

Гидрохимические условия формирования водно-болотных экосистем государственного природного заказника «Былина»

© 2022. Т. И. Кутявина, к. б. н., с. н. с., И. А. Варган, ст. преподаватель, Е. В. Шемякина, студент, В. В. Тимина, студент, Вятский государственный университет, 610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36, e-mail: kutyavinati@gmail.com

Проведён анализ гидрохимических условий формирования водно-болотных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях государственного природного заказника (ГПЗ) регионального значения «Былина». Болото Чистое, находящееся на территории ГПЗ «Былина», является одним из важнейших болотных резерватов России, для него характерны богатый видовой состав водоплавающих и болотных птиц, наличие редких видов растений и животных. Здесь берут своё начало несколько рек, протекающих по территории Кировской области. Вода, отобранная из б. Чистого и в 1,5 км от него, характеризуется кислой и слабокислой реакцией (pH 4,3–5,8) и низким содержанием растворённого кислорода. В воде б. Чистого отмечено высокое содержание биогенных элементов и органических веществ, что связано с интенсивными процессами разложения органического вещества в данной экосистеме. Сложившиеся условия неблагоприятны для развития прибрежно-водной растительности в водно-болотных экосистемах б. Чистого. Вода в водно-болотных экосистемах, расположенных в 3–4 км севернее ГПЗ «Былина», в поймах рек Пушма и Юг, характеризовалась низким содержанием соединений азота, фосфора и органических веществ, более высокой концентрацией растворённого в воде кислорода и значением pH 6,3–7,0. Условия среды в этих экосистемах более благоприятны для развития гидробионтов по сравнению с экосистемами б. Чистого, однако при увеличении содержания биогенных элементов в воде возможно развитие процессов эвтрофирования и заболачивания.

Полученные данные о химическом составе воды б. Чистого, находящегося на территории ГПЗ «Былина» и имеющего статус особо охраняемой природной территории более 27 лет, могут быть использованы в качестве фоновых показателей при изучении болотных экосистем сопредельных территорий.

Ключевые слова: водно-болотная экосистема, гидрохимический анализ, биогенные элементы.

Hydrochemical conditions for the formation of wetland ecosystems in the Bylina State Nature Reserve

© 2022. Т. И. Kutyavina ^{ORCID: 0000-0001-7957-0636}, И. А. Vartan ^{ORCID: 0000-0003-1663-385X},
Е. В. Shemyakina ^{ORCID: 0000-0002-9811-5193}, В. В. Timina ^{ORCID: 0000-0001-9129-9906}
Vyatka State University,
36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,
e-mail: kutyavinati@gmail.com

The article presents the results of an analysis of the hydrochemical conditions for the formation of wetland ecosystems located on the territory and in the vicinity of the state natural reserve of regional significance "Bylina". The swamp Chistoe located on the territory of the Bylina State Nature Reserve, is one of the most important marsh reserves in Russia, it is characterized by a rich species composition of waterfowl and marsh birds, the presence of rare species of plants and animals. Several rivers originating from the swamp Chistoye are flowing through the territory of the Kirov region. Water taken from the swamp Chistoye and 1.5 km from it is characterized by an acidic and slightly acidic reaction (pH 4.3–5.8) and a low content of dissolved oxygen. In water of the swamp Chistoye, a high content of biogenic elements and organic substances was noted, which is associated with intensive processes of decomposition of organic matter in this ecosystem. The current conditions are unfavorable for the development of coastal aquatic vegetation in wetland ecosystems of the swamp Chistoye. Water in wetland ecosystems located 3–4 km north from the Bylina State Nature Reserve, in the floodplains of the Pushma and Yug rivers, is characterized by a low content of nitrogen, phosphorus, and organic compounds, a higher concentration of oxygen dissolved in water, and a higher pH value. Environmental conditions in these ecosystems are more favorable for the development of aquatic organisms compared to ecosystems the swamp Chistoye, however, with an increase in the content of biogenic elements in water, the development of eutrophication and waterlogging processes is possible.

Obtained data on the chemical composition of water of the swamp Chistoye located on the territory of the state natural reserve "Bylina" and having the status of a specially protected natural area for more than 27 years, can be used as background indicators in the study of wetland ecosystems of adjacent territories.

Keywords: wetland ecosystem, hydrochemical analysis, biogenic elements.

Сведения о ненарушенном состоянии водоёмов необходимы для прогнозирования, оптимизации условий и разработки эффективных природоохранных и восстановительных мероприятий на водоёмах [1]. В этом отношении изучение водоёмов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) позволяет рассмотреть функционирование водных экосистем в естественных условиях [2].

Государственный природный заказник (ГПЗ) регионального значения «Былина» был создан в 1994 г. в Подосиновском и Опаринском районах Кировской области с целью поддержания экологического баланса в северо-западной части региона, сохранения природных комплексов среднетаёжных лесов и верховых болот на водоразделе рек бассейнов Северного Ледовитого океана и Каспийского моря, а также для охраны редких и исчезающих видов животных и растений и мест их обитания. Общая площадь ГПЗ «Былина» достигает 48151,08 га, основную площадь заказника занимают водно-болотные и лесные экосистемы [3, 4]. Особую природоохранную ценность на территории ГПЗ «Былина» составляют три памятника природы регионального значения: «Кайское болото», «Былинское болото» и «Чистое (Роговское) болото». На болотах Чистое и Кайское находятся истоки рек Новгородка, Пелегова, Верховская и Яхреньгская Былина, Кая [5]. Болотные массивы, расположенные на территории ГПЗ «Былина», относятся к числу важнейших болотных резерватов России и регулируют водность крупнейших рек Кировской области. Научно-исследовательские работы, проводимые на территории заказника, посвящены изучению преимущественно флоры и фауны [6], в то время как данные о гидрохимическом составе водно-болотных экосистем ГПЗ «Былина» в научной литературе представлены фрагментарно. Получение данных о гидрохимическом составе болотных экосистем необходимо, так как эти экосистемы выполняют такие важные для биосферы функции, как регулирование гидрологического режима, геохимических процессов, сохранение видового разнообразия и др. Кроме того, результаты гидрохимического анализа болотных экосистем ООПТ могут быть использованы в качестве фоновых пока-

зателей при изучении и оценке состояния болотных экосистем сопредельных территорий.

Цель работы – определить условия формирования водно-болотных экосистем на территории ГПЗ «Былина» и в его окрестностях по результатам гидрохимического анализа.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были шесть участков водно-болотных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина».

Участки № 1 и № 2 расположены в пределах Чистого (Роговского) болота в северо-западной части ГПЗ «Былина». Данное болото вытянуто в направлении с юго-запада на северо-восток более чем на 4 км, его площадь составляет 633,8 га. Здесь берут своё начало реки Новгородка и Верховская Былина, входящие в бассейны Северной Двины и Волги соответственно. Растительный покров болота представлен преимущественно пушицево-сфагновыми сообществами со значительным участием болотных кустарничков. Для б. Чистого характерны богатый видовой состав водоплавающих и болотных видов птиц, а также наличие на территории болотного массива редких видов растений и животных [7]. Участок № 1 расположен в центре б. Чистого, участок № 2 – на северо-восточной окраине болота.

Участок № 3 находится примерно в 1,5 км от б. Чистое в северо-восточном направлении в небольшой локальной осоковой болотной экосистеме с берёзовым сухостоем. Рядом с участком № 3 проходит грунтовая дорога.

Участки № 4, № 5 и № 6 расположены севернее ГПЗ «Былина» в 3–4 км от его северной границы. Участки № 4 и № 5 расположены вблизи грунтовой дороги, в пойме р. Пушма. Это небольшие болота, в растительном покрове которых преобладают осоки и рогуз.

Участок № 6 представляет собой обводнённый заброшенный песчано-гравийный карьер, окружённый сосновым молодняком. Карьер находится недалеко от р. Юг.

Отбор проб воды из водно-болотных экосистем проводили в августе 2021 г. во время маршрутного обследования изучаемой терри-

тории. Физико-химический анализ проб воды проводили в аккредитованной экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета по аттестованным методикам измерений. В ходе проведения анализа определяли органолептические показатели (запах, цветность, мутность), водородный показатель (рН), удельную электропроводность, содержание растворённого в воде кислорода, биогенных элементов (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), органических веществ (перманганатная окисляемость и химическое потребление кислорода (ХПК)), нефтепродуктов. Определение содержания NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} проводили фотометрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (ООО «Экротек», Россия), перманганатной окисляемости – титриметрическим методом, ХПК – фотометрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М» (ГК «Люмэкс», Россия), нефтепродуктов – флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М» (для экстракции использовали гексан). Показатель «нефтепродукты» является интегральным, представляет собой оценку суммарного содержания экстрагируемых из воды углеводов. Обычно этот показатель используется для оценки уровня загрязнения природных вод нефтью, однако в болотных водах, наряду с нефтяными углеводородами содержатся и биогенные углеводороды, образующиеся в процессе разложения и трансформации остатков растительного и животного происхождения и вымываемые из торфяных залежей [8]. Погрешность измерений составила 5–35%. Математическую обработку результатов проводили в соответствии с используемыми методиками измерений. Статистическую обработку результатов проводили в Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Пробы воды, отобранные в разных водно-болотных экосистемах, существенно отличались по органолептическим показателям. Для воды, отобранной на б. Чистом (участки № 1 и № 2), отмечен слабый и очень слабый запах естественного происхождения (болотный). Вода, отобранная в 1,5–4 км на северо-восток от ГПЗ «Былина» (участки №№ 3–6), характеризовалась отсутствием запаха. Для проб воды, отобранных на участках № 4 и № 6, отмечены низкие значения цветности и мутности воды, средние показатели отмечены для участка № 3, максимальные значения цветности и мутности воды – для участков № 1, № 2

и № 5 (табл.). Причинами повышенной мутности воды может быть наличие в ней глины, неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), а также органических примесей или живых организмов, например, бактерио-, фито- или зоопланктона. Также причиной может быть окисление соединений железа и марганца кислородом воздуха, что приводит к образованию коллоидов [9]. Вероятно, именно последняя причина оказала влияние на высокое значение мутности воды в экосистемах б. Чистого. Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трёхвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и других причин.

По показателю рН наиболее благоприятными условиями для большинства гидробионтов обладают воды участков №№ 4–6, расположенных в 3–4 км на северо-восток от ГПЗ «Былина» (табл.). На этих участках воды характеризуются как нейтральные ($6,5 < \text{pH} < 7,5$). Такие значения рН благоприятны для развития большинства гидробионтов. Воды на окраине б. Чистого и в 1,5 км от него по величине рН относятся к группе слабокислых вод ($5 < \text{pH} < 6,5$). Такие значения рН характерны для водоёмов лесной зоны. Воды на участке № 1 (середина б. Чистого) по величине рН являются кислыми ($3 < \text{pH} < 5$). Такие низкие значения рН отмечаются при поступлении в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ. Низкое значение рН воды, отмеченное в середине б. Чистого, может оказать ингибирующее влияние на развитие прибрежно-водных растений [10] и других гидробионтов.

Величина удельной электропроводности значительно отличалась на участках №№ 1–3 (б. Чистое и его окраина) и №№ 4–6 (участки вблизи рек Пушма и Юг). Известно, что удельная электропроводность зависит от минерализации воды, является приблизительной характеристикой концентрации в воде неорганических электролитов (катионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) [11]. Согласно этим данным, воды на участках №№ 4–6 более насыщены соединениями Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- по сравнению с водами участков №№ 1–3. По величине общей минерализации воды во всех исследуемых экосистемах являются ультрапресными. Исклю-

Таблица / Table

Результаты физико-химического анализа проб воды из водно-болотных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина»
Results of physical and chemical analysis of water samples from wetland ecosystems located on the territory and in the vicinity of the Bylina State Nature Reserve

Показатель, единицы измерения Indicator, units of measurement	Участок отбора проб / Sampling area					
	б. Чистое swamp Chistoye	северо-восточная окраина б. Чистого northeastern edge of the swamp Chistoye	в 1,5 км на северо-восток от б. Чистого 1.5 km northeast of the swamp Chistoye	участки в пойме р. Пушма plots in the floodplain of the Pushma river		карьер вблизи р. Юг quarry near the Yug River
	1	2	3	4	5	6
Органолептические показатели / Organoleptic indicators						
Запах, баллы Smell, points	2	1	0	0	0	0
Цветность, градусы Color, degrees	> 500	> 500	243±10	24,8±3,7	436±16	16±2
Мутность, ед. мутности по формазину на 1 дм ³ Turbidity, units turbidity according to formazin per 1 dm ³	61±9	29±4	11,6±2,3	1,11±0,22	30±4	< 1
Физико-химические показатели / Physical and chemical indicators						
рН	4,3±0,2	5,8±0,2	5,5±0,2	7,0±0,2	6,3±0,2	6,5±0,2
Удельная электропроводность, мкСм/см Specific conductivity, μS/cm	34,4±3,4	69±7	40±4	283±14	451±23	229±11
Общая минерализация, мг/дм ³ General mineralization, mg/dm ³	25±4	49±8	29±5	200±18	322±29	160±15
Растворённый кислород, мг/дм ³ Dissolved oxygen, mg/dm ³	1,85±0,19	2,58±0,26	3,53±0,11	6,10±0,20	1,98±0,20	2,27±0,23
ХПК, мгО/дм ³ COD, mgO/dm ³	57±11	82±16	58±12	9,1±2,7	63±13	15±4
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³ Permanganate oxidizability, mgO/dm ³	70±7	50±5	26,4±2,6	3,57±0,36	13,6±1,4	3,57±0,36
Нефтепродукты, мг/дм ³ Oil products, mg/dm ³	0,032±0,011	0,013±0,005	0,0073±0,0037	0,027±0,010	0,015±0,005	0,057±0,020

чение составили только водно-болотные экосистемы в пойме р. Пушма. На этих участках воды являются пресными.

Азот и фосфор являются биогенными элементами, необходимыми для существования и развития живых организмов. Высокое

содержание соединений азота и фосфора в воде может стимулировать развитие процессов эвтрофирования. Согласно полученным результатам, воды б. Чистого (участки № 1 и № 2) более богаты соединениями азота, чем воды участков №№ 3–6 (рис.). Вероятно, это

связано с тем, что в экосистеме б. Чистого процессы разложения органического вещества идут более интенсивно, чем в экосистемах в пойме р. Пушма и вблизи р. Юг (участки №№ 3–6). В воде, отобранной на участках исследования № 1, № 2 и № 5 отмечено довольно высокое содержание NH_4^+ (3,3–7,9 мг/дм³). Для сравнения, содержание NH_4^+ в фоновых створах крупнейших рек Кировской области в 2021 г. составляло 0,20–0,84 мг/дм³ [12] (рис.). Содержание PO_4^{3-} в изучаемых болотных экосистемах составляло от 0,05 до 1,27 мг/дм³. Отмечена тесная корреляционная связь между содержанием в воде NH_4^+ и PO_4^{3-} ($r = 0,98$). На содержание в воде минеральных форм фосфора, как и на содержание минеральных соединений азота, влияют процессы фотосинтеза и разложения органического вещества. Процессом, уменьшающим содержание фосфатов в воде, является потребление PO_4^{3-} макрофитами, фитопланктоном и фитобентосом [13]. Минимальное содержание PO_4^{3-} (на уровне предела обнаружения методики измерений) и NH_4^+ зафиксировано нами на участках № 4 и № 6 (в пойме р. Пушма и вблизи р. Юг), где было отмечено довольно большое количество высших водных и прибрежно-водных растений. Вероятно, такие низкие концентрации NH_4^+ и PO_4^{3-} связаны с потреблением их высшими растениями.

Содержание биогенных элементов и органических веществ в болотных водах, питающих водные объекты, оказывает влияние на качество воды в водоёмах и водотоках. Содержание легкоокисляемых органических веществ, определённое по показателю перманганатная окисляемость, уменьшалось в направлении от середины б. Чистого (участка № 1) к его окраине (участок № 2) и далее к участку № 3. На участках №№ 4–6 значения перманганатной окисляемости были в несколько раз ниже, чем в воде б. Чистого. Содержание органических веществ уменьшалось в направлении от участка № 5 к участкам № 4 и № 6. Наибольшее значение ХПК, свидетельствующее о высоком содержании трудноокисляемых органических веществ, было отмечено в воде, отобранной на окраине б. Чистого (участок № 2), несколько ниже значения ХПК были отмечены на участках № 1, № 3 и № 5. На участках № 4 и № 6 содержание трудноокисляемых органических веществ (по ХПК) было минимальным. В фоновых створах крупнейших рек Кировской области в 2021 г. величина ХПК составляла 15,8–46,6 мгО/дм³ [12]. Содержание углеводов, определённое по показателю «нефтепродукты» также, как и содержание органических веществ (по ХПК и перманганатной окисляемости), уменьшалось при продвижении от середины

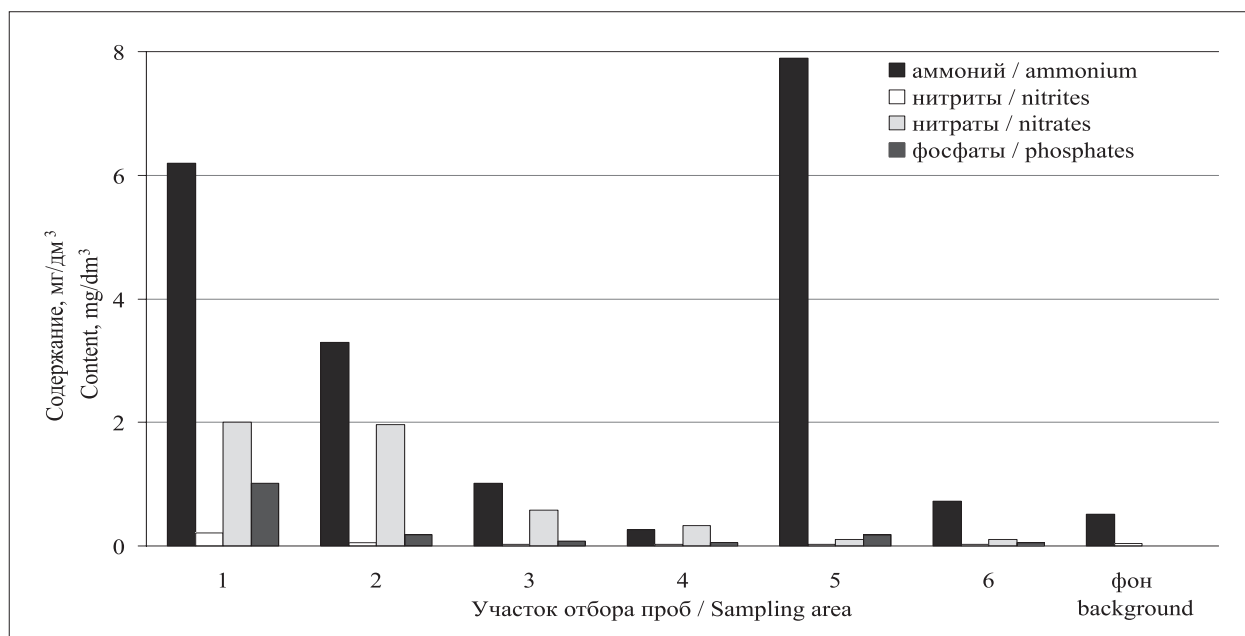


Рис. Содержание минеральных форм азота и фосфора в исследуемых экосистемах (обозначения участков отбора проб указаны в таблице, в качестве фона использованы фоновые створы крупнейших рек Кировской области [12])

Fig. The content of mineral forms of nitrogen and phosphorus in the studied ecosystems (designations of sampling sites are indicated in the table, background sections of the largest rivers of the Kirov region were used as a background [12])

б. Чистого к его окраине и далее, за пределы болота при продвижении на северо-восток к пойме р. Пушма. Это объясняется тем, что на окраине болота и на участках в пойме реки складываются более благоприятные условия для окисления органических веществ (выше значение рН и содержание растворённого кислорода). Довольно высокое содержание нефтепродуктов было обнаружено в воде заброшенного песчано-гравийного карьера (участок № 6). Причиной высокого содержания в воде нефтепродуктов на данном участке могла стать антропогенная деятельность. В целом, содержание нефтепродуктов в воде исследуемых водно-болотных экосистем сопоставимо с содержанием нефтепродуктов в воде крупнейших рек региона, которое в 2021 г. составило 0,01–0,02 мг/дм³ [12].

Для пяти из шести исследуемых водных объектов отмечено довольно низкое содержание растворённого в воде кислорода. Известно, что в поверхностных водах массовая концентрация растворённого кислорода подвержена значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и богатых органическими соединениями водных объектах, а также в конце длительного подлёдного периода может иметь место значительный дефицит кислорода. Уменьшение массовой концентрации растворённого кислорода до 2 мг/дм³ вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов [14]. Такое низкое содержание растворённого в воде кислорода (менее 2 мг/дм³) отмечено нами на участках № 1 (середина б. Чистого) и № 5 (участок в пойме р. Пушма).

Заключение

По результатам органолептического и физико-химического анализов нами были определены гидрохимические условия формирования водно-болотных экосистем на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина». Болото Чистое, находящееся на территории ГПЗ «Былина», – один из важнейших болотных резерватов России, для которого характерны богатый видовой состав водоплавающих и болотных птиц, а также наличие редких видов растений и животных. Здесь находятся истоки нескольких рек, протекающих по территории Кировской области. В воде б. Чистого было обнаружено высокое содержание биогенных элементов и органических веществ, что связано с интенсивными процессами разложения органического вещества в данной

экосистеме. В экосистемах, расположенных в 3–4 км в северном направлении от границы ГПЗ «Былина» (водно-болотные экосистемы в пойме р. Пушма и р. Юг) процессы фотосинтеза преобладают над процессами разложения органического вещества и доступные формы соединений азота и фосфора потребляются высшими растениями. В настоящее время содержание биогенных элементов и органических веществ в воде на данных участках намного ниже, чем в экосистемах б. Чистого. Однако при увеличении содержания биогенных элементов в воде возможно развитие процессов эвтрофирования и последующего заболачивания данных водных объектов. При сопоставлении данных о содержании NH_4^+ , NO_2^- , нефтепродуктов и значений ХПК в исследуемых экосистемах и в фоновых створах крупнейших рек Кировской области было отмечено, что содержание органических веществ в речных и болотных экосистемах находится примерно на одном уровне, а содержание NH_4^+ в болотных экосистемах выше, чем в речных водах.

Водно-болотные экосистемы б. Чистого, входящие в состав ГПЗ «Былина», являются ООПТ с 1994 г., то есть антропогенное воздействие на этой территории ограничено уже более 27 лет. В связи с этим данные о химическом составе воды водно-болотных экосистем на территории ГПЗ «Былина» могут рассматриваться как фоновые значения при изучении водно-болотных экосистем сопредельных территорий.

Работа выполнена при поддержке гранта ВОО «РГО» «Структура, экологическое состояние и эволюция ландшафтов Северных Увалов – главного водораздела северо-востока Русской равнины» (договор № 08/2021-Р).

References

1. Prytkova M.Ya. Scientific foundations and methods for the restoration of lake ecosystems under different types of anthropogenic impact. Sankt-Peterburg: Nauka, 2002. 148 p. (in Russian).
2. Gorokhova O.G. Characteristics of the trophic state of small water bodies of the Middle Volga Biosphere Reserve in terms of phytoplankton // Voda: khimiya i ekologiya. 2013. No. 11. P. 46–53 (in Russian).
3. Specially protected natural territories of the Kirov region. State natural reserve of regional significance “Bylina”: buklet Departamenta ekologii i prirodopolzovaniya Kirovskoy oblasti. Kirov: KOGBU “Oblastnoy prirodokhrannyy tsentr”, 2014. 16 p. (in Russian).

4. Ryabova E.V., Ryabov V.M. The role of protected areas in the Kirov region in the formation of ecological culture of the population // From ecological education to the ecology of the future: sbornik materialov i dokladov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po ekologicheskomu obrazovaniyu / Ed. V.A. Grachev. Moskva: Nepravitelstvennyy ekologicheskiy fond imeni V.I. Vernadskogo, 2020. P. 2362–2366 (in Russian).
5. Timina V.V., Slesareva E.V., Krysov A.A. Natural conditions and landscapes of the Bylina State Processing Plant // “Society, education, science in modern development paradigms”: sbornik trudov po materialam II Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Eds. E.P. Masyutkin, T.N. Popova. Kerch: FGBOU VO “KGMTU”, 2021. P. 117–122 [Internet resource] http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/obchshestvo_obrazovanie_nauka_v_sovremennyh_paradigmah_razvityiya2021.pdf (Accessed: 24.04.2022) (in Russian).
6. Ryabov V.M., Ashikhmina T.Ya. Faunistic characteristics and monitoring data of vertebrates in the territory of the state natural reserve “Bylina” // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 1. P. 79–84 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-079-084
7. Savinykh N.P., Perestoronina O.N., Ryabov V.M. The current state and topical problems of biodiversity conservation of the PA “Horse Bog “Chistoe” // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. No. 26-1 [Internet resource] <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-i-aktualnye-problemy-sohraneniya-bioraznobraziya-oopt-verhovoe-boloto-chistoe> (Accessed: 24.04.2022) (in Russian).
8. Russkikh I.V., Strelnikova E.B., Serebrennikova O.V., Voistinova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A. Identification of hydrocarbons in the waters of the swamps of the southern taiga of Western Siberia // Geokhimiya. 2020. V. 65. No. 4. P. 405–414 (in Russian).
9. GOST R 57164-2016. Drinking water. Methods for determining odor, taste and turbidity. Moskva: Standartinform, 2019. 23 p. (in Russian).
10. Zinoveva A.E., Durnikin D.A. Influence of the active reaction of water (pH) on the distribution of aquatic and coastal aquatic plants in water bodies in the south of the Ob-Irtysh interfluvium // Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. No. 3. P. 21–24 (in Russian).
11. RD 52.24.495-2005. Guidance document. Hydrogen index and electrical conductivity of waters. Method for performing measurements by the electrometric method. Rostov-na-Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2005. 17 p. (in Russian).
12. On the state of the environment of the Kirov region in 2021: Regional report / Ed. A.V. Albegova. Kirov: Ministerstvo okhrany okruzhayushchey sredy Kirovskoy oblasti, 2022. 220 p. [Internet resource] <https://www.kirovreg.ru/econom/ecology/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%202021.pdf> (Accessed: 30.05.2022) (in Russian).
13. Hydrochemistry handbook / Ed. A.M. Nikanorov. Leningrad: Girometeoizdat, 1989. 392 p. (in Russian).
14. RD 52.24.419-2019. Mass concentration of dissolved oxygen in waters. Measurement technique by iodometric method. Rostov-na-Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2020. 28 p. (in Russian).