ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 504.064 doi:10.23968/2305–3488.2017.22.4.3–12

ИЗУЧЕНИЕ ИОННОГО СОСТАВА ВОДЫ ОЗЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Адамович Т. А., Скугорева С. Г., Князева Е. В., Ашихмина Т. Я.

THE STUDY OF THE IONIC COMPOSITION OF WATERS OF LAKES STATE NATURAL RESERVE «NURGUSH»

Adamovich T. A., Skugoreva S. G., Knyazeva E. V., Ashikhmina T. Ya.

Аннотация

Приведены результаты изучения ионного состава воды озер Государственного природного заповедника «Нургуш»: Нургуш, Кривое, Черное. Полученные данные свидетельствуют о том, что в пробах воды исследуемых озер содержание сульфатов, хлоридов, нитратов, фторидов, ионов натрия, калия, кальция, магния, водорода находится в пределах ПДК. Превышение ПДК отмечено лишь для ионов аммония в июне и декабре 2016 г. в 30 % отобранных проб. В зимний период содержание ионов натрия, калия, магния, кальция и хлоридов в озерах значительно превышает концентрации этих ионов в весенний и летний периоды. Для сульфатов и нитратов выявлена иная динамика: в период паводка 2017 г. значения концентраций были в 5–44 раза и 1,5–2,8 раза выше, чем в июне и декабре 2016 г. Для исследованных озер заповедника «Нургуш» характерен следующий порядок распределения анионов: $HCO_3^- >> >> SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^- > F^-$. Распределение катионов в воде озер соответствует ряду $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$. Воды озер относятся к гидрокарбонатным кальциевым водам. В оз. Кривое содержание большинства исследуемых ионов было несколько выше по сравнению с оз. Нургуш и Черное.

Ключевые слова: ионный состав воды, озера, Государственный природный заповедник «Нургуш».

Abstract

Results of studying of ionic composition of water of lakes of the National natural park "Nurgush" are given: Nurgush, Krivoe, Chernoe. The obtained data demonstrate that in tests of water of the explored lakes the content of sulfates, chlorides, nitrates, fluorides, ions of sodium, potassium, calcium, magnesium, hydrogen is in maximum allowable concentration limits. Excess of maximum allowable concentration is noted only for ammonium ions in June and December, 2016 in 30 % of the selected tests. During the winter period the maintenance of ions of sodium, potassium, magnesium, calcium and chlorides in lakes considerably exceeds concentration of these ions during the spring and summer periods. For sulfates and nitrates other dynamics is revealed: in the period of a flood of 2017 of value of concentration were at 5–44 time and 1,5–2,8 times are higher, than in June and December, 2016. The following order of distribution of anions is characteristic of the explored lakes of the reserve "Nurgush": $HCO_3^- >> SO_4^{2}- > Cl^- > NO_3^- > F^-$. Distribution of cations in water of lakes corresponds to a number of $Ca^{2+} > Na^+ > > Mg^{2+} > K^+$. Water of lakes treat hydrocarbonate calcic waters. The content of the majority of the studied ions was slightly higher in the Krivoe lake in comparison with the Nurgush and Chernoe lakes.

Keywords: ionic composition of water, lake, National Natural Park "Nurgush".

Введение

Сохранение водоресурсного потенциала — одна из самых актуальных задач настоящего времени. Большой вклад в решение этой проблемы вносят особо охраняемые природные территории (ООПТ). Государственный природный заповедник (ГПЗ) «Нургуш» — единственный заповедник Кировской области. Заповедник расположен на северо-востоке европейской части России, в юго-восточной части Котельничского района Кировской области. Он создан для охраны пойменных комплексов реки Вятки: многочисленных озер и хвойно-широколиственных лесов [5].

Водные объекты ООПТ, как правило, не подвержены антропогенному воздействию, что позволяет оценивать их современное гидроэкологическое состояние как «условно фоновое» [12]. Однако во время весенних паводков происходит разлив р. Вятки и затопление большей части заповедника (до 98–100 % площади), что может

привести к ухудшению качества воды в озерах. Поэтому необходимо отслеживать изменения состава воды в разные сезоны [2]. Результаты проведенных исследований по изучению химического состава оз. Кривое, Нургуш и Черное вносятся в летопись природы заповедника и будут использованы в экологическом мониторинге данной ООПТ.

Предмет, задачи и методы

На территории заповедника отмечено свыше 80 водоемов и 5 водотоков. Все они связаны постоянными или временными протоками в общую систему пойменных водоемов, охватывающую всю территорию заповедника. Самыми крупными озерами являются Нургуш, Черное, Кривое.

Оз. Кривое расположено в центре заповедника и является самым большим по размерам. Форма озера подковообразная, выпуклостью оно направлено на восток. Концы озера заметно обособляются от него и образуют заливы. Длина озера, включая заливы, составляет 4400 м, наибольшая ширина — 158 м, наибольшая глубина — 2,2 м.

Оз. Черное по своим размерам и по глубине занимает второе место в заповеднике. Озеро имеет форму полумесяца, выпуклостью расположено подобно оз. Кривому. Длина береговой линии — 6000 м, максимальная ширина — 127 м, наибольшая глубина — 4,4 м. Черным оно было названо из-за более темного цвета воды по сравнению с другими озерами.

Оз. Нургуш, третье по величине озеро заповедника, расположено в его восточной части. Это наиболее живописное озеро заповедника. Оно вытянуто с севера на юг. Южная часть его отклоняется к востоку, что придает ему сходство с формой крючка. Длина озера 1300 м, ширина достигает 90 м. В средней части озера оба берега становятся высокими, а на юге оба сильно снижаются. Максимальная глубина — 5,63 м. Дно, в основном, плотное и только у отлогих берегов имеется незначительный запас ила.

До настоящего времени комплексного изучения химического состава озер заповедника «Нургуш» не проводилось, поэтому выполняемая работа является актуальным научным исследованием.

Целью работы является изучение ионного состава воды озер заповедника «Нургуш».

Отбор проб производили в июне 2016 г., после спада весеннего половодья; в декабре 2016 г. — после ледостава; в мае 2017 г. — в период весеннего половодья. На каждом из озер были выбраны по 2 точки отбора, пробы отбирали с разных глубин — 0,3 м и 1,5 м (рис. 1) с помощью стеклянного батометра в пластиковые бутылки объемом 1,5 л.

Анализ проб проводили в научно-исследовательской экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета. Величину водородного показателя измеряли потенциометрическим методом на pH-метре МИ-150. Массовую концентрацию ионов определяли методом ионной хроматографии на жидкостном хроматографе «Стайер» [14, 15]. Массовые концентрации ионов определяли методом ионной хроматографии на жидкостном хроматографе «Стайер» [14, 15]. При определении концентрации гидрокарбонатов в качестве элюента использовали 10 мМ раствор гидроксида натрия. Содержание карбонатов определяли титриметрическим методом [6].

Полученные в ходе химического анализа концентрации ионов сравнивали с ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [9, 10], так как озера заповедника играют важную роль в пополнении рыбных запасов р. Вятки.

Результаты и их обсуждение

Ионный состав поверхностных вод озер изменяется в зависимости от времени года, что обусловлено различным типом питания. Во вре-

Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб воды из озер заповедника «Нургуш»

мя половодья и паводков увеличивается поверхностный сток, что приводит к уменьшению концентраций ионов в воде. В данные периоды для озер характерен смешанный тип питания, определяемый атмосферными осадками (дождь, снег), грунтовыми и паводковыми водами. В межпаводковые периоды (зимняя и летняя межень) увеличивается вклад грунтовых вод в питании озер, что приводит к росту содержания ионов в воде [7].

По электропроводности воды можно оценивать общее содержание ионов [4]. Для озер заповедника «Нургуш» характерна низкая электропроводность воды (116–218 мкСм/см), что свидетельствует об относительно невысоких концентрациях ионов. Электропроводность воды в исследованных озерах характеризуется сезонной изменчивостью (табл. 1). Максимальное значение электропроводности установлено в пробе воды оз. Кривое в декабре 2016 г. (218 мкСм/см).

Обычно величины электропроводности увеличиваются в озерах зимой, когда возрастает доля грунтовых вод в их питании [3]. Сезонные различия электропроводности воды особенно значительны в оз. Кривое. В нем значение электропроводности воды увеличивалось зимой по сравнению с весенним паводком и летним периодом соответственно.

Электропроводность проб воды из оз. Черное была несколько выше в период половодья.

Значения водородного показателя по сезонам мало отличаются. Все воды являются нейтральными или слабощелочными, значения pH находятся в пределах норматива (6,0–9,0 ед.). Наибольшая динамика содержания ионов водорода отмечается в поверхностном слое воды оз. Кривое: в июне 2016 г. значения pH на 0,5–0,6 ед. выше, чем в декабре и мае. Минимальная величина pH воды была отмечена в мае 2017 г. в оз. Нургуш и составила 6,7 ед.

Определение гидрокарбонат-ионов в пробах воды исследуемых озер проводили в мае 2017 г. (табл. 2). Гидрокарбонаты и карбонаты являются важнейшей частью природных вод. Преобладание тех или иных ионов в воде зависит от pH. В нейтральных и слабощелочных водах преобладают гидрокарбонат-ионы, а в кислых — карбонат-ионы. Значения водородного показателя для исследуемых озер позволяют отнести изучаемые водные объекты к нейтральным и слабощелочным. Следовательно, преобладающими ионами в озерах заповедника «Нургуш» являются гидрокарбонат-ионы, что подтверждается полученными данными. Содержание гидрокарбонатов варьировало от 60,4 до 90,3 мг/л. Максимальные значения отмечены в оз. Кривое на глубине 1,5 м. Для остальных озер характерна следующая тенденция: содержание гидрокарбонатионов увеличивается с глубиной отбора пробы. Концен-

Таблица 1

Водородный показатель и электропроводность проб воды из оз. Нургуш, Кривое, Черное

Точка и глубина отбора (в м)	Июнь 2016 г.		Декабрь 2016 г.		Май 2017 г.	
	pH	Э, мкСм/см	pH	Э, мкСм/см	pH	Э, мкСм/см
Нургуш						
1 т. (0,3)	7,3	127,0±1,9	7,3	136,0±2,0	7,2	126,1±1,9
1 т. (1,5)	7,0	127,0±1,9	7,3	180,0±2,7	6,7	126,8±1,9
2 т. (0,3)	7,6	122,0±1,8	7,1	165,0±2,5	–	–
2 т. (1,5)	7,1	129,0±1,9	7,2	170,0±2,6	–	–
Кривое						
1 т. (0,3)	7,7	124,0±1,9	7,2	169,0±2,5	7,2	156,9±2,4
1 т. (1,5)	7,3	127,0±1,9	7,3	218,0±3,3	7,2	159,7±2,4
2 т. (0,3)	7,8	124,0±1,9	7,3	173,0±2,6	–	–
2 т. (1,5)	7,3	120,0±1,8	7,3	226,0±3,4	–	–
Черное						
1 т. (0,3)	7,4	118,0±1,8	7,0	124,0±1,9	7,3	144,2±2,2
1 т. (1,5)	–	–	7,3	117,0±1,8	7,3	145,6±2,2
2 т. (0,3)	7,5	116,0±1,8	7,5	126,0±1,9	–	–
2 т. (1,5)	7,5	123,0±1,9	7,3	124,0±1,9	–	–

Примечание: Э — электропроводность воды, мкСм/см; прочерк обозначает, что определение не проводили.

Таблица 2

Содержание гидрокарбонатов в пробах воды озер ГПЗ «Нургуш» в мае 2017 г.

Озера	Точка отбора (глубина отбора, в м)	Содержание гидрокарбонатов, мг/л
Нургуш	1 т. (0,3)	60,4±0,5
	1 т. (1,5)	65,55±0,21
Кривое	1 т. (0,3)	78,8±1,7
	1 т. (1,5)	90,3±0,9
Черное	1 т. (0,3)	65,8±2,6
	1 т. (1,5)	70,2±2,5

Примечание: в таблице приведены средние значения и доверительный интервал при $p \leq 0,05$.

трация карбонат-ионов в пробах воды из озер заповедника «Нургуш» ниже предела обнаружения метода.

Максимальные концентрации сульфат-ионов в воде исследуемых озер отмечены в мае 2017 г. (7,4–8,9 мг/л) (рис. 2). В июне 2016 г. содержание сульфатов в большинстве проб воды было несколько ниже, чем в декабре, что может быть связано со сменой типа питания озер на грунтовое. При сравнении концентраций ионов по глубинам не отмечается существенных различий. В оз. Черное концентрации исследуемого иона ниже по сравнению с другими озерами. В целом содержание сульфат-иона в воде озер отмечается в среднем более чем в 10 раз ниже ПДК (100 мг/л).

Хлорид-ионы обладают высокой миграционной способностью в природных водах. Они не образуют труднорастворимых минералов, не адсорбируются коллоидными системами, не накапливаются биогенным путем [1]. Основными источниками поступления хлоридов являются хлористые минералы (галит NaCl, сильвин KCl) из горных пород, почв; атмосферные осадки [8]. Растворимость хлоридов натрия, калия и кальция очень высокая. В водах озер хлориды обычно находятся на втором-третьем месте. В природных водах хлорид-ионы чаще всего уравновешиваются с катионами Na^{+}, реже Mg^{2+} и Ca^{2+}.

Содержание хлорид-ионов незначительно изменяется в разных точках и не зависит от глубины отбора пробы (рис. 3). Относительно высокие концентрации исследуемых ионов отмечены в декабре 2016 г. Для оз. Нургуш и Кривое отмечено превышение концентрации хлоридов в декабре по сравнению с июнем и маем в 1,8–2 раза. Максимальное содержание ионов зафиксировано в пробе воды из оз. Кривое на глубине 0,3 м (4,9 мг/л). Концентрации хлорид-ионов в воде были гораздо ниже ПДК (300 мг/л).

По сравнению с хлоридами и сульфатами, в меньших количествах в пробах определены нитраты (рис. 4). Наличие нитрат-ионов в природных водах связано, преимущественно, с процессами окисления ионов аммония до нитратов в присутствии кислорода. Также нитраты могут поступать с атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота [13]. Концентрация их варьирует в интервале 0,02–4,1 мг/л при нормативе 40 мг/л. Максимальные значения концентрации нитрат-ионов во всех озерах отмечены в мае 2017 г. Содержание нитратов в майских пробах выше в 5–44 раза по сравнению с июньскими и декабрьскими проба-

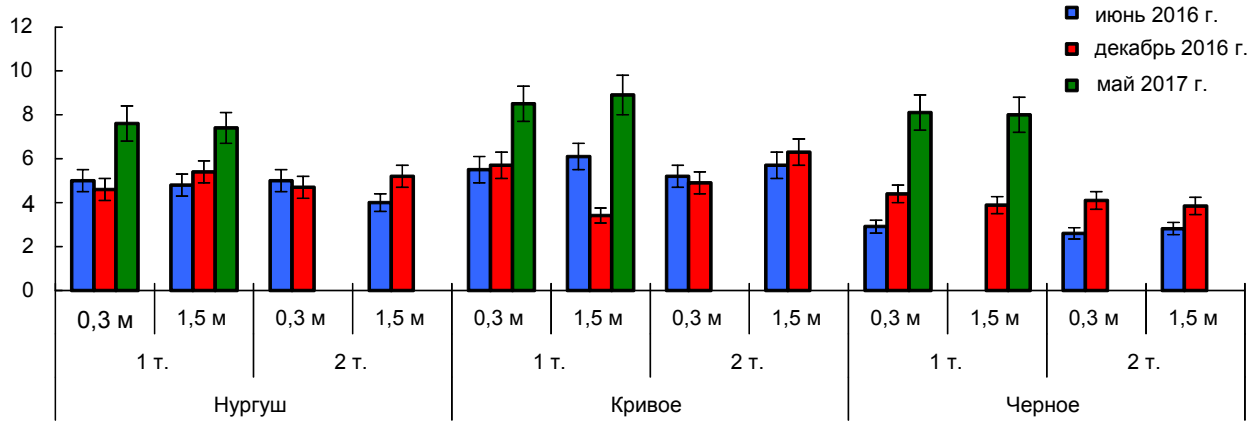

Рис. 2. Содержание сульфат-ионов в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

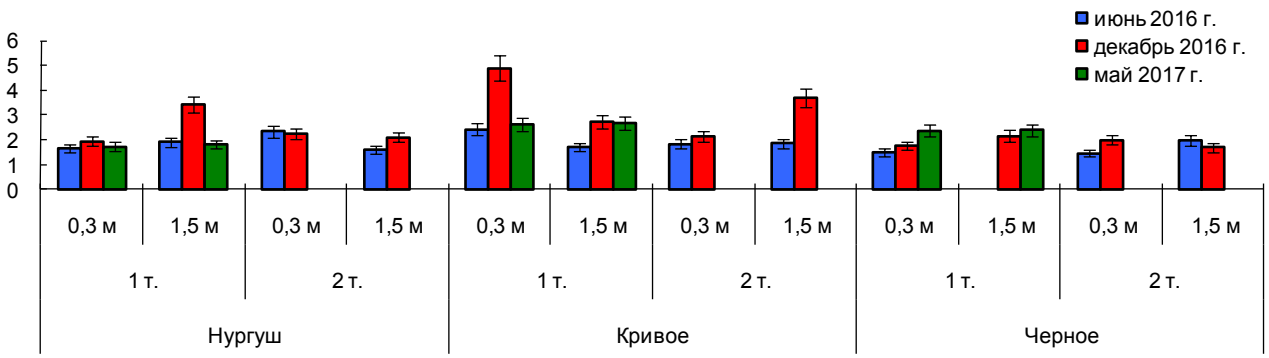

Рис. 3. Содержание хлорид-ионов в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

ми. Повышенная концентрация этих ионов может быть связана с разливом р. Вятки во время паводка и поступлением неорганических ионов с талыми водами в исследуемые пойменные озера.

Норма ПДК фторидов в природных водах рыбохозяйственного назначения составляет 0,75 мг/л [10]. Концентрация фторидов в исследуемых водоемах находилась в пределах норматива (0,22–0,50 мг/л). Содержание фторид-ионов в майских пробах было ниже предела обнаружения метода ионной хроматографии.

Таким образом, для озер заповедника «Нургуш» характерен следующий порядок распределения анионов: $HCO_3^- >> SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^- > F^-$, типичный для пресных озер [7].

Кроме того, в пробах воды определялось содержание катионов. Содержание ионов кальция колебалось от 1,45 мг/л в оз. Нургуш до 51 мг/л в оз. Кривое (рис. 5). Наибольшие концентрации ионов кальция отмечены в декабре 2016 г., причем для оз. Нургуш и Кривое они возрастают по глубине. В оз. Кривое в декабре наблюдаются более высокие значения концентраций Ca^{2+}, чем в других озерах. Минимальные количества ионов кальция зафиксированы в июне 2016 г. В мае 2017 г. во всех пробах их значения были в 1,6–2 раза выше по сравнению с июньскими пробами.

Ионы магния присутствуют почти во всех природных водах, но очень редко встречаются воды, в которых магний доминирует. Содержание ионов магния в водах исследуемых озер ниже содержания кальция (рис. 9). Поступают ионы магния в воду преимущественно при растворении доломитов, мергелей или продуктов выветривания таких коренных пород, как биотит, оливин и др. В мае 2017 г. концентрация Mg^{2+} была выше по сравнению с июнем 2016 г. Максимальные значения отмечены в период ледостава в декабре 2016 г. (4,6–6,7 мг/л). Такая тенденция прослеживается для воды всех исследуемых озер.

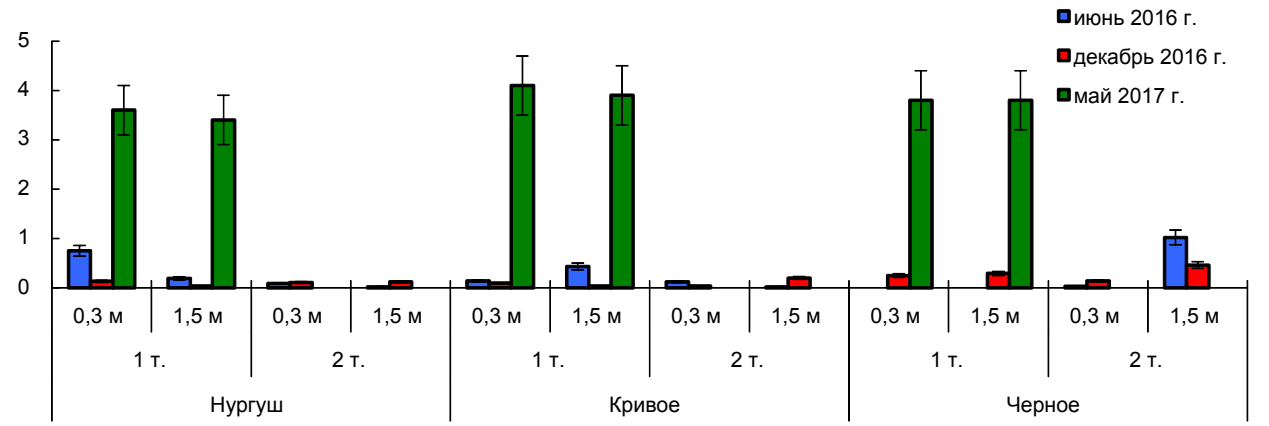

Рис. 4. Содержание нитрат-ионов в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

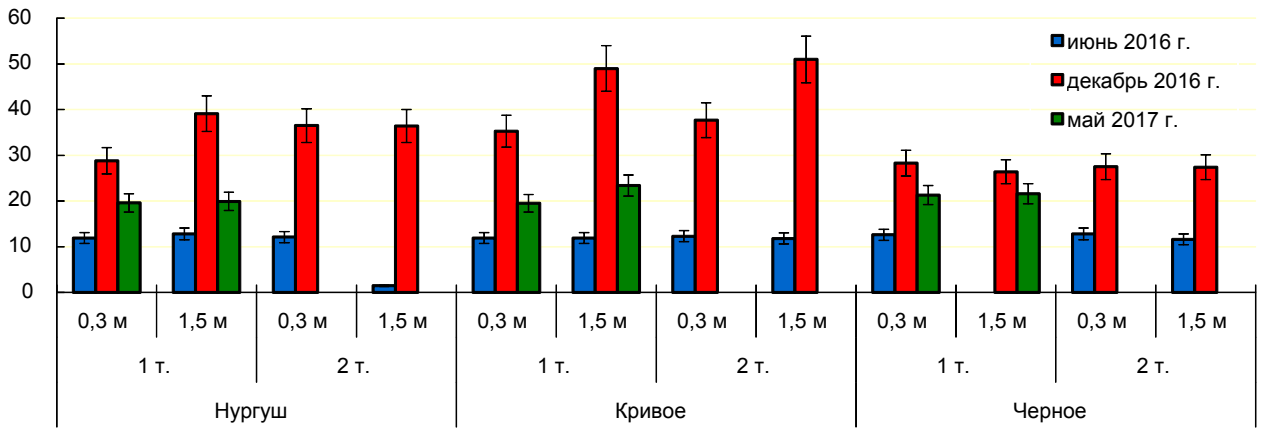

Рис. 5. Содержание ионов кальция в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

Поступление ионов Na^+ и K^+ в природные воды обусловлено выщелачиванием их при выветривании коренных пород, содержащих алюмосиликаты данных щелочных металлов. Ионы калия в пробах воды содержатся в меньших количествах, чем ионы натрия (в 3 раза) (рис. 6, 7). Значения концентрации ионов натрия и калия возрастают по сезонам года в следующем ряду: июнь 2016 г. — май 2017 г. — декабрь 2016 г. Максимальные значения содержания ионов калия и натрия отмечены на глубине 1,5 м в озерах Нургуш и Кривое в декабре 2016 г. По содержанию данных ионов превышения ПДК ни для одной пробы не зафиксировано.

Озера заповедника «Нургуш» подвержены процессу естественной сукцессии за счет накопления органических остатков. Аммоний в природных водах образуется при разложении азотсодержащих органических веществ (аммонификация). По этой причине аммоний и его соединения могут присутствовать в природных водах. Однако повышение концентрации аммонийных соединений в воде приводит к химическому стрессу у рыб, в частности к нервно-паралитическим проявлениям, которые часто заканчиваются летальным исходом [11]. В связи с этим ПДК содержания катиона аммония для водоемов рыбохозяйственного назначения ниже (0,5 мг/л), чем для водоемов культурно-бытового назначения (1,93 мг/л).

Превышение значений ПДК по содержанию ионов аммония отмечено во всех исследуемых озерах как у поверхности, так и на глубине. Максимальная концентрация ионов аммония в воде была отмечена в точке 2 озера Нургуш на глубине 0,3 м и составила 1,8 мг/л, что выше ПДК

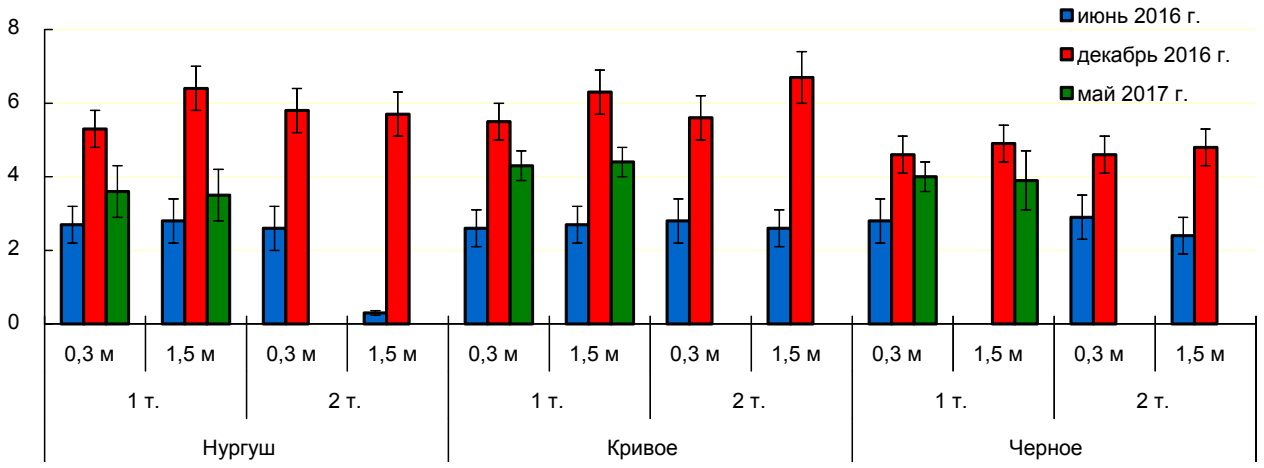

Рис. 6. Содержание ионов магния в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

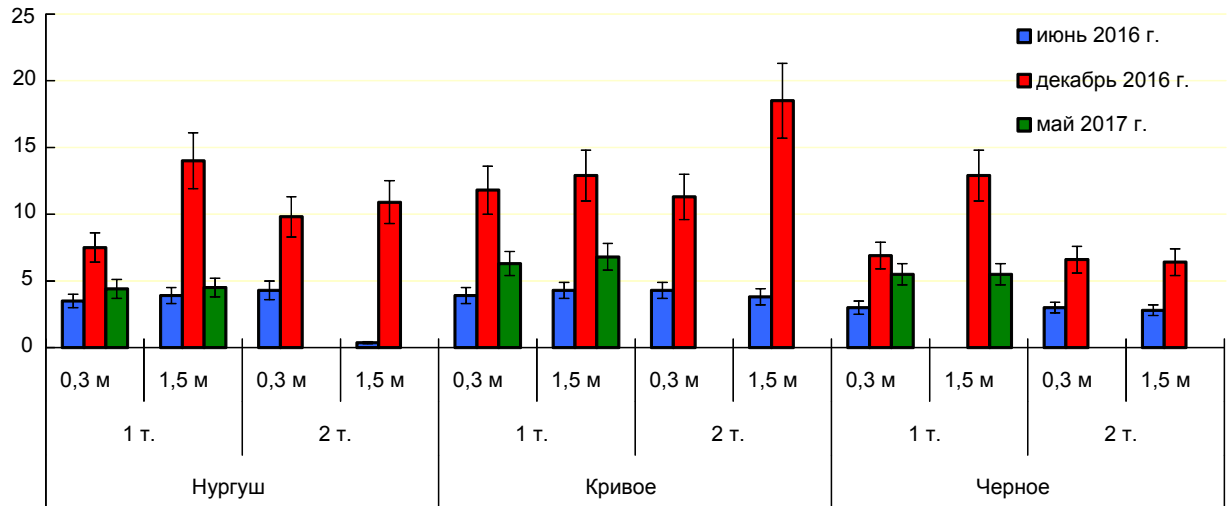

Рис. 7. Содержание ионов натрия в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

в 3,6 раза (рис. 8). В мае 2017 г. содержание ионов аммония в пробах воды не обнаружено.

Обычно пресные воды имеют следующий катионный состав: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$. Пресным озерам присущи общие особенности химического состава, хотя каждое из них обладает и своими индивидуальными свойствами. По результатам хроматографического анализа выявлено, что для озер заповедника характерно преобладание ионов Na^{+} над Mg^{2+}, т. е. ряд по снижению содержания ионов имеет вид, несколько отличный от характерного для пресных вод, $Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+} > K^{+}$.

Воды озер заповедника «Нургуш» относятся к гидрокарбонатным водам (по преобладающему аниону) и кальциевым (по преобладающему катиону) [1]. Воды этого типа мало минерализованы и характеризуются избытком ионов HCO_3^-, которые образуются в процессе химического выщелачивания пород.

Выводы

1. Концентрация неорганических ионов (сульфаты, хлориды, нитраты, фториды, ионы натрия, калия, кальция, магния, водорода) в пробах воды из озер заповедника «Нургуш» находится в пределах ПДК. Превышения ПДК для рыбохозяйственных водоемов установлены лишь для ионов аммония в июне и декабре 2016 г. в 30 % отобранных проб.

2. В зимний период содержание ионов натрия, калия, магния, кальция и хлоридов в озерах за-

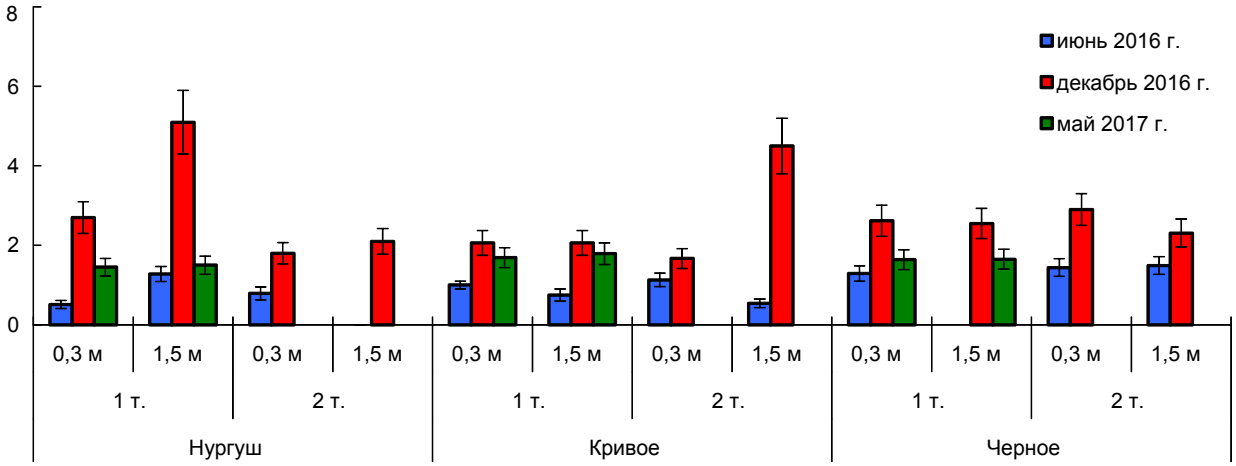

Рис. 8. Содержание ионов калия в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

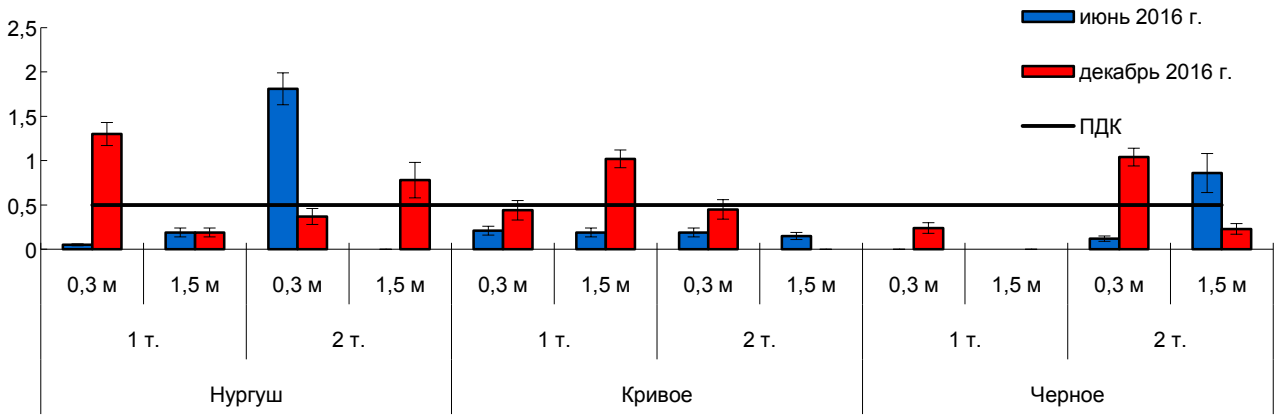

Рис. 9. Содержание ионов аммония в воде озер заповедника «Нургуш», мг/л

поведника «Нургуш» значительно превышает концентрации этих ионов в весенний и летний периоды, что может быть связано с увеличением доли грунтовых вод в питании озер.

3. Динамика содержания сульфатов и нитратов была несколько иной. Так, в период паводка 2017 г. значения концентраций нитрат- и сульфат-ионов были в 5–44 раза и 1,5–2,8 раза выше, чем в июне и декабре 2016 г. Повышенная концентрация этих анионов может быть связана с разливом р. Вятки во время паводка и их поступлением в исследуемые пойменные озера.

4. Для озер заповедника «Нургуш» характерен следующий порядок распределения анионов: $SO_4^{2} > Cl^- > NO_3^- > F^-$, типичный для пресных озер. Распределение катионов в воде озер соответствует ряду $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$, положение в нем ионов магния и натрия отличается от литературных данных для пресных озер и может быть обусловлено составом грунтовых вод на исследуемой территории. Вода озер относится к гидрокарбонатным кальциевым водам.

5. Для оз. Кривое установлено несколько более высокое содержание ионов, чем для оз. Нургуш и Черное. Данный факт может быть связан с тем, что оз. Кривое расположено на более дальнем расстоянии от р. Вятка, чем другие озера, оно меньше промывается водами р. Вятки в период весеннего половодья. Различий в ионном составе проб вод, отобранных с глубины 0,3 и 1,5 м, не установлено.

Таким образом, по результатам изучения ионного состава воды озера Государственного заповедника «Нургуш» можно использовать как фоновые для мониторинга пойменных озер р. Вятка.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых — кандидатов наук (МК-2120.2017.5).

Литература

1. Алекин, О. А. (1970). *Основы гидрохимии*. Л.: Гидрометеоиздат, 442 с.

2. Бубнов, А. Г., Буймова, С. А. (2008). Метод биотестирования в оценке качества родниковых вод городов Иваново и Кохма Ивановской области. *Химия и химическая технология*, т. 51, № 3, сс. 19–23.

3. Ефимова, Л. Е., Терская, Е. В. (2014). Сезонные изменения гидрологических и гидрохимических показателей в озерах Керженского заповедника по результатам исследований 2012–2013 гг. В *Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский»*, т. 6. Нижний Новгород, сс. 65–80.

4. Крайнов, С. Р., Швец, В. М. (1992). *Гидрогеохимия*. М.: Недра, 463 с.

5. (2000). *Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1995–1996 гг.* Кн. 1. Боровка, 307 с. Рукопись.

6. ГОСТ 31957–2012 (2013). *Вода: Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов.* М.: Стандартинформ, 35 с.

7. Никаноров, А. М. (2001). *Гидрохимия*. СПб.: Гидрометеоиздат, 444 с.

8. Орлова, Т. Н., Базалов, Д. А. (2013). *Химия природных и промышленных вод.* Ярославль: ЯрГУ, 120 с.

9. (1999). *Перечень рыбохозяйственных нормативов, предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.* М.: Изд-во ВНИРО, 304 с.

10. (1995). *Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия*

вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: ТОО «Мединор», 220 с.

11. Потрохов, А. С. (2008). Снижение антистрессовыми препаратами нервнопаралитического действия высокой концентрации аммония на рыб. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, № 9, сс. 156–162.

12. Рысаева, И. А., Двинских, А. П. (2013). Особенности макрокомпонентного состава вод озер Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. В *Рецензируемый, реферируемый научный журнал «Вестник АГУ»*, вып. 4. Майкоп: Изд-во АГУ, сс. 88–94.

13. Унковская, Е. Н., Шагидуллин, Р. Р. (2009). Динамика химического состава озер Волжско-Камского заповедника. В *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии,* т. 18, № 3, с. 114–120.

14. ФР.1.31.2005.01724. (2008). Методика выполнения измерений массовой концентрации фторид-, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М.: Аквилон, 26 с.

15. ФР.1.31.2005.01738. (2008). *Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция, стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии.* М.: Аквилон, 30 с.

References

1. Alekin, O. A. (1970). *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. L.: Gidrometeoizdat. 442 p. (in Russian).

2. Bubnov, A. G., Buymova, S. A. (2008). *Metod biotestirovaniya v otsenke kachestva rodnikovykh vod gorodov Ivanovo i Kokhma Ivanovskoy oblasti* [A method of bioassay in assessing the quality of spring water in the cities of Ivanovo and Kokhma of the Ivanovo region]. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya, T. 51, № 3. pp. 19–23. (in Russian).

3. Efimova, L. E., Terskaya, E. V., Povalishnikova, E. S., Lomova, D. V., Korableva, O. V. (2014). Sezonnyye izmeneniya gidrologicheskikh i gidrokhimicheskikh pokazateley v ozerakh Kerzhenskogo zapovednika po rezultatam issledovaniy 2012–2013 gg. [Seasonal changes of hydrological and hydrochemical indicators in lakes of the kerzhenskiy state nature reserve the results of studies 2012-2013]. V: *Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika «Kerzhenskiy»*, T. 6. Nizhniy Novgorod, pp. 65–80. (in Russian).

4. Kraynov, S. R., Shvets, V. M. (1992). *Gidrogeokhimiya* [Hydrochemistry]. M.: Nedra, 463 p. (in Russian).

5. (2000). *Letopis prirody zapovednika «Nurgush» za 1995–1996 gg.* [Chronicle of nature reserve «Nurgush» for 1995-1996], Kn. 1. Borovka, 307 p. Rukopis. (in Russian).

6. GOST 31957–2012 (2013). *Voda: Metody opredeleniya shchelochnosti i massovoy kontsentratsii karbonatov i gidrokarbonatov* [Water: Methods for the determination of alkalinity and mass concentration of carbonates and bicarbonates]. Moskva: Standartinform. (in Russian).

7. Nikanorov, A. M. (2001). *Gidrokhimiya* [Hydrochemistry]. SPb: Gidrometeoizdat, 444 p. (in Russian).

8. Orlova, T. N., Bazalov, D. A. (2013). *Khimiya prirodnykh i promyshlennykh vod* [Chemistry of natural and industrial waters]. Yaroslavl: YarGU, 120 p. (in Russian).

9. (1999). *Perechen rybokhozyaystvennykh normativov, predelno dopustimykh kontsentratsiy (PDK) i oriyentirovochno bezopasnykh urovney vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody vodnykh obyektov, imeyushchikh rybokhozyaystvennoye znacheniye* [The list of fishery norms of maximum permissible concentrations (MPC) and approximately safe impact levels (WEL) of harmful substances for water in water objects with fishing value] M.: Izd-vo VNIRO, 304 p. (in Russian).

10. (1995). *Perechen predelno dopustimykh kontsentratsiy i oriyentirovochno bezopasnykh urovney vozdeystviya vrednykh veshchestv dlya vody rybokhozyaystvennykh vodoyemov* [List of maximum permissible concentrations and approximately safe impact levels of hazardous substances for water of fishery water bodies] . M.: TOO «Medinor», 220 p. (in Russian).

11. Potrokhov, A. S. (2008). *Snizheniye antistressovymi preparatami nervnoparaliticheskogo deystviya vysokoy kontsentratsii ammoniya na ryb* [The reduction in stress drugs nerve the effects of high ammonium concentrations on fish]. V *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine,* № 9. pp. 156–162. (in Russian).

12. Rysayeva, I. A., Dvinskikh, A. P. (2013). *Osobennosti makrokomponentnogo sostava vod ozer Raifskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika* [Features of macrocomponent composition of water in lakes Raif area of the Volga-Kama state natural biosphere reserve]. V *Retsenziruyemyy, referiruyemyy nauchnyy zhurnal «Vestnik AGU»,* Vyp. 4. Maykop: Izd-vo AGU, 2013. pp. 88–94. (in Russian).

13. Unkovskaya, E. N., Shagidullin, R. R. (2009). Dinamika khimicheskogo sostava ozer Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Dynamics of the chemical composition of lakes in the Volga-Kama reserve]. V: *Samarskaya Luka: problemy regionalnoy i globalnoy ekologii.* Samarskaya Luka, T. 18, № 3, pp. 114–120. (in Russian).

14. FR.1.31.2005.01724. (2008). *Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii ftorid-, khlorid-, nitrat-, fosfat- i sulfat-ionov v probakh pityevoy, mineralnoy, stolovoy, lechebno-stolovoy, prirodnoy i stochnoy vody metodom ionnoy khromatografii* [Technique of execution of measurements of mass concentration of fluoride, chloride, nitrate, phosphate and sulphate ions in samples of drinking, mineral, dining room, medical-table, natural and waste water by ion chromatography]. M.: Akvilon, 26 p. (in Russian).

15. FR.1.31.2005.01738. (2008). *Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii kationov ammoniya, kaliya, natriya, magniya, kaltsiya, strontsiya v probakh pityevoy, mineralnoy, stolovoy, lechebno-stolovoy, prirodnoy i stochnoy vody metodom ionnoy khromatografii* [Technique of execution of measurements of mass concentration of ammonium cations, potassium, sodium, magnesium, calcium, strontium in samples of potable, mineral, dining room, medical-table, natural and waste water by ion chromatography]. M.: Akvilon, 30 p. (in Russian).

Авторы
Адамович Татьяна Анатольевна, канд. геогр. наук
Вятский государственный университет
E-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

Скугорева Светлана Геннадьевна, канд. биол. наук
1. Вятский государственный университет
2. Вятская государственная сельскохозяйственная академия
3. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
E-mail: skugoreva@mail.ru

Князева Евгения Витальевна
1. Вятский государственный университет
2. Государственный природный заповедник «Нургуш»
E-mail: ev_knyazeva@mail.ru

Ашихмина Тамара Яковлевна, д-р техн. наук.
1. Вятский государственный университет
2. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
E-mail: ecolab2@gmail.com

Authors
Tatyana Anatolevna Adamovich, Ph. D. in Geography
Vyatka State University
E-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

Svetlana Gennad'evna Skugoreva, Ph. D. in Biology
1. Vyatka State University
2. Vyatka State Agricultural Academy
3. Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of RAS
E-mail: skugoreva@mail.ru

Evgeniya Vitalevna Knyazeva
1. Vyatka State University
2. National Natural Park «Nurgush»
E-mail: ev_knyazeva@mail.ru

Tamara Yakovlevna Ashikhmina, Dr. in Engeneering
1. Vyatka State University
2. Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of RAS
E-mail: ecolab2@gmail.com