reservoir.....	111
<i>Mursynina E.</i> Spatial changes in the content of the main pollutants in the surface waters of the Tobol river.....	116
<i>Rakhuba A.</i> Vertical distribution of chlorophyll and hydrochemical indicators of water during the phytoplankton bloom of the Kuibyshev reservoir	122
<i>Repina I., Mishin D., Stokov A., Ilyashenko E., Fatkhi M.</i> Features of the spatial and temporal distribution of methane in the water column of the Sayano-Shushenskoye reservoir based on the results of field studies in 2021-2022.....	128
<i>Ushakova E., Pankov N., Belkin P.</i> Bioindication in the assessment of the environmental status of small rivers	133
<i>Chekmareva E., Grigoryeva I.</i> Assessment the flow of biogenic elements and heavy metals by small tributaries in Ivankovo reservoir	139
<i>Shaporenko S., Kuzovlev V.</i> The influence of the cities of Rzhev and Tver on the hydrochemical regime of the Volga tributary of the Ivankovsky reservoir.....	144
<i>Shashulovskaya E.</i> Hydrochemical studies of the lower Volga reservoirs (based on the results of the Trans-European expedition of NIS "Proteus")	149
<i>Shashulovskaya E., Mosiyash S.</i> Biogenic elements in reservoirs Lower Volga of the XXI century	154
<i>Yasinskii S., Kashutina E., Sidorova M.</i> The current status of the problem of assessing the characteristics of diffuse pollution of water bodies in plain areas	159

HYDROBIOLOGY AND ICHTHYOLOGY

<i>Belyaeva P.</i> Composition and structure of phytoplankton of the Kama and Votkinsk reservoirs in summer	169
<i>Zhitlukhina V., Istomin S.</i> Observation of lower Votkinsk reservoir fish fauna in spawning period	174
<i>Zhikharev V., Gavrilko D., Obedientova E., Shurganova G.</i> Alien species of zooplankton of the Middle Volga reservoirs	178

<i>Zhurova D., Vodeneeva E.</i> Phytoplankton of floodplain-channel complexes of the Oka river lower reaches	183
<i>Istomina A., Belyaeva P., Istomin S., Krainev E., Melnikova A., Tokarev A., Tselishcheva E.</i> Hydrobiological and ichthyological characteristics of the Pavlovsk reservoir on the Ufa river	188
<i>Kazarinov S., Komarova L., Ponosov S., Merzlyakov I., Mikheev P.</i> Calculation of unaccounted fish catches by the example of pikeperch <i>sander lucioperca</i> (linnaeus, 1758) of the Kama reservoir (Perm krai)	195
<i>Karabanov D., Sabitova R., Kotov A.</i> Non-indigenous species of cladocera (crustacea: branchiopoda) in Russian reservoirs: single cases or global process?	199
<i>Karalash A., Kazarinov S., Komarova L., Merzlyakov I.</i> Of the blue bream (<i>ballerus ballerus</i>) Kama reservoir	204
<i>Mikheev P., Baklanov M., Pankov N., Menshikova E.</i> Assessment of tolerance of zoobenthos and fish of flowing waters to pollution by acid mine waters: case study on the rivers of the Kizelovsky coal basin (Perm krai, Russia)	208
<i>Mukhortova O., Sabitova R., Tarasova N., Karabanov D., Unkovskaya E.</i> Invasive species of phyto- and zooplankton of the Saralinsky site Volga-Kama state natural biosphere reserve (Kuibyshev reservoir)	213
<i>Poleva A., Muhutdinov V.</i> Main trends in the development of phytoplankton communities in the Pavlovskoe reservoir on river Ufa according to long-term data	218
<i>Rubanova M., Mukhortova O.</i> Invasion of the perch <i>perca fluviatilis</i> (perciformes, actinopterygii) with the alien trematode <i>apophallus muehlingi</i> (heterophyidae, trematoda) in the river Bolshoy Cheremshan	223
<i>Tarasova N., Bykova S., Umanskaya M., Gorbunov M., Mukhortova O., Krasnova E.</i> Formation of a community of plankton organisms in the priplotinny reach of the Kuibyshev reservoir in autumn 2020.....	228
<i>Kholmogorova N., Pushina O.</i> Long-term dynamics of the macrozoobenthos community indicators of the Izhevsk reservoir	232
<i>Chuiko G., Tomilina I., Grebenjuk L., Lozhkina R.</i> The relationship of teratogenic effects in chironomid larvae with the level of anthropogenic load of pollutants in the Rybinsk reservoir	237

ENGINEERING HYDROMETEOROLOGICAL SURVEYS

<i>Buzmakov S., Ostashov A., Yukhno A., Lubentsov A., Pnyushkov A.</i> Calculation of the highest water levels in the case of non-stationary series of observations on the example of the Neva river mouth	242
<i>Egorkina S., Kitaev A.</i> Engineering and hydrometeorological surveys to justify the construction of a coastal protective structure	250

<i>Loginova L.</i> License Of Roshydromet	255
<i>Samokhin M., Smirnova E.</i> Assessment of the response of normative calculated hydrological coefficients to modern climate changes	260

WATER RESOURCES MANAGEMENT

<i>Abdurashidov A.</i> Problems of determining the shorelines of drying reservoirs on the example of the Turaly lakes of Dagestan	267
<i>Vtorova A., Myakisheva N., Panina M., Lichodumova I.</i> Modern features of the regulation of reservoirs of the upper Ural river	272
<i>Goryachev V.</i> Assessment of the role of reservoirs of the republic of Bashkortostan in regulating the flow and water supply of the population and economic facilities	278
<i>Lopatina I.</i> The role of forensic hydrological expertise in court proceedings	283
<i>Frolova T.</i> World water management	289
<i>Frolova T., Koronkevich N., Barabanova E., Zajtseva I.</i> Anthropogenic impact on water resources in the BRICS countries	294

HYDROLOGY FOR THE SOUL

<i>Frolova I.</i> "Hydrography" of literary paysage in the poetry of perm poets	299
---	-----

Е.С. Гришанцева¹, Л.П. Федорова², М.Л. Григорьева¹, И.Ю. Николаева¹,
М.Е. Тарнопольская¹, shes99@mail.ru

¹Московский государственный университет им.Ломоносова, г.Москва, Россия

²Институт водных проблем РАН, Ивановская научно-исследовательская станция,
г. Конаково, Тверская область, Россия

БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДВУСТВОРЧАТЫМИ МОЛЛЮСКАМИ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Определены уровни содержания микроэлементов (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd, Pb) в двустворчатых моллюсках вида *Dreissena polymorpha Pallas* Ивановского водохранилища. Проведена оценка коэффициентов биологического поглощения микроэлементов в раковинах и тканях дрейсены относительно мелкодисперсной фракции донных осадков и воды.

Ключевые слова биоаккумуляция, тяжелые металлы, двустворчатые моллюски, Ивановское водохранилище.

E.S. Grishantseva¹, L.P. Fedorova², M.L. Grigorieva¹, I.Y. Nikolaeva¹,
M.E. Tarnopolskaya¹, shes99@mail.ru

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Water Problems of the RAS, Ivankovskaya Research Station,
Konakovo, Tver Region, Russia

BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS BY BIVALVE MOLLUSKS OF THE IVANKOVO RESERVOIR

The levels of trace elements (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd, Pb) in bivalve mollusks of the species *Dreissena polymorpha Pallas* of the Ivankovo reservoir were determined. The coefficients of bioaccumulation of trace elements in the shells and tissues of the dreissena relative to the fine fraction of bottom sediments and water were evaluated.

Keywords: bioaccumulation, heavy metals, bivalve mollusks, Ivankovo reservoir.

Введение

Целью работы является выявление закономерностей биоаккумуляции тяжелых металлов (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd, Pb) в системе гидробионты – вода – донные отложения Ивановского водохранилища. Задачами исследования были: определение уровней концентраций микроэлементов в абиогенных компонентах экосистемы Ивановского водохранилища (в воде и донных осадках); определение средних значений и диапазонов содержаний микроэлементов в мягких тканях и раковинах двустворчатых моллюсков вида *Dreissena polymorpha Pallas*. Изучение биоаккумуляции микроэлементов в водных экосистемах важно как для практической оценки границ устойчивости организмов в условиях антропогенной нагрузки, так и с точки зрения вклада организмов в биогеохимическую миграцию химических элементов в водных объектах и

участия элементов в процессах перераспределения и изменения форм их миграции в водных экосистемах [2].

Материалы и методы исследования

Биогеохимические исследования проводились на одном из Верхневолжских водохранилищ – Ивановском водохранилище, расположенном в Московской области, и используемом для целей питьевого водоснабжения г. Москвы, гидроэнергетики, судоходства, рыбного хозяйства и рекреации. Отбор проб донных осадков, поверхностных вод и гидробионтов проводился в июле 2021-2022 г. в створах Мелково, Плоски, водозабор КГРЭС, Корчева и в устье Мошковического залива (рисунок). Отбор образцов также проводили в местах высокой антропогенной нагрузки на водоем – в устье р.Донховка и в месте сброса сточных вод в Мошковическом заливе, однако там были обнаружены только танатоценозы, живые особи дрейсен не были найдены. Донные отложения отбирали с помощью дночерпателя в пластиковые емкости, масса каждой пробы составляла 500 г. Поверхностные воды отбирали с глубины 1-1,5 м с помощью батометра и сразу фильтровали через мембранный фильтр (шприц-насадка с ацетатно-целлюлозным фильтром, диаметр пор 0,45 мкм) для разделения взвешенных и растворенных форм микроэлементов и подкисляли 0,5 мл HNO_3 конц марки ОСЧ на 15 мл пробы.

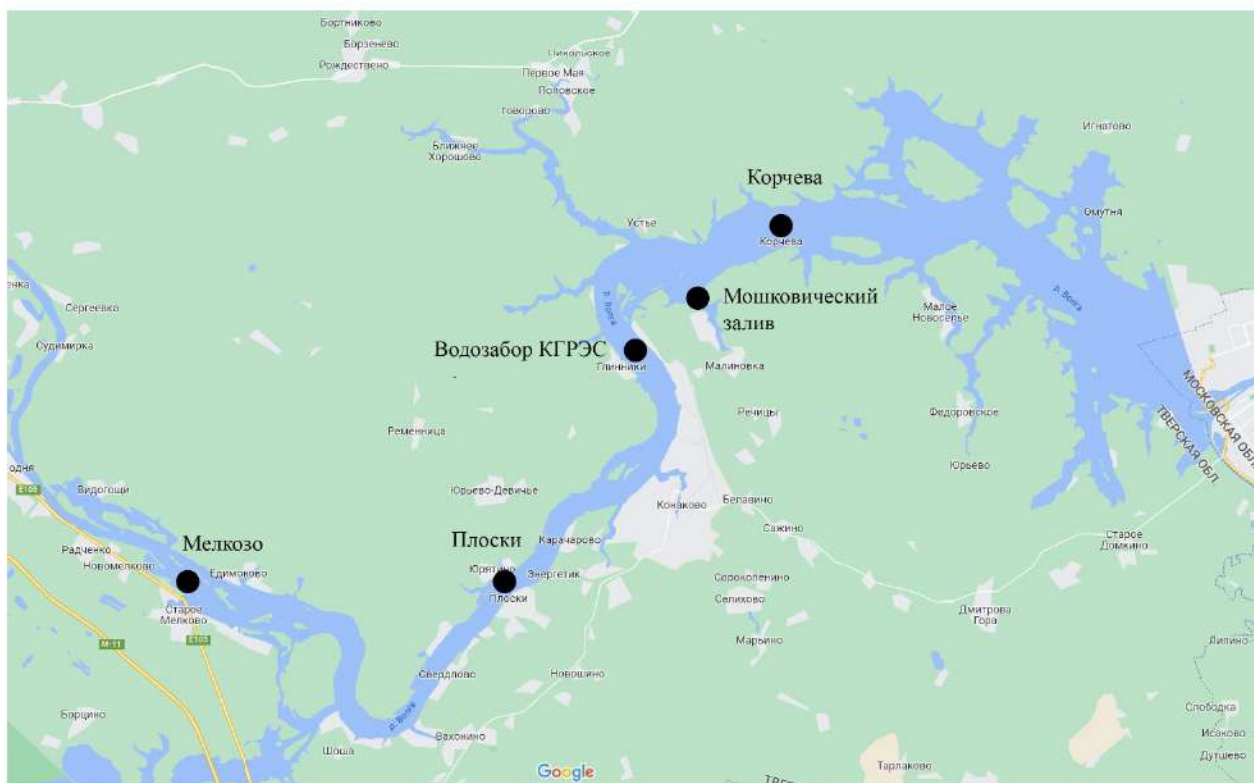


Схема расположения станций отбора проб на Ивановском водохранилище

Из проб донных осадков в лаборатории была выделена мелкодисперсная фракция размерностью менее 0,1 мм методом ситования. Мелкодисперсную фракцию донных осадков переносили в фарфоровые тигли и высушивали при 105°C до постоянной массы.

В качестве объекта исследования были выбраны двустворчатые моллюски вида *Dreissena polymorpha Pallas*, как наиболее многочисленные и широко распространенные в водоемах средней полосы России. Образцы моллюсков отбирались с помощью драги в пластиковые емкости, общая масса образцов составляла около 500 гр.

Образцы гидробионтов разделяли по размеру раковины на две группы большие и маленькие особи. Большие особи имели размер раковин от 24 до 30 мм, маленькие – от 12 до 18 мм. Поскольку размер раковины зависит от возраста дрейсены, маленькие особи имели возраст около 2-х лет, а большие – около 4-х лет. Образцы моллюсков очищали от взвеси, промывали в дистиллированной воде, и препарировали на раковины и мягкие ткани. Мягкие ткани помещали в фарфоровые тигли и высушивали в сушильном шкафу при температуре 50⁰С 6 часов до постоянной массы, а затем разлагали в HNO₃ конц. Раковины сушили, дробили и истирали в агатовой ступке, а затем разлагали методом спекания [1], как и мелкодисперсную фракцию донных осадков. Абсолютная весовая влажность составляла для раковин от 2 до 13%, для мягких тканей 56-91%. Определение содержания микроэлементов в гидробионтах, донных осадках и воде проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре ELEMENT-2 фирмы Thermo Scientific на кафедре геохимии Геологического факультета МГУ. Контроль полноты разложения образцов и оценку правильности результатов анализа проводили по государственным и международным стандартным образцам: для донных отложений и раковин – СДО-3 (известковый ил); для тканей гидробионтов – MODAS 3 (M_3HerTis Herring tissue, Clupea harengus from the North Sea – ткань атлантической сельди из Северного моря). Контроль правильности для анализов проб воды проводил по международным стандартным образцам CRM TMDW (Trace Metals in Drinking Water Standart – многоэлементный калибровочный стандарт следов металлов в питьевой воде).

Результаты и их обсуждение

Средние значения концентраций микроэлементов в раковинах и тканях двустворчатых моллюсков, мелкодисперсной фракции донных осадков и воде Иваньковского водохранилища приведены в таблице 1.

Поскольку дрейсена является фильтратором и сестонофагом, т.е. способна усваивать микроэлементы как в виде растворенной формы из природных вод, так и из взвеси, расчет коэффициентов биологического поглощения (КБП) проводили для системы гидробионт-вода (КБП_в), и гидробионт-донные отложения (фракция менее 0,1 мм) (КБП_{до}).

Коэффициент биологического поглощения рассчитывался как отношение содержания микроэлемента в органе гидробионта (на сухую массу, мг/кг) к содержанию в компоненте среды, из которого организм может поглощать микроэлементы (мелкодисперсная фракция донных осадков, мг/кг; вода мг/л) (табл.2).

Таблица 1

**Средние концентрации микроэлементов в гидробионтах, донных осадках и воде
Иваньковского водохранилища**

	<i>Ag</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Sr</i>	<i>As</i>
концентрация в тканях <i>Dreissena polymorpha Pallas</i> , мг/кг сухой биомассы												
М n=20	0.10	0.39	1.0	1.0	3	570	1.8	14	14	92	16	3.6
Б n=20	0.11	0.46	1.5	0.99	3.5	1316	2.3	23	13	135	24	4.1
концентрация в раковинах <i>Dreissena polymorpha Pallas</i> , мг/кг сухой биомассы												
М n=20	0.2	0.04	0.8	15.0	3.4	521	2.0	12	28	14	443	6.0
Б n=20	0.18	0.07	0.6	15.4	3.2	1365	2.3	11	29	10	523	4.1
концентрация в донных отложениях (фракция меньше 0,1 мм), мг/кг сухой массы												
n=10	0.47	0.92	18.9	89.4	68	1609	10.5	25.6	50.4	228	129	6.5
концентрация в воде, мкг/л												
n=10	0.03	0.01	0.15	0.39	1.19	4.2	0.07	1.19	1.89	2.2	126	0.96

Примечание: М – дрейсены с размером раковины 12-18 мм, Б – дрейсены с размером раковины 24-30 мм; n – количество проб.

Таблица 2

Средние значения КБП микроэлементов в системе гидробионт-вода, гидробионт-донные осадки

	<i>Ag</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Sr</i>	<i>As</i>
КБП микроэлементов мягкими тканями дрейсен												
КБП _в n=20	$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$
КБП _{до} n=20	0.2	0.4	0.06	0.1	0.04	0.05	0.2	0.8	0.3	0.5	0.2	0.6
КБП микроэлементов раковинами дрейсен												
КБП _в n=20	$6 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
КБП _{до} n=20	0.4	0.06	0.04	0.01	0.04	0.5	0.2	0.4	0.6	0.05	3.7	0.7

Примечание: n – количество проб.

Получены следующие средние значения КБП_в для системы гидробионт-вода для мягких тканей дрейсен: $n \cdot 10^5$ для Mn; $n \cdot 10^4$ для Cd, Co, Ni, Cu; $n \cdot 10^3$ для Ag, Pb, V, Cr, Cu, As; $n \cdot 10^2$ для Sr; для раковин: $n \cdot 10^5$ для Mn; $n \cdot 10^4$ для V, Co, Ni, Cu; $n \cdot 10^3$ для Ag, Cd, Pb, Cr, Zn, Sr, As. Величины КБП_{до} в системе гидробионт-донные осадки в мягких тканях были меньше 1 для всех элементов и находились в диапазоне $n \cdot 10^{-1}$ $n \cdot 10^{-2}$. КБП_{до} в раковинах относительно донных отложений также находится в пределах $n \cdot 10^{-1}$ $n \cdot 10^{-2}$. Исключение составляет Sr для которого в раковинах был получен КБП_{до} = 3.7.

Выводы

Установлены уровни содержания микроэлементов в двустворчатых моллюсках вида *Dreissena polymorpha Pallas* Иваньковского водохранилища, которые отражают физиологическую потребность элементов для данного вида гидробионтов. Показано, что концентрации микроэлементов в мягких тканях и раковинах дрейсен не зависят от возраста и размера особи. Крупные и мелкие особи дрейсен накапливают одинаковое количество микроэлементов. Исключение составляют Pb, Mn, Co, Ni, Zn, Sr, As, концентрации которых выше в мягких тканях крупных особей по сравнению с мелкими, что можно объяснить сложностью удаления частиц взвеси с сорбированными на ней микроэлементами из внутренних органов при пробоподготовке. Концентрация марганца в раковинах крупных особей выше, чем в мелких.

Проведенный сравнительный анализ распределения микроэлементов между органами дрейсен показывает, что в мягких тканях более активно накапливаются Cd, Pb, Zn. Эти элементы в дальнейшем могут перераспределяться по пищевым цепям. Элементы Ag, V, Cu, Sr в большей степени аккумулируются в раковинах дрейсен, и таким образом довольно прочно связываются на длительный период, а после отмирания дрейсен переходят в состав донных отложений. Для Cr, Mn, Co, Ni, As получены одинаковые показатели биоаккумуляции в мягких тканях и раковинах.

Биогеохимические исследования выполнены в рамках темы «Экспериментальные исследования форм нахождения, адсорбции, миграции и геохимических циклов микроэлементов в гидротермальных системах и водах континентальной литосферы» (номер цитис 121071200143-2) Гос. задания МГУ; гидробиологические исследования выполнены в рамках темы «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий» (№ FMWZ-2022-0002) Гос. задания ИВВ РАН.

Библиографический список

1. Бычкова Я. В., Николаева И. Ю., Ермина О.С. и др. Методические особенности подготовки твердых геологических проб для мультиэлементного анализа методом ИСП-МС // Вестник Моск. ун-та. Сер.4. Геология. 2018. № 5. С. 54–57.
2. Демина Л.Л. Биогенная миграция микроэлементов в океане: автореф. дисс... д-ра. геол.-мин. наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. 2010. 48 с.