

ПЕРМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ВОДОХРАНИЛИЩ  
И ИХ ВОДОСБОРОВ

MODERN PROBLEMS  
OF RESERVOIRS  
AND THEIR CATCHMENTS

Труды VIII Всероссийской  
научно-практической конференции  
с международным участием  
(г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.)



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**

**MODERN PROBLEMS OF RESERVOIRS  
AND THEIR CATCHMENTS**

Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
(г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.)



Пермь 2021

УДК 556.552: 551.579

ББК 26.222

С568

**Современные проблемы водохранилищ и их водосборов = Modern**

C568 problems of reservoirs and their catchments [Электронный ресурс] :  
труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с  
международным участием (г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.) / науч. ред.  
А. Б. Китаев, В. Г. Калинин, О. В. Ларченко, М. А. Бакланов ; Пермский  
государственный национальный исследовательский университет. –  
Электронные данные. – Пермь, 2021. – 8,20 Мб ; 542 с. – Режим  
доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/modern-problems-of-reservoirs-and-their-catchments.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3639-6

Рассматриваются вопросы влияния глобальных изменений климата на гидрологический режим естественных и искусственных водных объектов; особенности водного баланса, уровенного, скоростного и ледового режимов озер и водохранилищ. Представлены последствия протекания оползневых и абразионно-аккумулятивных процессов на берегах водохранилищ Волжско-Камского каскада; представлены предложения по оптимизации режима работы водохранилищ; рассмотрены вопросы водопользования в трансграничных регионах России и Казахстана, водообеспеченности вододефицитных районов Средней Азии.

Представлены вопросы загрязнения естественных и искусственных водных объектов России и стран ближнего зарубежья. Изучена трансформация биогенных и органических веществ в водохранилищах. Даны оценка химического состава донных отложений; рассмотрена миграция и трансформация лекарственных веществ в водных объектах; дана оценка фосфорной нагрузки на озера различных ландшафтов.

Рассмотрено влияние сбросов тепловых электростанций на окружающую среду; представлены гидроэкологические проблемы водоохранных зон водных объектов; рассмотрены вопросы качественного водоснабжения городов; дана оценка качества воды водохранилищ по индексам разнообразия и сапробности; рассмотрены особенности развития фито- и зоопланктона в различных частях водоемов.

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**

*Печатается по решению оргкомитета конференции*

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

ISBN 978-5-7944-3639-6

© ПГНИУ, 2021

UDC 556.552: 551.579

LBK 26.222

**Modern** problems of reservoirs and their catchments: proceedings of the VIII All-Russian scientific-practical conference with international participation (Perm, May, 27-30, 2021): Scientific editors A.B. Kitaev, V.G. Kalinin, O.V. Larchenko, M.A. Baklanov; Perm State University. – Perm, 2021. – 8,20 Mb ; 542 pp.

ISBN 978-5-7944-3639-6

The issues of the influence of global climate changes on the hydrological regime of natural and artificial water bodies; features of the water balance, level, speed and ice regime of lakes and reservoirs are considered. The consequences of landslide and abrasion-accumulative processes on the banks of reservoirs of the Volga-Kama cascade are presented; proposals for optimizing the operation of reservoirs are given; the issues of water use in the transboundary regions of Russia and Kazakhstan, water supply of water-deficient regions of Central Asia are considered.

The issues of pollution of natural and artificial water bodies in Russia and neighboring countries are considered. The transformation of biogenic and organic substances in reservoirs (Ivankovo, Mozhaisk, Bureya, Kanev, etc.) is presented. The chemical composition of bottom sediments is estimated; the migration and transformation of medicinal substances in water bodies is considered; the phosphorus load on lakes of various landscapes is estimated; the methane flow at the boundaries "bottom sediments-water" and "water-atmosphere" is estimated (on the example of the Mozhaisk reservoir).

The influence of thermal power plant discharges on the environment is considered; hydroecological problems of water protection zones of water bodies are presented; the issues of quality water supply in cities and settlements are considered; the water quality of reservoirs is assessed according to the indices of diversity and saprobity; the features of the development of phyto- and zooplankton in different parts of reservoirs 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, V.G. Kalinin, O.V. Larchenko, M.A. Baklanov*

ISBN 978-5-7944-3639-6

© Perm State University, 2021

<i>Латина Е.Е., Кудряшова В.В.</i> Тенденции изменения качества грунтовых вод вокруг Иваньковского водохранилища за 20 лет.....	307
<i>Линник П.Н., Жежеря В.А.</i> Существующие формы металлов в воде Каневского водохранилища.....	312
<i>Ломов В.А.</i> Методы инструментальной оценки потока метана в водохранилищах.....	317
<i>Макарова А.С., Ерина О.Н.</i> Структура водопользования в бассейне р.Москвы за период с 2009 по 2019 г.....	322
<i>Меньшикова Е.А., Ушакова Е.С., Блинов С.М.</i> Оценка микроэлементного состава речных вод в зоне влияния шахтного самоизлива.....	327
<i>Морозова А.А., Дьяченко Т.Н.</i> К вопросу о влиянии водяного ореха ( <i>Trapa natans</i> ) на экологическое состояние верхних участков Киевского и Каневского водохранилищ по гидрохимическим показателям.....	332
<i>Полева А.О., Абдрахманов Р.Ф., Дурнаева В.Н.</i> Макро- и микроэлементный состав донных отложений Павловского водохранилища.....	339
<i>Пуклаков В.В., Даценко Ю.С.</i> Оценка влияния нижнекамского гидроузла на экологическое состояние куйбышевского водохранилища.....	344
<i>Разумовский В.Л.</i> Анализ донных отложений водохранилищ Волжского каскада.....	349
<i>Рахуба А.В.</i> Численное моделирование пространственно-временной изменчивости содержания фосфора и развития фитопланктона в Куйбышевском водохранилище.....	353
<i>Рахуба А.В., Тихонова Л.Г.</i> Гидрохимические исследования влияния строительства мостового перехода через реку Волга на качество воды Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища.....	359
<i>Строков А.А., Санин А.Ю.</i> Динамические процессы на берегах Верхне-Свирского водохранилища и их воздействие на качество вод водоема.....	364
<i>Терешина М.А., Ерина О.Н., Соколов Д.П., Шинкарева Г.Л., Васильчук Д.Ю.</i> Продольная трансформация загрязненности воды р. Сетуни.....	369
<i>Хрусталева М.А., Суслов С.В., Бойченюк Л.П., Груздев В.С.</i> Влияние антропогенных факторов ландшафтов водосбора на качество вод.....	374
<i>Чекмарева Е.А., Григорьева И.Л.</i> Анализ содержания тяжелых металлов в воде малых притоков Иваньковского водохранилища.....	378
<i>Чередниченко А.В., В.С. Чередниченко, Чередниченко Ал.В., Нысанбаева А.С., Мадибеков А.С., Жумалипов А.Р.</i> Аэросиноптические условия экстремально высоких концентраций загрязняющих веществ в снежном покрове.....	382

3. Неверова-Дзиопак Е.В., Цветкова Л.И., Макарова С.В., Киселев А. В. Об экологической безопасности водных объектов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 136 URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2012/3/229.pdf> (дата обращения 13.02.2020).

4. Цветкова Л.И., Неверова-Дзиопак Е.В. Как оценить опасный уровень антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (77). С. 262-270.

5. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

УДК 556.314

Е.Е. Лапина, В.В. Кудряшова, [shtriter\\_elena@rambler.ru](mailto:shtriter_elena@rambler.ru)

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

## ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ГРУНТОВЫХ ВОД ВОКРУГ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА 20 ЛЕТ

Проанализирована сезонная динамика химического состава грунтовых вод вокруг Иваньковского водохранилища – основного питьевого источника г. Москвы. Сравнивались одни и те же колодцы за периоды 1999–2001 и 2018–2019 гг. Число данных составило 47 (зимой) и 62 (летом). Установлено, что солевой состав грунтовых вод с начала XXI в. по настоящее время изменился. 20 лет назад в летнюю межень воды  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  типа выявлены лишь в 25% обследованных колодцев, в 2019 г. – уже в 57%. Средняя общая минерализация по всей изученной территории уменьшилась на 11 % летом и на 23 % – зимой. Выявленные тенденции могут быть связаны как с климатическими изменениями, так и с возрастанием антропогенной нагрузки.

*Ключевые слова:* Иваньковское водохранилище, грунтовые воды, солевой состав.

Е.Е. Lapina, V.V. Kudrjashova, [shtriter\\_elena@rambler.ru](mailto:shtriter_elena@rambler.ru)

*Institute of Water Problems of RAS, Moscow, Russia*

## TENDENCIES OF GROUNDWATER QUALITY CHANGES AROUND IVANKOVO RESERVOIR OVER 20 YEARS

Seasonal dynamics of groundwater chemical composition around the Ivankovo reservoir, the main drinking source in Moscow, was analyzed. The same wells were compared for the periods 1999–2001 and 2018–2019. The number of data was 47 (in winter) and 62 (in summer). It has been established that the salt composition of groundwater has changed since the beginning of the 21st century. 20 years ago, during the summer low-water period,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  type waters were detected only in 25% of sampled wells, in 2019 – already in 57%. The average total mineralization of groundwater throughout the study area decreased by 11% in summer and by 23% – in winter. The identified trends can be associated with both climatic changes and an increase in anthropogenic load.

*Keywords:* Ivankovo reservoir, groundwater, salt composition.

## ***Введение***

Иваньковское водохранилище расположено в Верхневолжье, на отрезке Волги от Твери до Дубны. Водоем находится в юго-восточной части Тверской области, является источником питьевого водоснабжения Москвы. В географическом отношении он приурочен к Верхневолжской низине, занимающей глубокий дочетвертичный прогиб, заполненный четвертичными отложениями. Под ними залегают юрские глины, дальше – каменноугольные породы, представленные чередованием известняков и доломитов с прослойями глин и мергелей. Четвертичные отложения в основном выполнены московскими водоно-ледниками песками и моренными суглинками, мощностью от 40 до 100 м. Водоносные пески разделяются мореной на несколько горизонтов [4]. В пределах надпойменных террас Волги четвертичные водоносные горизонты гидравлически тесно связаны между собой, а при небольшой мощности подстилающих юрских глин или их размыве наблюдается подпитывание четвертичных водоносных горизонтов водами верхнего карбона. Рельеф территории слаборасчлененный, абсолютные отметки поверхности меняются в пределах 124–149 м, минимальные отметки наблюдаются близ уреза р. Волги.

Климат региона – умеренно-континентальный, среднемесячная температура самого теплого месяца +17.8, холодного (-9.8°C). За последние 30 лет отмечается рост температур воздуха, особенно в зимние месяцы; годовая сумма осадков составляет 550-700 мм [1]. На отрезке Волги по линии Тверь – Дубна доля подземного притока в реки от среднемноголетнего стока в устье составляет в среднем 32% [2]. При сработке уровня водохранилища объем подземного притока в чашу растет; региональный поток грунтовых вод направлен к самой крупной дрене – р. Волге.

Цель работ – получить ответ на вопрос, изменился ли за два десятка лет химический состав грунтовых вод на примыкающей к Иваньковскому водохранилищу территории, какого рода изменения произошли и связаны ли они с потеплением климата.

## ***Материалы и методы исследования***

В основу положены данные площадных съемок химического состава грунтовых вод в одних и тех же шахтных колодцах. Съемки выполнены авторами в составе полевых экспедиций ИВП РАН в зимние и летние периоды 1999-2001 и 2018-2019 гг. вокруг Иваньковского водохранилища, в пределах надпойменных террас, на селитебных участках. Сравнивались одни и те же колодцы, число данных равняется 47 в зимнюю межень и 62 – в летнюю. Глубины колодцев в среднем составляют 4,0–8,0 м. Опробованы аллювиальные, аллювиально-флювиогляциальные и флювиогляциальные водоносные горизонты. Сопоставление обосновано отбором проб грунтовых вод только с террасовым режимом и аналогичностью хода увлажненности предшествующих лет сравниваемых периодов [5].

Химические анализы колодезных вод выполнены в аккредитованной химической лаборатории Иваньковской научно-исследовательской станции ИВП РАН на следующий день после отбора. Концентрации  $\text{Cl}^-$  – иона

определенены аргентометрически, ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  – титриметрически, иона  $\text{SO}_4^{2-}$  – турбидиметрически с  $\text{BaCl}_2$ .

### **Анализ результатов**

Исследованные грунтовые воды относятся преимущественно к классу гидрокарбонатных (по О.А. Алекину), с общей минерализацией в среднем 0,4 – 0,8 мг/дм<sup>3</sup>. В табл. 1 показано распределение грунтовых вод по классам в зимнюю и летнюю межень в начале XXI в. и 20 лет спустя (количество опробованных колодцев указано в скобках в первом столбце).

В зимнюю межень вод сульфатного класса не обнаружено. Доля вод хлоридного класса за 20 лет снизилась с 12% до 2 %, гидрокарбонатного – увеличилась с 88% до 96 %. В начале нашего века доля вод сульфатного класса в летнюю межень равнялась 4%; в настоящее время воды гидрокарбонатного класса составляют 97% всего количества опробованных колодцев, а остальные относятся к хлоридному классу.

Таблица 1

### **Распределение вод колодцев по классам, годам и сезонам**

Сезон	Классы грунтовых вод (по О.А. Алекину)					
	гидрокарбонатный	сульфатный	хлоридный		1999-2001	2019
годы	1999-2001	2019	1999-2001	2019	1999-2001	2019
Зима (47)	88 %	96%	0	0	12%	2%
Лето (62)	92%	97%	4%	0	4%	3%

Нашиими предыдущими исследованиями установлено, что уменьшение концентраций сульфатов и хлоридов в грунтовых водах обусловлено упадком промышленности и сельского хозяйства в регионе [5].

Трансформация химического состава грунтовых вод наиболее хорошо просматривается, когда результаты анализов представлены в виде формулы М.Г. Курлова (наименование грунтовых вод – по мере убывания содержания ионов) [3]. 20 лет назад в летнюю межень среди опробованных колодцев почти в равной мере преобладали воды гидрокарбонатного кальциевого (27 %) и кальциево-магниевого (25%) состава. Летом 2019 г. соотношение изменилось в пользу вод  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  типа вплоть до 57 % от всего числа опробованных колодцев, а доля вод  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  типа снизилась до 19%. Зимой 2018/2019 гг. среди колодезных проб единично встречены воды гидрокарбонатного магниевого и гидрокарбонатно-хлоридного магниево-кальциевого типа, которые отсутствовали 20 лет назад.

В табл. 2 показана динамика химического состава грунтовых вод в отдельных колодцах по сезонам и годам, с учетом антропогенной нагрузки по левому и правому берегам водохранилища.

Правобережье Иваньковского водохранилища испытывает значительную антропогенную нагрузку. Здесь находятся: федеральная трасса М-10 Москва – Санкт-Петербург, Октябрьская железная дорога, г. Конаково с ГРЭС, поселки городского типа с промышленными предприятиями, крупное сельскохозяйственное объединение «Дмитрова Гора», села и садоводческие

товарищества. Левый берег оживает лишь в летние месяцы – бывшие редкие деревни стали дачными поселениями, здесь нагрузка минимальна.

Таблица 2

### Динамика химического состава грунтовых вод за 20 лет

<i>сезон</i>	<i>год</i>	<i>Место отбора, нагрузка</i>	<i>Формула Курлова, ммоль %</i>
зима	1999	деревня Каблуково, левобережье, дачи, автотрасса	M <sub>0,54</sub> HCO <sub>3</sub> 93 / Ca51Na30K14
	2018		M <sub>0,37</sub> HCO <sub>3</sub> 82 / Ca72Mg24
	1999	д. Вахромеево, автотрасса, дачи, огороды, правобережье	M <sub>0,69</sub> HCO <sub>3</sub> 89 / Ca83
	2019		M <sub>0,63</sub> HCO <sub>3</sub> 89 / Ca79Mg18
лето	2000	деревня Шумново, правобережье сельское хозяйство, болото	M <sub>0,66</sub> HCO <sub>3</sub> 69 SO <sub>4</sub> 26 / Ca67Mg23
	2019		M <sub>0,49</sub> HCO <sub>3</sub> 97/Ca46 Mg37Na13
	1999	д. Старенькое, левобережье, дачи, автотрасса	M <sub>0,49</sub> HCO <sub>3</sub> 76SO <sub>4</sub> 23/Ca34 K33Na20Mg14
	2019		M <sub>0,34</sub> HCO <sub>3</sub> 85/Ca62 Mg25

Сопоставление химического состава грунтовых вод показало, что в настоящее время в воде большинства колодцев и в зимнюю, и в летнюю межень ион магния либо появился там, где раньше присутствовал в незначительных количествах (д. Вахромеево), либо его доля заметно возросла (д. Старенькое). Следовательно, изменение соотношения катионов произошло независимо от степени антропогенной нагрузки.

Причиной возрастания доли магния может быть хозяйственная деятельность на водосборе. Например, это бурение и последующая эксплуатация несанкционированных глубоких скважин владельцами дачных домов. Из-за отсутствия изоляционного крепления обсадных труб может происходить заколонный переток вод, насыщенных магнием (источником которого являются доломиты и мергели) из нижележащих пластов в вышележащие.

Кроме того, во время гололеда дороги иногда посыпают реагентами на основе нитратов кальция, магния и мочевины, компоненты которых при песчаном строении зоны аэрации и неглубоком залегании грунтовых вод во время оттепелей могут попасть на зеркало, а при последующей разгрузке грунтовых вод – и в Иваньковское водохранилище.

За прошедшие 20 лет и зимой, и летом в грунтовых водах произошло снижение величины общей минерализации, что хорошо видно из табл. 2. Средняя общая минерализация грунтовых вод в колодцах по всей изученной территории в летнюю межень уменьшилась на 70 мг/дм<sup>3</sup> (11 %), а в зимнюю – на 190 мг/дм<sup>3</sup> (23 %). Учитывая сходство водности предшествующих лет сравниваемых периодов, этот факт может свидетельствовать о возрастании инфильтрационного питания грунтовых вод в зимнюю межень в связи с ростом числа оттепелей и уменьшением глубины промерзания почвогрунтов зоны аэрации [4].

### **Выводы**

Полученные результаты имеют ориентировочный характер, однако позволяют заключить, что химический состав грунтовых вод вокруг

Иваньковского водохранилища с начала XXI в. трансформируется. По сравнению с периодом 1999–2001 гг. в 2018-2019 гг. макрокомпонентный состав на исследованной территории изменился практически повсеместно.

Класс исследованных вод остается по-прежнему в основном гидрокарбонатным. В наибольшей степени меняется соотношение компонентов катионного ряда; 20 лет назад в летнюю межень воды  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  типа выявлены лишь в 25% обследованных колодцев, в 2019 году – уже в 57%. Увеличение в катионном ряду доли магния носит тотальный характер, так как встречено и на левобережье водохранилища, где антропогенная нагрузка слабая, и на правобережье, где она является значительной.

Наблюдается снижение величины общей минерализации грунтовых вод, причем с наибольшей интенсивностью – в зимнюю межень, что говорит о поступлении талых снеговых вод на уровень грунтовых во время оттепелей, участившихся из-за повышения зимних температур воздуха.

Полученные заключения относятся только к химическому составу грунтовых вод в пределах изученных нами селитебных территорий, расположенных на обоих берегах Иваньковского водохранилища: поселков городского типа, сел, деревень, дачных и садоводческих товариществ.

Выявленные тенденции могут быть связаны как с климатическими изменениями, так и с возрастанием антропогенной нагрузки.

*Работа выполнена в рамках темы № 0147-2019-0002 (№ государственной регистрации AAAA-A18-118022090104-8) Государственного задания ИВП РАН.*

### **Библиографический список**

1. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Лапина Е.Е., Лапина Л.Э., Чекмарева Е.А. Предварительные результаты исследования закономерностей факторов формирования зимнего гидрохимического режима поверхностных и подземных вод Тверской области // Труды региональных научных проектов Тверской области 2018 года в сфере фундаментальных исследований / под ред. В.М. Самсонова, С.В. Жукова. Тверь, 2018. 98 с.
2. Иваньковское водохранилище: современное состояние и проблемы охраны. М.: Наука, 2001. 344 с.
3. Климентов П.П., Богданов Г.Я. Общая гидрогеология. М.: Недра, 1977. 357 с.
4. Ковалевский В.С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. М.: Научный мир, 2001. 332 с.
5. Лапина Е.Е., Григорьева И.Л. Ретроспективный анализ и прогнозные оценки изменения качества подземных вод вокруг Иваньковского водохранилища в зимний период // Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 2. С.16–22.