

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

Труды IX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

Том 1

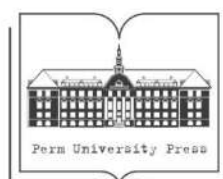


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

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

Том 1



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. 1. – 12,4 Мб ; 318 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sbomiki/modern-problems-of-reservoirs-and-their-catchments-2023-tom1.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3972-4

ISBN 978-5-7944-3973-1 (том. 1)

Рассматриваются вопросы изменения уровня, скоростного, термического и ледового режима естественных и искусственных водных объектов под влиянием меняющегося климата и хозяйственной деятельности человека; особое внимание уделено оценке специфических черт гидродинамического режима водохранилищ (Куйбышевское, нижнекамское, Колымское и др.), переформированию берегов водоемов (Кармановское), а также исследованию термического режима и ледовых явлений на водных объектах (Саяно-Шушенское, Камское, Мамаканское и Можайское водохранилища, озеро Чаны, Глубокое, реки – Волга, Кама, Печора, Сытва, Нарын и др.).

В геоэкологических исследованиях особое внимание уделено оценке экологического благополучия природно-техногенных систем водных объектов, влиянию гидрометеорологических факторов на экологические характеристики водохранилищ, природным и антропогенным факторам деградации рек, вопросам рекреационного использования прибрежных зон водных объектов.

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 Государственного гидрологического института, начальник отдела научно-технической информации, канд. геогр. наук **Л. С. Банищикова**

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

ISBN 978-5-7944-3972-4

ISBN 978-5-7944-3973-1 (том. 1)

© 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.1. – 318 pp.: ill.

ISBN 978-5-7944-3972-4
ISBN 978-5-7944-3973-1 (V. 1)

The issues of changing the level, speed, thermal and ice regime of natural and artificial water bodies under the influence of a changing climate and human economic activity are considered; special attention is paid to the assessment of the specific features of the hydrodynamic regime of reservoirs (Kuibyshev, Nizhnekamsk, Kolyma, etc.), the reformation of the banks of reservoirs (Karmanovskoye), as well as the study of the thermal regime and ice phenomena on water bodies (Sayano-Shushenskoye, Kamskoye, Mamakanskoye and Mozhaisk reservoirs, Lake Chany, Glubokoye, rivers – Volga, Kama, Pechora, Sylva, Naryn, etc.). In geoecological studies, special attention is paid to the assessment of the ecological well-being of natural and man-made systems of water bodies, the influence of hydrometeorological factors on the environmental characteristics of reservoirs, natural and anthropogenic factors of river degradation, and the recreational use of coastal zones of water bodies.

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 978-5-7944-3973-1 (V. 1)

© Perm State University, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГИДРО- И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

<i>Акматов Р.Т., Чодураев Т.М., Почечун В.А.</i> Изменение стока за вегетационный период в верхнем течении реки Нарын в условиях глобального изменения климата.....	12
<i>Ахмерова Н.Д., Айзель Г.В., Ерина О.Н., Семенова Н.К., Симонов Ю.А., Соколов Д.И.</i> Ожидаемые изменения притока воды в Можайское водохранилище в XXI веке.....	18
<i>Болгов М.В., Коробкина Е.А., Филиппова И.А.</i> Об оценках годового стока в условиях недостаточного увлажнения	24
<i>Возняк А.А.</i> Параметры редуцированных формул в бассейне реки Белой.....	29
<i>Горелиц О.В., Ракчеева Е.А., Тимошенко А.А., Мишин Д.В., Борценко Е.В.</i> Особенности гидрологического режима Саяно-Шушенского водохранилища в 2021-2022 гг.....	35
<i>Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.</i> Затопления на реках бассейна Печоры, как опасное гидрологическое явление.....	40
<i>Двинских С.А., Калужный В.К., Ларченко О.В.</i> Особенности русловых деформаций в разных районах Камского водохранилища.....	45
<i>Дебольская Е.И., Грицук И.И., Дошина М.Е.</i> Лабораторное моделирование термоэрозионного размыва речных берегов.....	53
<i>Добровольский С.Г., Лебедева И.И.</i> Проблемы определения статуса рек, регулируемых водохранилищами	58
<i>Дрегваль М.С.</i> Изменение продолжительности ледовых явлений под влиянием антропогенных и климатических факторов в бассейне реки Печора.....	63
<i>Жуков И.А., Айбулатов Д.Н.</i> Водный режим малых рек бассейнов Волги и Урала.....	66
<i>Законнов В.В., Законнова А.В.</i> Изменения гидроморфометрических характеристик водохранилищ Волги.....	71
<i>Зиновьев А.Т., Дьяченко А.В., Кондакова О.В.</i> Моделирование уровня воды бессточного озера Чаны.....	76
<i>Игнатьева М.Н.</i> Применение дистанционных методов исследования для анализа изменения площади Чернореченского водохранилища (Севастополь, Крымский полуостров)	81
<i>Казанцева А.С., Красиков А.В.</i> Гидрологические наблюдения на р.Сылва (г.Кунгур).....	86

<i>Калашикова О.Ю., Ниязов Дж.Б., Почечун В.А.</i> Предупреждение опасных гидрологических и геоэкологических явлений в водных объектах.....	91
<i>Калинин В.Г., Микова К.Д.</i> О зависимостях сроков ледообразования от дат перехода температуры воды через 3°С и 2°С на Камском водохранилище.....	95
<i>Калинин В.Г., Шайдулина А.А.</i> О верификации расчетов снеготаяния с данными наблюдений на метеорологических станциях.....	100
<i>Каргаполова И.Н., Жуков И.Г.</i> Русловые процессы в ложе водохранилищ (на примере Куйбышевского водохранилища).....	105
<i>Китаев А.Б., Ярославцева М.С.</i> Оценка интенсивности наполнения и сработки Нижнекамского водохранилища в характерные по водности годы настоящего столетия.....	111
<i>Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.</i> Предварительные результаты палеолимнологических исследований на озере Новожилово (Камско-Кельтминская низменность, бассейн Верхней Камы).....	118
<i>Косицкий А.Г., Белозёров Е.В.</i> Оценка характеристик стока черноморских рек Краснодарского края с использованием данных АИУВ НПК "ЭМЕРСИТ"	123
<i>Лучников А.И., Мозгин А.В.</i> Оценка точности фотограмметрических моделей при решении геоморфологических задач с использованием БПЛА.....	127
<i>Магрицкий Д.В., Прокопьева К.Н.</i> Гидрологическая роль Мамаканского водохранилища.....	133
<i>Малюгин Н.Р.</i> Усиление эффекта отрицательной вязкости в реверсивных течениях за счет взаимодействия вихревых структур.....	138
<i>Масликова О.Я., Грицук И.И., Понов Д.Н.</i> Исследование размыва меандра в условиях криолитозоны.....	143
<i>Микова К.Д., Соснина Д.А.</i> Влияние климатических изменений на зимний сток рек Пермского края.....	148
<i>Морейдо В.М., Гарцман Б.И.</i> Прогноз сезонного речного стока в детерминированной и вероятностной формах.....	153
<i>Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю., Соломатин Н.В., Мещерин В.А.</i> Режим стока реки Урал, проблемы и решения.....	158
<i>Поздняков Ш.Р., Кондратьев С.А.</i> Актуальные проблемы современных исследований водохранилищ и их водосборов.....	163

<i>Сапожникова А.А., Ракчеева Е.А.</i> Испарение с поверхности водохранилищ Крыма в различных гидрографических районах полуострова.....	169
<i>Смирнов А.И.</i> Переформирование берегов Кармановского водохранилища в Южном Предуралье.....	175
<i>Соколов Д.И., Ерина О.Н., Терешина М.А.</i> Термический режим озера Глубокого в 2018–2021 гг.....	180
<i>Сучилина З.А., Гарцман Б.И.</i> Краткосрочный прогноз дождевых паводков в бассейне р. Уссури на основе ИМК ЕСОМАГ.....	185
<i>Терешина М.А., Ерина О.Н., Соколов Д.И.</i> Оценка применимости одномерной модели GLM для воспроизведения термического режима долинного водохранилища.....	191
<i>Турутина Т.В.</i> Влияние изменения климата на годовое распределение некоторых гидрологических величин.....	196
<i>Ушаков М.В.</i> Годовой приток воды к водохранилищу Колымской ГЭС в условиях климатических изменений.....	200
<i>Шайдулина А.А., Сулимов А.Д.</i> Оценка достоверности моделирования скоростного режима полуруслового участка Камского водохранилища в программном комплексе HEC-RAS.....	204
<i>Шмакова М.В.</i> Русловая и бассейновая составляющие стока наносов.....	208
<i>Шихов А.Н., Пищальникова Е.В., Калинин Н.А.</i> Расчет максимального снегонакопления в бассейне Камы по данным глобальных моделей численного прогноза погоды и реанализа в 2019–2023 гг.....	213
<i>Юдина В.А., Черноморец С.С., Савернюк Е.А., Крыленко П.В., Кидяева В.М.</i> Моделирование прорыва ледникового озера.....	217
<i>Ярославцева М.С., Китаев А.Б.</i> Оценка обмена вод в Нижнекамском водохранилище в современных условиях.....	222

ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Васькова Е.А., Дмитриев В.В.</i> Проблемы и опыт интегральной оценки экологического благополучия природно-техногенной системы.....	227
<i>Гареев А.М., Сайфуллина Е.Н., Галеева Э.М.</i> Методические положения оценки рекреационного потенциала малых и средних озер (на примере озер по территории Республики Башкортостан).....	232
<i>Гречушников М.Г., Репина И.А., Казанцев В.С.</i> Параметризация удельного потока метана с акватории водохранилищ.....	237

<i>Григорьева И.Л., Гречушникова М.Г., Ломова Д.В., Кременецкая Е.Р., Комиссаров А.Б., Федорова Л.П., Ломов В.А., Чекмарева Е.А.</i> Влияние гидрометеорологических факторов на гидроэкологические характеристики Иваньковского водохранилища в летний период.....	242
<i>Ермакова Г.С., Милютин И.Ю., Турсунова Г.Ш., Козлова М.В.</i> Пространственная неравномерность антропогенного освоения водосбора Ириклинского водохранилища.....	247
<i>Калинин В.Г., Беляева И.А.</i> Характеристика донных отложений на Камском водохранилище	254
<i>Курбатова И.Е., Афанасьева А.А.</i> Природные и антропогенные факторы риска деградации реки Казанка и ее притоков: эколого-географический подход	259
<i>Курбатова И.Е., Мулин М.О.</i> Оценка геоэкологического состояния водосборов боковых притоков Цимлянского водохранилища (на примере реки Россошь).....	265
<i>Магрицкий Д.В.</i> Водохозяйственная деятельность в Российской части бассейна р.Урала: прошлое и настоящее.....	270
<i>Малаев А.В.</i> Влияние изменений структуры ландшафтов водосборов малых водохранилищ и озер Зауралья на их геоэкологическое состояние..	276
<i>Рыбкина И.Д., Ловцкая О.В., Губарев М.С., Орлова Е.С.</i> Водотоки и гидротехнические сооружения бессточной области Оби и Иртыша: состояние и возможности использования.....	281
<i>Санин А.Ю.</i> К вопросу рекреационного использования прибрежных зон водохранилищ.....	286
<i>Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А., Козлова М.А.</i> Гидроэкологические ограничения использования водных ресурсов трансграничных рек степной зоны (на примере рр. Урал и Тобол).....	292
<i>Семенова А.А., Гончаров А.В., Милюкова И.П., Георгиади А.Г.</i> Пойменные нерестилища Нижнего Дона в условиях гидротехнического регулирования и изменения климата.....	298
<i>Слащев Д.Н.</i> Расчет индексов экологической связности речной сети водосбора Воткинского водохранилища.....	302
<i>Хайрулина Е.А., Чайковский П.П.</i> Особенности микроэлементного состава вод в районах разгрузки хлоридно-натриевых подземных вод.....	307
<i>Чередниченко Александр В., Чередниченко В.С., Чередниченко Алексей В.</i> Изменение климата и его последствия для дикой природы Джунгарского Алатау.....	311

CONTENT

HYDRO- AND GEODYNAMICS PROCESSES

<i>Akmatov R., Choduraev T., Pochechun V.</i> Change in runoff during the growing season in the upper reaches of the Naryn river in the context of global climate change	12
<i>Akhmerova N., Ayzel G., Erina O., Semenova N., Simonov Y., Sokolov D.</i> Expected changes in the inflow to the Mozhaysk reservoir in the XXI century...	18
<i>Bolgov M., Korobkina E., Filippova I.</i> On estimates of annual runoff under conditions of insufficient wetting.....	24
<i>Vozniak A.</i> Parameters of reduction formulas in the Belaya river basin.....	29
<i>Gorelits O., Rakcheeva E., Timoshenko A., Mishin D., Borshchenko E.</i> Features of the hydrological regime of the Sayano-Shushenskoye reservoir in 2021-2022	35
<i>Goroshkova N., Stirzhenok A., Semenova D.</i> Ice jams as a dangerous hydrological phenomenon on rivers of the Pechora river basin.....	40
<i>Dvinskikh S., Kalyuzhny V., Larchenko O.</i> Features of channel deformations in different areas of the Kama reservoir.....	45
<i>Debolskaya E., Gritsuk I., Doshina M.</i> Laboratory modeling of thermoerosion deformation of river bank.....	53
<i>Dobrovolski S., Lebedeva I.</i> Problems in identifying the status of rivers regulated by reservoirs.....	58
<i>Dregval M.</i> Changes in the duration of ice phenomena under the influence of anthropogenic and climatic factors in the Pechora river basin.....	63
<i>Zhukov I., Aybulatov D.</i> Water regime of small rivers in the Volga and Ural basins.....	66
<i>Zakonnov V., Zakonnova A.</i> Changes in hydromorphometric characteristics of the Volga reservoirs.....	71
<i>Zinoviev A.T., Dyachenko A.V., Kondakova O.V.</i> Modeling of water level of closed lake Chany.....	76
<i>Ignatieva M.</i> Application of remote research methods to analyze changes in the area of the Chernorechenskoe reservoir (Sevastopol, Crimean peninsula).	81
<i>Kazantseva A., Krasikov A.</i> Hydrological observations on the Sylva river (Kungur).....	86
<i>Kalashnikova O., Niyazov J., Pochechyun V.</i> Prevention of dangerous hydrological and geocological phenomena in water bodies.....	91
<i>Kalinin V., Mikova K.</i> About dependences of ice formation dates on the water's 3°C and 2°C isotherms dates on the Kama reservoir.....	95

<i>Kalinin V., Shaydulina A.</i> Verification of snow melt calculations to observation data of the meteorological stations.....	100
<i>Kargapolova I., Zhukov I.</i> River channel in the bed of reservoir (case of the Kuibyshev reservoir).....	105
<i>Kitaev A., Yaroslavtseva M.</i> Assessment of the intensity of filling and discharge of the Nizhnekamsk reservoir in the years characteristic of water content of the present century.....	111
<i>Kopytov S., Sannikov P., Mekhonoshina E.</i> Preliminary results of the paleolimnological study of the Novozhilovo lake (Kama-Keltma lowland, upper Kama basin).....	118
<i>Kositskiy A., Belozyorov E.</i> Evaluation of the runoff characteristics of the black sea rivers of the Krasnodar region using the data of the AWLM RPC "EMERCIT".....	123
<i>Luchnikov A., Mozgin A.</i> Definition of the precision of photogrammetric models in solution geomorphological problems using UAVS.....	127
<i>Magritsky D., Prokopieva K.</i> The hydrological role of the Mamakan reservoir...	133
<i>Maliugin N.</i> Strengthening the effect of negative viscosity in reversing flows due to the interaction of vortex structures.....	138
<i>Maslikova O., Gritsuk I., Ionov D.</i> Study of meander erosion in the cryolithic zone	143
<i>Mikova K., Sosnina D.</i> Climatic changes impact on the winter flow of rivers in the Perm Kray.....	148
<i>Moreido V., Gartsman B.</i> Seasonal runoff forecasting in deterministic and probabilistic form.....	153
<i>Nesterenko Yu., Nesterenko M., Solomatin N., Meshcherin V.</i> Flow regime of Ural river, problems and solutions.....	158
<i>Pozdnyakov Sh., Kondratiev S.</i> Current problems of modern research in reservoirs and their watersheds.....	163
<i>Sapozhnikova A., Rakcheeva E.</i> Evaporation from the surface of reservoirs in various hydrographic regions of Crimea.....	169
<i>Smirnov A.</i> Reshaping of the shores of the Karmanovsky reservoir in the Southern Urals.....	175
<i>Sokolov D., Erina O., Tereshina M.</i> Thermal regime of lake Glubokoye in 2018-2021.....	180
<i>Suchilina Z., Gartsman B.</i> Short-term forecast of rain floods in the Ussuri river basin based on the IMC ECOMAG.....	185
<i>Tereshina M., Erina O., Sokolov D.</i> Suitability of one-dimensional lake model GLM for simulation of thermal dynamics of a valley reservoir.....	191

<i>Turutina T.</i> The effect of climate change on the annual distribution of some hydrological quantities	196
<i>Ushakov M.</i> Annual water inflow to the reservoir of the Kolyma hydroelectric power station under climate change	200
<i>Shaydulina A., Sulimov A.</i> Reliability evaluation of simulation of the velocity mode of the half-course section of the Kama reservoir in the HEC-RAS software complex.....	204
<i>Shmakova M.</i> Channel and basin components of sediment runoff	208
<i>Shikhov A., Pischalnikova E., Kalinin N.</i> Calculation of maximum snow accumulation in the kama river basin according to the data of global numerical weather prediction models and reanalysis for 2019–2023.....	213
<i>Iudina V., Chernomorets S., Savernyuk E., Krylenko I., Kidyayeva V.</i> Modeling the glacial lake outburst.....	217
<i>Yaroslavtseva M., Kitaev A.</i> Assessment of exchange in Nizhnekamsk reservoir in modern conditions.....	222

GEOECOLOGY

<i>Vaskova E., Dmitriev V.</i> The main problems and experience of the integrated ecological well-being assessment of a natural-technogenic system.....	227
<i>Gareev A., Saifullina E., Galeeva E.</i> Methodological provisions for assessing the recreational potential of small and medium lakes (by the example of lakes on the territory of the Republic of Bashkortostan).....	232
<i>Grechushnikova M., Repina I., Kazantsev V.</i> Parametrization of specific methane flux from reservoirs.....	237
<i>Grigoryeva I., Grechushnikova M., Lomova D., Kremenetskaya E., Komissarov A., Fiodorova L., Lomov V., Chekmareva E.</i> Influence of hydrometeorological factors on the hydroecological characteristics of the Ivankovo reservoir in summer.....	242
<i>Ermakova G., Milyutina I., Tursunova G., Kozlova M.</i> Spatial heterogeneity of anthropogenic pressure on the Iriklin'sky reservoir watershed	247
<i>Kalinin V., Beliaeva I.</i> Characteristics of bottom sediments in the Kama reservoir.....	254
<i>Kurbatova I., Afanasyeva A.</i> Natural and anthropogenic degradation risk factors for the Kazanka river and its tributaries: ecology-geographical approach.....	259
<i>Kurbatova I., Mulin M.</i> Assessing the geo-ecological condition of the watersheds of the Tsimlyan reservoir lateral tributaries (by the example of the Rossosh river basin).....	265
<i>Magritsky D.</i> Water management activities in the Russian part of the Ural river basin: past and present.....	270

<i>Malaev A.</i> Influence of changing landscape structure of water collecting in small reservoirs and lakes behind the Ural to their geological state.....	276
<i>Rybkina I., Lovtskaya O., Gubarev M., Orlova E.</i> Watercourses and hydraulic structures of the drainless region of the Ob and Irtysh: state and possibilities of use.....	281
<i>Sanin A.</i> On the issue of recreational use of coastal zones of reservoirs.....	286
<i>Sivohip Zh., Pavleichik V., Padalko Y., Kozlova M.</i> Hydroecological limitations of the use of water resources of transboundary rivers of the steppe zone (by the example of the Ural and Tobol rivers).....	292
<i>Semenova A., Goncharov A., Milyukova I., Georgiadi A.</i> Floodplain spawning grounds of the Lower Don in the conditions of hydrotechnical regulation and climate change.....	298
<i>Slashev D.</i> Ecological connectivity indices calculation the of the Votkinsk reservoir catchment	302
<i>Khayrulina E., Chaikovskiy I.</i> Features of the microelement composition of water in the areas of unloading of sodium chloride groundwater.....	307
<i>Cherednichenko Alexandr V., Cherednichenko V.S., Cherednichenko Alexey V.</i> Climate change and its impacts on wildlife in mountain areas of Kazakhstan.....	311

М.Г.Гречушникова^{1,2}, И.А. Репина², В.С. Казанцев², allavis@mail.ru

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

²Институт физики атмосферы РАН имени А.М. Обухова, г. Москва, Россия

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ УДЕЛЬНОГО ПОТОКА МЕТАНА С АКВАТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Приведены результаты обобщения натуральных наблюдений удельного потока метана на различных водохранилищах России. Приведено сравнение полученных данных с результатами мирового опыта. Предложен подход для параметризации удельного потока метана для расчета максимально возможной эмиссии метана с искусственных водоемов при разработке количественных квот выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: водохранилище, метан, эмиссия, глубина, водообмен.

M. Grechushnikova^{1,2}, I.A. Repina², V.S. Kazantsev², allavis@mail.ru

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of the RAS, Moscow, Russia

PARAMETRIZATION OF SPECIFIC METHANE FLUX FROM RESERVOIRS

The results of generalization of full-scale specific methane flux observations in various types of water reservoirs in Russia of are presented. The obtained data have been compared with the results of world experience. An approach to parameterization of specific methane flux for estimating the maximum possible methane emission from artificial reservoirs is presented for the development of quantitative quotas of greenhouse gas emissions.

Keywords: reservoir, methane, emission, depth, water exchange.

Введение

Искусственные водоемы являются одним из антропогенных источников метана, который образуется в их донных отложениях. Для разработки количественных значений квот выбросов парниковых газов необходимо изучить пространственно-временные масштабы эмиссии из водохранилищ РФ. По сравнению с исследованиями в Бразилии, Канаде, США, в России наблюдениями до недавнего времени было охвачено мало водоемов [5]. Согласно исследованиям, выполненным ранее [4], основными факторами, влияющими на эмиссию метана являются трофический статус водоема, его глубина, термический и кислородный режим, условия водообмена. Именно многофакторность процесса затрудняет параметризацию удельного потока и его диагностические и прогностические расчеты, поскольку помимо диффузного потока метан может выделяться в виде пузырьков. Этот процесс носит весьма нестационарный характер, зависит от колебаний атмосферного давления, роющей активности бентоса и неравномерен в пространстве. В качестве подхода для параметризации потока метана предложено использовать его максимальные значения, основываясь на данных поле-

вых измерений в различные фазы гидрологического режима разнотипных водоемов, подразделяя их по признаку глубоководности. Именно глубина водоема оказывает значительное влияние на его термический и кислородный режим. Глубоководные водохранилища расположены в горных районах, обычно имеют олиготрофный или мезотрофный статус, что также определяет общие черты режима потока метана с их поверхности. Равнинные водохранилища обычно более мелководны с максимальной глубиной порядка 30-35 м, что обуславливает лучшее прогревание придонных слоев. Обычно их водосборы подвержены активной антропогенной деятельности (промышленность, сельское хозяйство, урбанизация), что обуславливает приток в водохранилища взвешенных и растворенных веществ, мезотрофный или евтрофный статус, формирование донных отложений с большей долей органической составляющей по сравнению с водоемами горных территорий. Цель работы – оценить максимально возможный удельный поток метана с учетом глубины разнотипных водохранилищ.

Материалы и методы исследования

В основе исследования база данных по удельному потоку метана с учетом пространственно-временной изменчивости на крупнейших водохранилищах РФ. В ней представлены многолетние данные съемок водохранилищ РФ, выполненные коллективами ИФА РАН, ИВП РАН и кафедры гидрологии суши МГУ. Определение концентрации метана в пробах воды производилось методом «headsрace» [2]. Для каждой станции измерений определялась температура воды и атмосферное давление. Измерение удельного потока метана в атмосферу производилось методом плавучих камер [3]. Основная трудность применения данного метода – неблагоприятные погодные условия с сильным ветром и волнением. Содержание метана в отобранных пробах определялось в лаборатории ИФА РАН на газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором Хроматэк-Кристалл 5000.2, согласно [1]. Отбор проб на содержание метана на каждой станции сопровождался зондированием водной толщи по показателям температуры и растворенного кислорода, определением метеорологических характеристик *in situ*. Расположение станций на водоемах назначалось в соответствии с морфологией и морфометрией водохранилищ.

Анализ результатов

Предварительный анализ результатов измерения удельного потока метана показал, что его наибольшие значения на глубоководных водохранилищах, исследованных в Сибири и на Кавказе, существенно различаются. Для дальнейшего анализа водохранилища были сгруппированы по признаку максимальной глубины. На большинстве водохранилищ Сибири удельный поток метана даже в летний период при максимальном прогревании и наличии стратификации был на порядок ниже, чем на водохранилищах ЕТР. Исключения составили Ковинский плес Богучанского водохранилища, который представляет собой затопленное болото, а также верховья Зейского водохранилища, куда впадает приток Арги, дренающий заболоченный водосбор, воды которого содержат значительное коли-

чество метана. Содержание метана в воде волжских водохранилищ также на порядок больше, чем в сибирских. В Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах имеются локальные максимумы концентрации метана из-за локальных особенностей: слабопроточные участки – заливы, в которых наблюдается стратификация и дефицит кислорода, либо загрязнение.

Для оценки максимально возможного потока метана в выделенных группах водохранилищ данные съемок были нанесены на диаграммы и построены огибающие, которые можно использовать для расчетов в случае неизученных водоемов. Результаты для полного массива данных приведены на рисунке 1, для глубоководных водохранилищ на рисунке 2, для мелководных на рисунке 3. Для уточнения сезонного хода внутри каждой группы отдельно проанализированы данные об удельном потоке метана для периода с наличием стратификации (фаза летнего нагревания) и при ее отсутствии (фаза конвективного перемешивания).

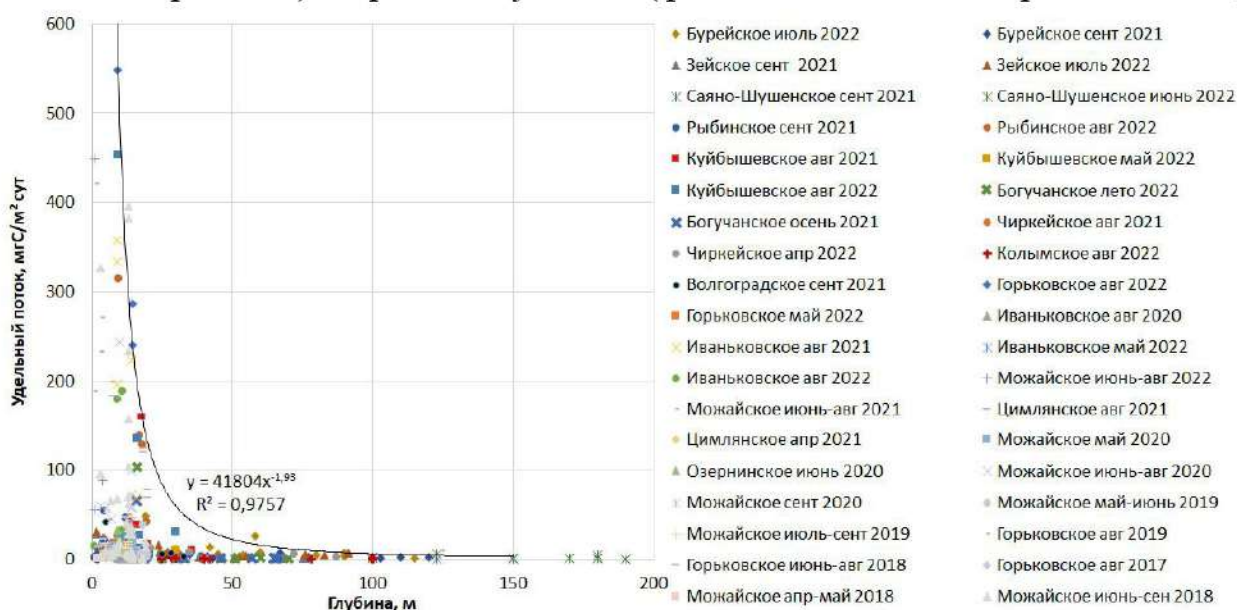


Рис. 1. Зависимость удельного потока метана с районов разнотипных водохранилищ разной глубины

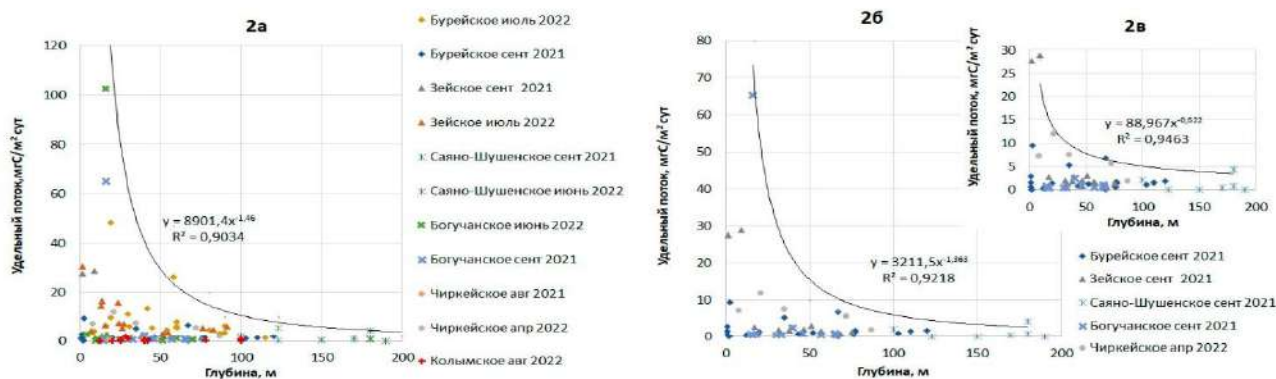


Рис. 2. Зависимость удельного потока метана с районов глубоководных водохранилищ разной глубины: 2а – по данным полного массива, 2б – при отсутствии стратификации, 2в – без учета локальных максимумов (Ковинского плеса Богучанского водохранилища)

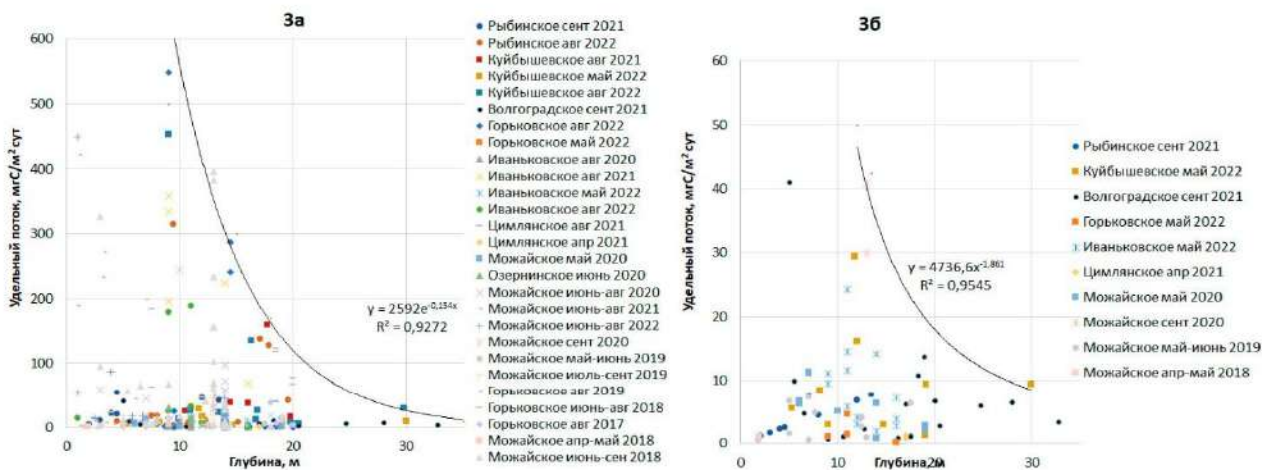


Рис. 3. Зависимость удельного потока метана с районов мелководных водохранилищ разной глубины:

3а – по данным полного массива, 3б – при отсутствии стратификации

Огибающие, которые характеризуют максимальные значения удельного потока метана на данной глубине, описываются степенной или экспоненциальной зависимостью. Наиболее контрастные условия по величине удельного потока присущи водохранилищам выделенных групп в период прогрева. При этом наличие бескислородного слоя в придонных горизонтах водоема не является обязательным условием максимальных значений потока метана. Так, на Иваньковском водохранилище сезонного регулирования стока наибольший поток метана был выявлен не в 2022 г. при наличии аноксии и значительной стратификации, которая бывает в проточных водоемах только при длительном стоянии жаркой погоды, а в 2021 г. Наоборот, значения потока метана в жаркую штилевую погоду при бурном развитии фитопланктона были на порядок ниже, что было обусловлено значительным пересыщением эпилимниона выделяемым при фотосинтезе кислородом. Полученные результаты могут свидетельствовать о положительной роли цветения евтрофных водоемов, поскольку при этом поглощается углекислый газ, а выделяемый из донных отложений метан окисляется.

В группе глубоководных водохранилищ значения максимального потока в период прогрева и конвективного перемешивания различаются незначительно, в то время как в группе мелководных водохранилищ эти значения отличаются в 10 раз. Поэтому ошибка определения средней годовой величины потока метана в этой группе водоемов может быть больше. Исключить или уменьшить ошибочность оценки возможно при проведении учащенных наблюдений на мелководных водохранилищах. Также для мелководных водохранилищ выделяется неопределенность значений потока для интервала глубин менее 10 м для периода конвективного перемешивания. Хотя в целом чем меньше глубина, тем больше вероятность перемешивания до дна и снижения значения потока. В период стратификации литораль может давать довольно значительный вклад в эмиссию (рис. 3а)

Выводы

По данным съемок водохранилищ РФ получены характерные максимальные значения удельного потока метана в различные фазы гидрологического режима. Полученные значения возможно параметризовать в виде огибающих, описываемых экспоненциальной или степенной зависимостью. Полученные результаты имеют практическую значимость для оценки характерных значений выбросов парниковых газов (метана) с поверхности искусственных водоемов.

Работа выполнена в рамках темы АААА-А16-116032810054-3 «Гидрологический режим водных объектов суши в условиях изменения климата и антропогенного воздействия». Полевые работы на водохранилищах ПАО Русгидро выполнены при поддержке проекта 1010-416-2021 от 26.04.2021. Авторы благодарят коллег – сотрудников Географического факультета МГУ, НИИВЦ МГУ, ФГБУ ГОИИ, ИФА РАН, ИВП РАН, проводивших полевые работы: Фролову Н.Л., Горина С.Л., Терского П.Н., Артамонова А.Ю., Степаненко В.М., Василенко А.Н., Григорьева В.Ю., Лисину А.А., Ломова В.А., Мишина Д.В., Сазонова А.А., Соколова Д.П., Тимошенко А.А., Ломову Д.В.

Библиографический список

1. Руководящий документ. Массовая концентрация метана и диоксида углерода в приземно слое атмосферного воздуха. Методика измерений методом газовой хроматографии РД 52.44.816-2015.
2. *Bastviken, D., Santoro, A., Marotta, H.* Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward more comprehensive sampling // *Environmental Science and Technology*. 2010. 44(14). P. 5450–5455.
3. *Bastviken, D. et al.* Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate. *Global Biochemical Cycles*. 2004. 18. doi:10.1029/2004GB002238.
4. *Deemer, B. et al.* Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. Springer. *BioScience*, 2016, Vol. 66, № 11. P. 949 – 964.
5. *Johnson, M. S. et al.* Spatiotemporal methane emission from global reservoirs. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2021. <https://doi.org/10.1029/2021JG006305>.

Научное издание

Современные проблемы водохранилищ и их водосборов

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

Том 1

Издается в авторской редакции

Вёрстка *О. В. Ларченко*

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий
и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной
собственности несут авторы публикуемых материалов.

Объем данных 12,4 Мб
Подписано к использованию 23.05.2023

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15