

**Изучение особенностей химического состава
водных объектов заповедной территории
для использования в качестве регионального фона**

© 2020. Т. А. Адамович¹, к. г. н., доцент,
С. Г. Скугорева^{1,2}, к. б. н., н. с., доцент,
Е. В. Товстик¹, к. б. н., с. н. с., доцент,

Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д. т. н., профессор, г. н. с., зав. лабораторией,

¹Вятский государственный университет,

610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
167982, Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

e-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

В силу удалённости от прямых источников антропогенного загрязнения особо охраняемые природные территории (ООПТ) могут быть использованы в качестве фоновых. С целью определения «эталоны» для оценки состояния поверхностных водных объектов Кировской области проведено исследование состояния поверхностных вод государственного природного заказника (ГПЗ) «Пижемский». Исследованы пробы воды из рек Пижма, Ярань, а также пойменных водоёмов, расположенных в пределах ООПТ. Установлено, что вода исследованных водных объектов относится к категории гидрокарбонатных кальциевых вод. В целом поверхностные водные объекты территории ГПЗ «Пижемский» характеризуются относительно низким содержанием неорганических ионов и являются слабо минерализованными. Для некоторых водных объектов установлено повышенное содержание ионов аммония, цинка и меди. Оно превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения, но не выходит за пределы ПДК для вод хозяйственно-питьевого значения. Повышенное содержание данных ионов в воде может быть связано с природными процессами (выщелачивание горных пород, эвтрофикация, разложение органических веществ и др.). Вода из р. Ярань в пределах ГПЗ «Пижемский» характеризуется более высокой минерализацией, чем воды р. Пижма и пойменных водоёмов, прилегающих к ней. Полученные в ходе исследования данные хорошо согласуются с показателями по ионному составу озёр государственного природного заказника «Нургуш», который является фоновой территорией экологического мониторинга региона. Особенностью водных объектов ГПЗ «Пижемский» является более высокая минерализация воды, что обусловлено повышенным содержанием в ней гидрокарбонат-ионов. По результатам проведённой работы поверхностные водные объекты заказника «Пижемский» рекомендованы в качестве фоновых для объектов с гидрокарбонатно-кальциевым типом вод.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, поверхностные водные объекты, ионный состав, тяжёлые металлы.

**Study of the chemical composition of water bodies
protected area for use as a regional background**

© 2020. T. A. Adamovich¹ ORCID: 0000-0002-8684-927X¹

S. G. Skugoreva^{1,2} ORCID: 0000-0002-5902-5187²

E. V. Tovstik¹ ORCID: 0000-0003-1861-6076³

T. Ya. Ashikhmina^{1,2} ORCID: 0000-0003-4919-0047⁴

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of RAS,
28, Kommunisticheskaya St., Syktывkar, Komi Republic, Russia, 167982,

e-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

Specially protected natural areas (SPNA), due to their remoteness from direct sources of anthropogenic pollution, can be used as background territories. In order to determine the “standard” for assessing the state of surface water bodies of the Kirov region, a study was made of the state of surface waters of the Pizhemy State Nature Reserve (SNR). Water samples from the Pizhma and Yaran rivers, as well as floodplain reservoirs located within the protected areas were studied. It is established that the water of the studied water bodies belongs to the category of calcium carbonate waters.

In general, surface water bodies of the territory of the Pizhemsky SNR are characterized by a relatively low content of inorganic ions and are poorly mineralized. For some water bodies, an increased content of ammonium, zinc and copper ions has been established. It exceeds the maximum permissible concentration for fishery waters, but does not exceed the maximum permissible concentration for drinking water. The increased content of these ions in water can be associated with natural processes (leaching of rocks, eutrophication, decomposition of organic substances, etc.). Water from the Yaran river within the Pizhemsky SNR is characterized by a higher salinity than the waters of the Pizhma river and floodplain ponds adjacent to it. The data obtained during the study are in good agreement with the indicators obtained earlier on the ionic composition of the lakes of the Nurgush SNR, which is the background territory for the region's environmental monitoring. A feature of water bodies at the Pizhemsky SNR is a higher salinity of water, which is due to the increased content of bicarbonate ions in it. According to the results of the work, surface water bodies of the Pizhemsky nature reserve are recommended as background for objects with calcium-carbonate type of water.

Keywords: specially protected natural territories, surface water bodies, ionic composition, heavy metals.

Мониторинг состояния поверхностных вод в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) приобретает всё большую значимость в связи интенсивным использованием природной среды и возрастающим антропогенным загрязнением [1, 2]. Располагаясь вдали от прямых источников загрязнения, ООПТ в исключительных случаях могут быть подвержены загрязнению вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ и их миграции [3–5]. В связи с этим современное состояние водных объектов в пределах ООПТ можно использовать как «условно фоновое», а сами объекты – рассматривать в качестве «эталонов» при оценке состояния водных объектов сопредельных территорий [6].

При исследовании состояния водных объектов ООПТ используют такие показатели, как температура, электропроводность воды, содержание растворённого кислорода, органических и биогенных веществ, учитывают их сезонные колебания [7, 8]. Содержание ионов металлов в поверхностных водах сравнивают не только с ПДК, но и с их кларками в литосфере [9]. Учитывают, что значительный вклад в формирование химического состава поверхностных вод ООПТ вносят, как правило, природные процессы [10, 11]. К ним относятся выщелачивание и растворение минералов, химическое выветривание горных пород, гидрологические факторы и биологические процессы, происходящие в водной среде. Данные процессы могут быть следствием повышения содержания в поверхностных водах ионов марганца, железа, свинца, аммония и др. [7, 12]. На отдельных территориях существенную роль в изменении качества поверхностных вод играет суммарное испарение воды в жаркие периоды года, а также процессы, происходящее вследствие глобального потепления климата [13].

Целью работы является оценить возможность использования поверхностных водных объектов государственного природного заказ-

ника «Пижемский» в качестве регионального фона по данным химического анализа воды.

Объекты и методы исследования

В форме природоохранного учреждения ГПЗ «Пижемский» функционирует с 2002 г. Он расположен на территории пяти районов Кировской области – Котельничского, Тужинского, Пижанского, Арбажского и Советского. Территория заказника имеет вытянутую форму с северо-запада на юго-восток вдоль р. Пижда вниз по течению с поворотом на юго-восток по р. Немда, впадающей в р. Пижда. Протяжённость заказника по руслу р. Немда составляет 42 км, по руслу р. Пижда – 202 км [14]. Заказник «Пижемский» имеет особо ценное значение для поддержания целостности, охраны и восстановления водных биоценозов, сохранения в естественном состоянии уникальных природных объектов: скального массива «Камень», Чимбулатского и Береснятского ботанико-геологических комплексов, Зараменской пещеры и др. [15, 16]. К наиболее крупным водным объектам территории ГПЗ «Пижемский» относятся реки Пижда, Немда, Ярань, озеро Чёрное.

Ранее нами проведены исследования и описаны [17] химический состав и состояние почвенного покрова, а также растительности на территории ГПЗ «Пижемский». Исследования выполнены, в том числе, с применением методов дистанционного зондирования Земли. Комплексного исследования водных объектов заказника «Пижемский» не проводилось. В данной работе представлены результаты химического состава поверхностных водных объектов, сделана сравнительная оценка их состояния.

Отбор проб воды на территории ГПЗ «Пижемский» проводили в июле 2017 г. преимущественно по течению реки Пижда. Пробы воды были отобраны из р. Пижда вблизи с. Вынур (точки №№ 1, 2 и 3 на рисунке); в устье

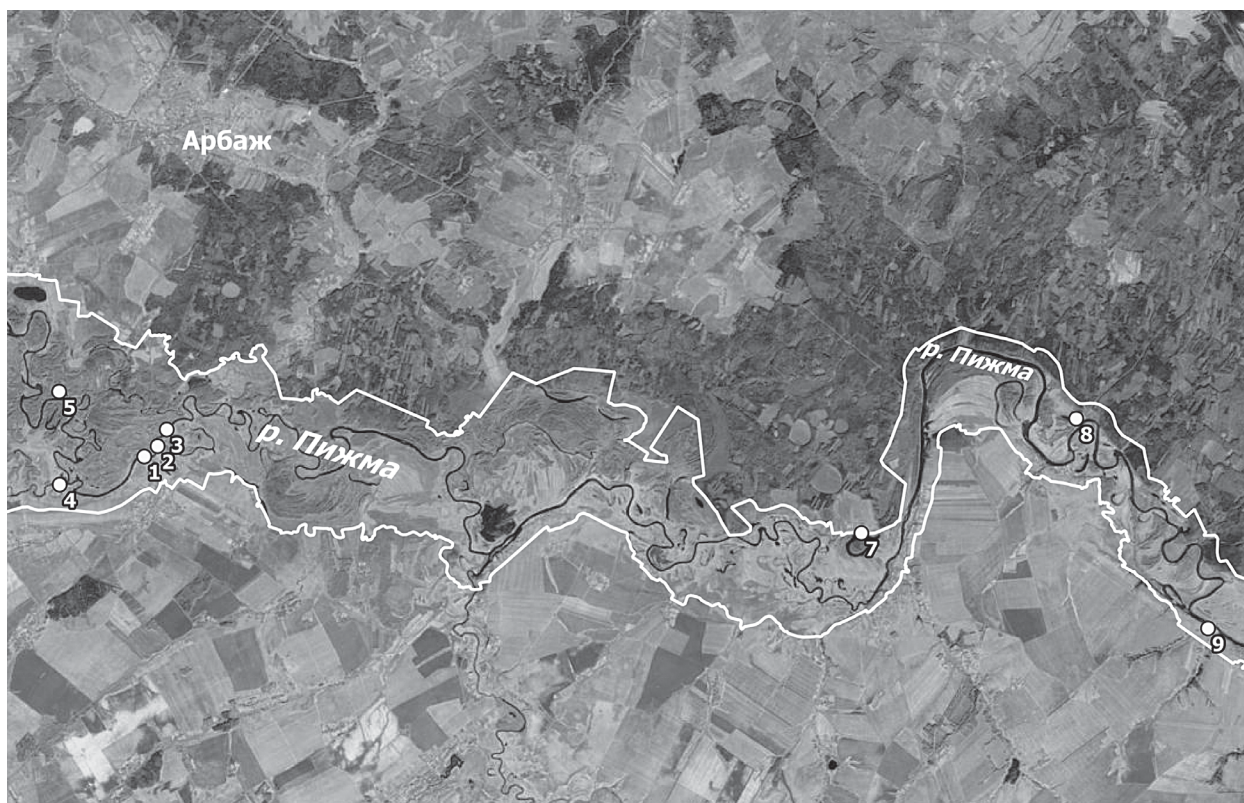


Рис. Карта-схема точек отбора проб воды из поверхностных водных объектов ГПЗ «Пижемский». Изображение со спутника Sentinel 2. Разрешение 10 м

Fig. Schematic map of water sampling points from surface water bodies of the Pizhemy State Nature Reserve. Sentinel 2 satellite image. Resolution of 10 m

р. Ярань (№ 4); из водоёма вблизи д. Коктыш (№ 5); из оз. Чёрное (№ 7); из водоёма вблизи д. Борок (№ 8); из р. Пижма вблизи д. Лесниково (№ 9). Пробы воды отбирали с глубины 0,3 м с помощью стеклянного батометра в пластиковые бутылки объёмом 1,5 л по ГОСТ 31861-2012.

Анализ проб воды проводили в научно-исследовательской экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета. Удельную электропроводность измеряли на кондуктометре Cond 340i, водородный показатель – на рН-метре МИ-150 потенциометрическим методом согласно РД 52.24.495-2005. Массовую концентрацию неорганических ионов (натрия, аммония, калия, магния, кальция, фторидов, хлоридов, нитратов, фосфатов и сульфатов) определяли методом ионной хроматографии на жидкостном хроматографе «Стайер» по ФР.1.31.2005.01724 и ФР.1.31.2005.01738. При определении концентрации гидрокарбонатов хроматографическим методом в качестве элюента использовали 10 мМ раствор гидроксида натрия. Содержание нитрит-ионов в пробах воды определяли фотометрическим методом с реактивом Грисса по ПНД Ф 14.1:2:4.3-95. Опреде-

ление содержания тяжёлых металлов (ТМ) в исследуемых пробах воды проводили методом инверсионной вольтамперометрии согласно ФР.1.31.2011.10126. Полученные в ходе химического анализа концентрации ионов сравнивали с ПДК для водных объектов рыбохозяйственного (ПДК_{р.х.}) [18] и хозяйственно-питьевого значения (ПДК_{х.п.}) (ГН 2.1.5.1315-03).

Результаты и обсуждение

Для водных объектов ГПЗ «Пижемский» характерны низкие значения электропроводности воды (168–342 мкСм/см), что свидетельствует об относительно невысоких концентрациях ионов (табл. 1) и низком уровне минерализации проб. Значения водородного показателя в исследованных водных объектах отличаются незначительно и не выходят за пределы норматива.

В ходе хроматографического анализа установлено, что содержание ионов натрия в исследуемых пробах воды составило 4,5–6,8 мг/л. Ионы калия содержались в меньших количествах, чем ионы натрия (в 4–5 раз). Содержание ионов кальция в исследуемых

Таблица 1 / Table 1

Ионный состав проб воды поверхностных водных объектов ГПЗ «Пижемский»
The ionic composition of water samples of surface water bodies of the Pizhemyu State Nature Reserve

Водный объект Water body	№ точки No. of selec- tion	pH	Содержание ионов, мг/л / The content of ions, mg/L											
			Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	
Река Пижда вблизи с. Вынур The Pizhma river near village of Vynur	1	210±11	7,9±0,1	5,6±0,8	1,41±0,21	3,1±0,6	7,5±0,7	41±4	0,057*	2,15±0,22	1,01±0,15	3,67±0,37	0,40±0,06	153±18
	2	242±12	7,9±0,1	5,9±0,9	1,56±0,23	0,74±0,26	7,2±0,7	47±5	0,021*	2,90±0,29	0,073±0,011	4,0±0,4	0,153*	160±19
Устье р. Ярань Mouth of the Yaran river	3	248±12	7,9±0,1	6,1±0,9	1,62±0,24	0,67±0,23	7,4±0,7	48±5	0,067*	3,53±0,35	1,79±0,27	4,4±0,4	0,189*	160±19
	4	342±17	8,1±0,1	9,0±1,3	2,28±0,34	0,48±0,17	10,6±1,1	64±6	0,125±0,019	4,7±0,5	2,8±0,4	11,0±1,1	0,63±0,09	206±25
Водоём вблизи д. Коктыш Pond near village of Koktysh	5	187±19	7,9±0,1	5,2±0,8	1,3±0,19	1,31±0,28	6,8±0,7	35,7±3,6	0,023*	1,64±0,16	0,97±0,15	2,80±0,28	0,103*	137±17
	7	189±19	7,9±0,1	5,4±0,8	1,23±0,18	0,76±0,27	6,4±0,6	35,1±3,5	0,026*	2,49±0,25	0,48±0,07	5,9±0,6	0,134*	137±17
Водоём вблизи д. Борок Reservoir near village of Borok	8	168±17	7,8±0,1	4,5±0,7	1,27±0,19	0,68±0,24	5,8±0,6	31,5±3,1	0,031*	1,95±0,20	0,062±0,009	4,2±0,4	0,128*	122±15
	9	252±13	8,0±0,1	6,8±1,0	1,59±0,24	1,14±0,24	8,5±0,9	47±5	0,085*	2,75±0,28	1,47±0,22	5,1±0,5	0,132*	168±20
ПДК _{п.х.} / MPC _f	-	6,5-8,5	50	120	50	0,50	40	180	0,75	300	40	100	-	-
ПДК _{х.п.} / MPC _d	-	-	-	200	-	1,93	50	-	1,5	350	45	500	3,5	-

Примечание: N – электропроводность, мкСм/см, * – ниже предела обнаружения метода, поэтому невозможно рассчитать погрешность измерения, прочерк обозначает, что норматив не установлен, ПДК_{п.х.} и ПДК_{х.п.} – ПДК для водных объектов рыбохозяйственного [17] и хозяйственно-питьевого значения (ГН 2.1.5.1315-03).

Note: N – electrical conductivity, µS/cm, * – below the detection limit of the method, therefore it is impossible to calculate the measurement error, a dash indicates that the standard is not set, MPC_f and MPC_d – MPC for water bodies of fishery [17] and drinking water value (GN 2.1.5.1315-03).

пробах варьировало от 31,5 до 64 мг/л. Концентрация ионов магния в водах исследованных водных объектов ниже содержания ионов кальция. По содержанию ионов кальция и магния не зафиксировано превышения ПДК ни для одной из исследованных проб.

По содержанию ионов аммония во всех исследованных пробах воды установлено превышение значений ПДК_{р.х.} (0,5 мг/л). Максимальное значение концентрации ионов аммония в воде (3,1 мг/л) было выявлено в р. Пижма вблизи села Вынур (точка № 1), её значение выше ПДК в 6,2 раза. Превышение ПДК по содержанию ионов аммония в пробах воды из водоёма вблизи д. Коктыш и из р. Пижма вблизи д. Лесниково (точки №№ 5 и 9) составило 2,6 и 2,3 раза соответственно. Причиной повышенного содержания ионов аммония в воде могут быть процессы разложения азотсодержащих органических веществ природного происхождения.

Кроме содержания катионов, в пробах воды определяли концентрации анионов (фторидов, нитратов, хлоридов, сульфатов, фосфатов и гидрокарбонатов). По результатам исследования относительно невысокие концентрации, значительно ниже ПДК, были отмечены для всех определяемых анионов.

Содержание сульфатов в пробах воды варьировало от 2,8 до 11, хлоридов – от 1,64 до 4,7, нитратов от 0,06 до 2,80, фторидов от 0,025 до 0,125 мг/л. При этом следует отметить, что концентрации нитрит-, фосфат- и фторид-ионов были ниже предела обнаружения используемого метода для большинства исследованных проб воды.

Гидрокарбонаты и карбонаты являются важнейшей частью природных вод. Известно, что в слабощелочных водах преобладают гидрокарбонат-ионы. Содержание гидрокарбонатов в пробах воды исследованных водных объектов варьировало от 122 до 206 мг/л.

В целом, анализ полученных данных (табл. 1) по химическому составу воды в исследованных водных объектах ГПЗ «Пижемский» позволяет сделать вывод о том, что вода, отобранная в устье р. Ярань (точка № 4), по большинству химических показателей отличается от вод других водных объектов. Эти данные хорошо коррелируют со значениями электропроводности воды. Для воды из устья р. Ярань установлено максимальное значение электропроводности (342 мкСм/см). Объяснением этому может быть и то, что вода р. Ярань характеризуется большей минерализацией по сравнению с р. Пижмой.

По результатам изучения химического состава воды водных объектов ГПЗ «Пижемский» составлен ряд распределения ионов (по снижению их содержания). Для катионов он выглядит таким образом: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$, а для анионов так: $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^- > PO_4^{3-} > F^-$. Данные закономерности являются типичными для пресных вод [19]. Таким образом, в воде всех поверхностных водных объектов ГПЗ «Пижемский» из анионов преобладают гидрокарбонат-ионы, из катионов – ионы кальция, т. е. исследуемые воды относятся к категории гидрокарбонатных кальциевых вод [20]. Воды этого типа мало минерализованы и характеризуются избытком гидрокарбонат-ионов, которые образуются в процессе химического выщелачивания пород.

Результаты данного исследования в целом хорошо согласуются с показателями по ионному составу озёр ГПЗ «Нургуш», полученными ранее [7]. Однако, водные объекты ГПЗ «Пижемский» характеризуются более высоким содержанием гидрокарбонат-ионов и ионов кальция, которых в 1,5–3,4 раза больше, чем в государственного природного заповедника «Нургуш». Различия в содержании данных ионов можно объяснить природными условиями формирования водных объектов ГПЗ «Пижемский», в частности, с выходами на поверхность пермских рифовых известняков на территории его расположения [17].

Кроме ионного состава воды в поверхностных водных объектах ГПЗ «Пижемский» определяли содержание загрязняющих веществ на примере ТМ (медь, свинец, кадмий, марганец и цинк). Результаты проведённых исследований проб воды по содержанию ТМ представлены в таблице 2.

Анализ данных (табл. 2) свидетельствует о том, что большей части исследованных водных объектов характерно повышенное относительно ПДК_{р.х.} содержание цинка. Особенно высокие его концентрации, превышающие значения ПДК_{р.х.}, обнаружены в пробах воды из оз. Чёрное, в устье р. Ярань и р. Пижмы (точка № 3). В 1,5–2 раза ниже было содержание цинка в пробах воды, отобранных в р. Пижма после впадения р. Вынурка (точка № 2) и водоёма вблизи д. Борок. Вблизи берега р. Пижма содержание этого элемента значительно меньше, чем в средней части течения реки.

Практически для всех водных объектов (за исключением водоёма вблизи д. Коктыш, р. Ярань и р. Пижма вблизи д. Лесниково) характерно повышенное содержание меди, превышающее значения ПДК_{р.х.} до 30 раз. Значи-

Таблица 2 / Table 2

Содержание тяжёлых металлов в пробах воды ГПЗ «Пижемский», мкг/л
The content of heavy metals in water samples at the Pizhemy sky gas processing plant, µg/L

Водный объект Water body	№ точки отбора No. of selection point	Zn	Cd	Pb	Cu	Mn
Река Пижда вблизи с. Вынур The Pizhma river near village of Vynur	1	5,4±2,6	0,29±0,13	2,5±1,3	11,3±2,6	3,4±1,1
	2	15±4	0,018±0,009	1,2±0,6	4,5±1,9	1,1±0,4
	3	36±10	0,17±0,07	1,0±0,5	6,2±2,6	4,1±1,3
Устье р. Ярань Mouth of the Yaran river	4	36±10	0,43±0,19	3,7±1,9	1,1±0,5	1,6±0,5
Водоём вблизи д. Коктыш Pond near village of Koktysh	5	2,7±1,3	0,016±0,007	0,50±0,24	0,08±0,03	1,8±0,6
Оз. Чёрное Lake Chernoe	7	44±12	1,8±0,4	0,8±0,4	8,4±3,5	2,1±0,7
Водоём вблизи д. Борок Reservoir near village of Borok	8	19±5	0,017±0,008	2,5±1,3	30±7	2,6±0,8
Река Пижда вблизи д. Лесниково The Pizhma river near village of Lesnikovo	9	14±4	0,017±0,008	0,17±0,09	0,18±0,07	1,9±0,6
ПДК _{р.х.} / MPC _f		10	5	6	1	10
ПДК _{х.п.} / MPC _d		1000	1	10	1000	100

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК_{р.х.} [17].
Note: values exceeding the MPC_f are marked in bold [17].

тельно более высоким было содержание соединений меди в водоёме вблизи деревни Борок (точка № 9) – 30, в воде р. Пижда вблизи с. Вынур (точка № 1) – 11,3 и в оз. Чёрное (точка № 7) – 8,4 мкг/л. Также отмечено повышенное значение концентрации соединений этого металла в верхнем течении р. Пижда (точки №№ 2, 3). В этих пробах концентрация меди превышает ПДК_{р.х.}, но не выходит за пределы ПДК_{х.п.}. В остальных исследованных пробах воды содержание меди незначительное (табл. 2).

Высокие значения концентрации меди и цинка в воде данных водных объектов могут быть связаны с выщелачиванием их при выветривании коренных пород, а также с процессами эвтрофикации водных объектов [21]. Концентрация марганца, свинца, кадмия во всех исследованных пробах воды значительно ниже ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения. Такое распределение концентрации ТМ может быть обусловлено наличием протоков между водоёмами и реками, а также сезонным повышением уровня воды в заказнике.

Заключение

По результатам анализа выявлено, что для всех исследованных водных объектов в преде-

лах ГПЗ «Пижемский» характерен порядок распределения ионов, типичный для пресных вод поверхностных водных объектов. Вода из р. Пижда и водоёмов в её пойме мало минерализована и её можно отнести к категории гидрокарбонатных кальциевых вод.

Вода, отобранная в устье р. Ярань, отличается от воды других водных объектов ГПЗ «Пижемский» более высокими значениями показателей химического состава. Это может быть связано с большей степенью минерализации воды из р. Ярань, являющейся притоком р. Пижда. Эти результаты хорошо коррелируют и со значениями электропроводности воды в данном водном объекте.

Для большинства водных объектов на территории ГПЗ «Пижемский» отмечено повышенное содержание ионов аммония, цинка и меди. Выявленные значения данных показателей превышают нормативы для водных объектов рыбохозяйственного, но не выходят за пределы ПДК для объектов хозяйственно-питьевого значения.

Химический состав воды поверхностных водных объектов ГПЗ «Пижемский» в основном сходен с ионным составом водных объектов ООПТ ГПЗ «Нургуш», который является фоновой территорией экологического мониторинга региона. Отличительной особенностью

водных объектов заказника «Пижемский» является повышенное, по сравнению с заповедником «Нургуш», содержание гидрокарбонатов и ионов кальция, что может быть обусловлено выходами на поверхность пермских рифовых известняков.

Таким образом, показатели химического состава воды поверхностных водных объектов государственного природного заказника «Пижемский» можно рекомендовать при проведении мониторинга в качестве фоновых показателей для объектов с гидрокарбонатно-кальциевым типом вод.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Литература

1. Borodina E.V., Borodina U.O. Water chemistry formation in lakes of specially protected natural areas in the Altay Mountains: case study of the Mul'ta River // *Water Resources*. 2019. V. 46. No. 4. P. 582–594.
2. Лукьянова Н.В., Мясков А.В. Влияние горной промышленности на особо охраняемые природные территории // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2007. № 6. С. 223–330.
3. Moiseenko T.I., Dinu M.I., Gashkina N.A., Kremleva T.A. Aquatic environment and anthropogenic factor effects on distribution of trace elements in surface waters of European Russia and Western Siberia // *Environmental Research Letters*. 2019. V. 14. No. 6. P. 065010.
4. Bucher K., Zhou W., Stober I. Rocks control the chemical composition of surface water from the high Alpine Zermatt area (Swiss Alps) // *Swiss Journal of Geosciences*. 2017. V. 110. P. 811–831.
5. Tomilina I.I., Gremyachikh V.A., Grebenyuk L.P. Ecotoxicological monitoring in lakes of Northwestern and Central European Russia situated in specially protected natural areas // *Water Resour.* 2014. V. 41. P. 312–318.
6. Adamenko Ya.S., Arkhypova L.M., Mandryk O.M. Territorial normative of quality of hydroecosystems of protected territories // *Hydrobiological Journal*. 2017. V. 53. No. 2. P. 50–58.
7. Адамович Т.А., Скугорева С.Г., Князева Е.В., Ашихмина Т.Я. Изучение ионного состава воды озёр Государственного природного заповедника «Нургуш» // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2017. № 4 (72). С. 3–12.
8. Ефимова Л.Е., Фролова Н.Л. Гидрологический мониторинг в пределах особо охраняемых природных территорий // *Вода: химия и экология*. 2013. № 5 (59). С. 20–28.

9. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г., Пикиноров П.В. Эколого-гидрохимическая характеристика водно-болотных угодий «Верхнее Двубье» // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2017. Т. 3. № 2. С. 8–21.

10. Khatri N., Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas // *Frontiers in Life Science*. 2015. V. 8. No. 1. P. 23–39.

11. Бузмаков С.А., Кувшинская Л.В., Жекин А.В., Кулакова С.А., Гатина Е.Л., Зайцев А.А. Оценка современного состояния особо охраняемой природной территории «Черняевский лесопарк г. Перми» // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2009. Т. 11. № 1 (3). С. 408–413.

12. Ильина В.Н., Савченко А.А. Содержание различных веществ в почвах и поверхностных водах на территории некоторых памятников природы Кинель-Черкасского района Самарской области // *Карельский научный журнал*. 2014. № 1 (6). С. 119–121.

13. Wahed M., Abdel S.M., Mohamed E.A., Wolkersdorfer C., El-Sayed M.I., M'nif A., Sillanpää M. Assessment of water quality in surface waters of the Fayoum watershed, Egypt // *Environmental Earth Sciences*. 2015. V. 74. P. 1765–1783.

14. Государственный природный заказник Пижемский. Киров: Кировская областная типография, 2008. 19 с.

15. Ворончихин Е.И. По Вятскому краю: Путеводитель по примечательным объектам природы. Ч. 1. Киров: Вятка, 1996. 255 с.

16. Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров: Вятка, 1997. 607 с.

17. Адамович Т.А., Товстик Е.В., Соловьёва Е.С., Ашихмина Т.Я., Березин Г.И., Прокашев А.М., Савиных В.П. Оценка состояния почв особо охраняемых природных территорий Кировской области // *Теоретическая и прикладная экология*. 2018. № 4. С. 46–52.

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

19. Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. 444 с.

20. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 442 с.

21. Ашихмина Т.Я., Кутявина Т.И., Домнина Е.А. Изучение процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоёмов (литературный обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2014. № 3. С. 6–13.

References

1. Borodina E.V., Borodina U.O. Water chemistry formation in lakes of specially protected natural areas in the

Altay Mountains: case study of the Mul'ta River // *Water Resources*. 2019. V. 46. No. 4. P. 582–594. doi: 10.1134/S0097807819040055

2. Lukyanova N.V., Myaskov A.V. The influence of mining on specially protected natural territories // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2007. No. 6. P. 223–330 (in Russian).

3. Moiseenko T.I., Dinu M.I., Gashkina N.A., Kremleva T.A. Aquatic environment and anthropogenic factor effects on distribution of trace elements in surface waters of European Russia and Western Siberia // *Environmental Research Letters*. 2019. V. 14. No. 6. P. 065010. doi: 10.1088/1748-9326/ab17ea

4. Bucher K., Zhou W., Stober I. Rocks control the chemical composition of surface water from the high Alpine Zermatt area (Swiss Alps) // *Swiss Journal of Geosciences*. 2017. V. 110. P. 811–831. doi: 10.1007/s00015-017-0279-y

5. Tomilina I.I., Gremyachikh V.A., Grebenyuk L.P. Ecotoxicological monitoring in lakes of Northwestern and Central European Russia located in specially protected natural areas // *Water Resour.* 2014. V. 41. P. 312–318. doi: 10.1134/S0097807814030154

6. Adamenko Ya.S., Arkhypova L.M., Mandryk O.M. Territorial normative of quality of hydroecosystems of protected territories // *Hydrobiological Journal*. 2017. V. 53. No. 2. P. 50–58.

7. Adamovich T.A., Skugoreva S.G., Knyazeva E.V., Ashikhmina T.Ya. Studying the ionic composition of the water of the lakes of the Nurgush State Nature Reserve // *Water and ecology: problems and solutions*. 2017. No. 4 (72). P. 3–12 (in Russian). doi: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.3-12

8. Efimova L.E., Frolova N.L. Hydrological monitoring within specially protected natural territories // *Voda: khimiya i ekologiya*. 2013. No. 5 (59). P. 20–28 (in Russian).

9. Moskovchenko D.V., Babushkin A.G., Pikinerov P.V. Ecological and hydrochemical characteristics of the wetlands “Upper Bilateral” // *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopolzovanie*. 2017. V. 3. No. 2. P. 8–21 (in Russian). doi: 10.21684/2411-7927-2017-3-2-8-21

10. Khatri N., Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality

in rural and urban areas // *Frontiers in Life Science*. 2015. V. 8. No. 1. P. 23–39. doi: 10.1080/21553769.2014.933716

11. Buzmakov S.A., Kuvshinskaya L.V., Zhekin A.V., Kulakova S.A., Gatina E.L., Zaitsev A.A. Assessment of the current state of the specially protected natural area “Chernyaevsky Forest Park of Perm” // *Izvestiya Samar-skogo nauchnogo tsentra RAN*. 2009. V. 11. No. 1 (3). P. 408–413 (in Russian).

12. Ilyina V.N., Savchenko A.A. The content of various substances in soils and surface waters in the territory of some natural monuments of the Kinel-Cherkassky district of the Samara region // *Karelskiy nauchnyy zhurnal*. 2014. No. 1 (6). P. 119–121 (in Russian).

13. Wahed M., Abdel S.M., Mohamed E.A., Wolkersdorfer C., El-Sayed M.I., M'nif A., Sillanpää M. Assessment of water quality in surface waters of the Fayoum watershed, Egypt // *Environmental Earth Sciences*. 2015. V. 74. P. 1765–1783. doi: 10.1007/s12665-015-4186-0

14. The state nature reserve Pizhemsky. Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya, 2008. 19 p. (in Russian).

15. Voronchikhin E.I. In Vyatka region: A guide to remarkable natural sites. Part 1. Kirov: Vyatka, 1996. 255 p. (in Russian).

16. Encyclopedia of the land of Vyatka. V. 7. Nature. Kirov: Vyatka, 1997. 607 p. (in Russian).

17. Adamovich T.A., Tovstik E.V., Solovyova E.S., Ashikhmina T.Ya., Berezin G.I., Prokashev A.M., Savinykh V.P. Assessment of the state of soils in specially protected natural reservations of the Kirov region // *Theoretical and Applied Ecology*. 2018. No. 4. P. 46–52 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2018-4-046-052

18. The list of fishery standards, maximum permissible concentrations (MPC) and tentatively safe exposure levels of harmful substances to water of water bodies of fishery importance. Moskva: VNIRO, 1999. 304 p. (in Russian).

19. Nikanorov A.M. Hydrochemistry. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2001. 444 p. (in Russian).

20. Alekin O.A. Fundamentals of hydrochemistry. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. 442 p. (in Russian).

21. Ashikhmina T.Ya., Kut'yavina T.I., Domnina E.A. Studying the eutrophication of natural and artificially created reservoirs (literature review) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2014. No. 3. P. 6–13 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2014-3-006-013