

УДК 556.531.5:574.633(476.5)

**Екатерина Иосифовна Кацнельсон¹, Лилия Сергеевна Беляева²,
Валерия Васильевна Курчанова³, Янина Дмитриевна Гузова⁴**

¹ст. преподаватель каф. химии и естественнонаучного образования
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

²магистрант 1-го курса факультета химико-биологических и географических наук
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

³студент 4-го курса факультета химико-биологических и географических наук
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

⁴студентка 3-го курса факультета химико-биологических и географических наук
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

Ekateryna Katsnelson¹, Lilia Belyaeva², Valeria Kurchanova³, Yanina Guzova⁴

¹Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Natural Science Education
of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

²1-st Year Master's Student of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences
of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

³4-th Year Student of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences
of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

⁴3-d Year Student of the Faculty of Chemical, Biological and Geographical Sciences
of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

e-mail: kate_kaznelson@tut.by

ИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ ПО БИОТИЧЕСКОМУ ИНДЕКСУ

Возрастающая антропогенная нагрузка на пресные водоемы становится все более острой экологической и социальной проблемой. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы разработки достаточно простых и информативных методов биоиндикации ее воздействия на биоту водоемов, которые возможно применить в мониторинговых и серийных экологотоксикологических исследованиях. Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, которые населяют водоемы: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие, водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы. Каждая из этих групп, выступая в роли биологического индикатора, имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации. Материалы, изложенные в статье, могут являться информационной базой для экологического мониторинга водоемов Витебской области.

Ключевые слова: природные водные экосистемы, биотический индекс, процессы самоочищения воды, экологический статус, индикация природных водоемов.

Indication of Natural Water Bodies in Vitebsk Region According to the Biotic Index

Increasing anthropogenic pressure on fresh water bodies is becoming an increasingly acute environmental and social problem. In this connection the issues of development of simple and informative methods of bioindication of its impact on the biota of water bodies, which can be applied in monitoring and serial ecological and toxicological studies, are of particular relevance. Practically all groups of organisms that inhabit water bodies can be used for biological indication of water quality: planktonic and benthic invertebrates, protozoa, algae, macrophytes, bacteria and fish. Each of these groups, acting as a biological indicator, has its own advantages and disadvantages, which determine the limits of its use in solving the problems of bioindication. The materials presented in the article can be an information base for ecological monitoring of water bodies of Vitebsk region.

Key words: natural aquatic ecosystems, biotic index, water self-purification processes, ecological status, indication of natural water bodies.

Введение

Водные экосистемы представляют собой естественную водную среду, в которой живые и неживые составляющие связаны в единое функциональное целое обменом веществ и энергии, что сопровождается трансформацией веществ под взаимодействием

ряда физических, химических и биологических факторов [1]. Загрязнение водной среды, наряду с дефицитом пресной воды, является глобальной экологической проблемой. В водоемах увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях [2].

Витебская область характеризуется высокой степенью хозяйственного освоения и промышленного развития. Население области насчитывает более 1 млн человек, проживающих на площади 40 тыс. км². Город Витебск является одним из крупнейших промышленных центров Республике Беларусь. Все это в совокупности обуславливает значительное антропогенное воздействие на природные экосистемы.

Располагаясь на территории с благоприятными условиями увлажнения, Витебская область обладает хорошо развитой гидрографической сетью, представленной бассейном Западной Двины с ее многочисленными притоками, и более чем 2 000 озерами. Водные экосистемы отличаются динамичностью во времени, территориальной замкнутостью в границах водосборных объектов, отражают интегральное влияние всех происходящих в гидрографической сети и на водосборах естественных и антропогенных процессов. Являясь основными приемниками сточных вод различных категорий, водные объекты выступают индикаторами экологического состояния и позволяют судить о чрезмерном антропогенном влиянии на природную среду посредством изменения качества поверхностных и подземных вод [3].

Современные антропогенные воздействия на водные экосистемы настолько многогранны, что даже при исследовании значительного количества абиотических параметров всегда остается сомнение, что еще какие-либо факторы все же остались неучтенными. Поэтому диагностика природной среды посредством биоиндикации используется все чаще и чаще. Основным недостатком метода является то, что, адекватно отражая результат негативных воздействий в целом, биоиндикация не объясняет, какими именно факторами это обусловлено. Поэтому наиболее эффективным оказывается сочетание обоих подходов [4].

О чистоте воды природного водоема можно судить по видовому разнообразию и обилию животного населения. Показателем качества воды может служить биотический перифитонный индекс (БПИ), который определяется по количеству ключевых и сопутствующих видов беспозвоночных животных, обитающих в исследуемом водоеме. Самый высокий биотический индекс определяется числом 10, он отражает качество воды экологически чистых водоемов, вода которых содержит количество биогенных элементов и кислорода, в ней отсутствуют вредные газы и химические соединения, способные ограничить обитание беспозвоночных животных [5].

Для определения биотического индекса (таблица 1) необходимо взять пробу воды из водоема с помощью водного сачка. В исследуемой пробе определяют ключевые виды и группы сопутствующих видов.

Под группой сопутствующих видов в одних случаях понимают род, или семейство, или класс беспозвоночных, в других – каждый вид.

Существенным дополнением к биотическому индексу может стать определение численности особей ключевых видов. Чем больше число особей ключевого вида, тем экологически чище водоем. Единичные особи ключевых видов свидетельствуют об ухудшении условий жизни.

В оценку включены только виды и группы организмов, которые имеют значение для оценки качества воды.

Таблица 1 – Соответствие между типами водотоков, классами качества воды и биотическим индексом (БПИ)

Тип водотока, группа, подгруппа	Класс качества воды	Воды	БПИ
Чистые, 1.1	I	Очень чистые	10–9
Чистые – слабо загрязненные, 1.2–2.2.	II	Чистые	8–7
Умеренно загрязненные, 3	III	Умеренно загрязненные	6–5
Загрязненные, 4	IV	Загрязненные	4
Грязные, 5	V	Грязные	3–2
Очень грязные, 6	VI	Очень грязные	1–0

Цель работы – оценка состава макрозообентоза природных водоемов Витебской области в условиях различной техногенной нагрузки.

Материалы и методы исследования

Определение биотического индекса. Пробы отбирались из пяти природных источников, расположенных в различных регионах Витебской области (таблица 2) и исследовались согласно ТКП 17.13-17-2014 «Порядок отбора проб и определение гидробиологических показателей. Макрозообентос»:

- 1) порядок отбора проб макрозообентоса;
- 2) порядок разбора проб макрозообентоса;
- 3) порядок определения таксономического состава и гидробиологических показателей.

Определен индекс Майера и модифицированный биотический индекс (МБИ).

Таблица 2 – Места отбора проб

Район	Место сбора	Водоем
Витебский	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский	д. Ляды	оз. Вордовье
Ушачский	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский	а/г Башни	оз. Будовесьть
Россонский	д. Селявщина	оз. Селявское

Пробы в Россонском районе были взяты из родника «Лазарева криница», который является гидрологическим памятником природы. Данная локация характеризуется низким антропогенным влиянием, и поэтому вода этого источника принята нами за контрольный образец.

Результаты исследований и их обсуждение

Зообентос удобен при оценке общего экологического состояния водоема. В практике биоиндикационных исследований наибольшее значение получил макрозообентос, представленный организмами разного систематического положения. Для оценки качества воды нами использован метод Майера, приемлемый для любых типов водоемов. Он основан на приуроченности различных групп водных беспозвоночных к водоемам с определенным уровнем загрязненности. При этом все организмы делятся на три индикаторные группы – группы Майера.

Группа I – обитатели чистых вод. К ним относятся личинки веснянок, поденок, ручейников, вислокрылок и двустворчатые моллюски.

Группа II – обитатели умеренно загрязненных вод. К ним относятся рачки-бокоплавцы, речной рак, личинки стрекоз, комаров-долгоножек, моллюски-катушки и живородки.

Группа III – обитатели загрязненных вод. К ним относятся личинки комаров-звонцов, пиявки, водяной ослик, моллюски-прудовики, личинки мошек и малощетинковые черви.

Все организмы, обнаруженные в пробе, распределяются в соответствии с индикаторными группами Майера. Количество организмов из первой группы (обитатели чистых вод) умножают на 3, количество организмов из второй группы – на 2, из третьей – на 1. Получившиеся цифры складывают и определяют индекс Майера. Этот показатель позволяет судить о степени загрязненности водоема: если индекс Майера превышает 22 балла – водоем имеет 1-й класс качества; индекс Майера от 17 до 21 баллов – 2-й класс качества; индекс Майера от 11 до 16 баллов – 3-й класс качества; индекс Майера меньше 11 баллов – 4–7-й классы качества.

Исследования проводились в июле 2022 г. Отбор проб бентоса проводили на глубине 0,5 м от берега гидрологическим сачком. На каждом озере выбрано пять участков, на каждом участке по три площадки размером 1 м². Таким образом, на каждом озере обследовано по 15 площадок площадью 1 м² каждая.

Озеро Селявское, расположено в Россонском районе, в 3,5 км к северу от д. Янковичи. Длина береговой линии – 7,4 км. Общая ширина полосы зарастания составляет 10–200 м, надводная ширина полосы зарастания – 5–50 м. Средняя глубина озера – 3,6 м, максимальная – 3,1 м. В местах сбора зообентоса встречались песчаные и илистые грунты. В составе прибрежного зообентоса выявлены представители 11 таксономических групп: ручейники, личинки стрекоз и веснянок, двустворчатые моллюски, брюхоногие моллюски, пиявки, водяные клещи, мотыль и поденки. В таблице 3 данные представители разбиты по индикаторным группам.

Таблица 3 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании оз. Селявское

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
Ручейники, двустворчатые моллюски, личинки поденок и веснянок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, бокоплав, личинки комаров-долгоножек	Пиявки, моллюски-прудовики, личинки комаров-звонцов

Индекс Майера оз. Селявское составил 23 балла, что соответствует 1-му классу качества воды (умеренно загрязненные воды).

Озеро Будовесть расположено в Шумилинском районе, в 8 км на юго-восток от городского поселка Шумилино. Береговая линия извилистая, длиной 12,6 км, образует заливы и полуострова. Генетический тип озера – эвтрофное. Литоральная зона песчаная, встречаются участки с илистыми грунтами и зарослями макрофитов. Средняя глубина озера – 5,15 м, максимальная – 10 м. В составе зообентоса выявлены представители шести таксономических групп: брюхоногие моллюски, личинки комаров-звонцов, стрекоз, живородящая лужанка, катушка, двустворчатые моллюски, личинки жука-плавунца. В таблице 4 данные представители разбиты по индикаторным группам.

Таблица 4 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании оз. Будовесть

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
Двустворчатые моллюски	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка	Моллюски-прудовики, личинки комаров-звонцов

Индекс Майера оз. Будовесьть составил 11 баллов, что соответствует 3-му классу качества воды (умеренно загрязненные воды).

Озеро Афанасьевское, расположено в 0,1 км от д. Лесковичи. Генетический тип озера – мезотрофное. Длина береговой линии – 8,2 км. Литоральная зона илистая. Общая ширина полосы зарастания составляет 0–30 м, надводная ширина полосы зарастания – 0–15 м. Средняя глубина озера – 6,7 м, максимальная – 30,7 м. В составе зообентоса выявлены представители восемь таксономических групп: прудовик, двустворчатые моллюски, личинки стрекоз, живородящая лужанка, катушка, бокоплав, пиявки, личинки поденок. В таблице 5 данные представители разбиты по индикаторным группам.

Таблица 5 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании оз. Афанасьевское

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
Двустворчатые моллюски, личинки поденок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, бокоплав	Моллюски-прудовики, пиявки

Индекс Майера оз. Афанасьевское составил 16 баллов, что соответствует 3-му классу качества воды (умеренно загрязненные воды).

Озеро Дубровское имеет длину береговой линии 6,03 м. Средняя глубина – 2,3 м, максимальная глубина – 3,9 м. Грунты илисто-песчаные и илистые. В составе зообентоса выявлены представители семи таксономических групп: прудовик, двустворчатые моллюски, личинки стрекоз, живородящая лужанка, катушка, пиявки, личинки поденок. В таблице 6 данные представители разбиты по индикаторным группам.

Таблица 6 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании оз. Дубровское

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
Двустворчатые моллюски, личинки поденок и веснянок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, личинки комаров-долгоножек	Моллюски-прудовики, пиявки

Индекс Майера оз. Дубровское составил 19 баллов, что соответствует 2-му классу качества воды (умеренно загрязненные воды).

Зообентос р. Витьбы составили: катушка, прудовик, личинки стрекоз, комаров-звонцов. Индекс Майера – 6 баллов, что соответствует 4-му классу качества воды (грязные воды) (таблица 7).

Таблица 7 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании р. Витьба

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
–	Личинки стрекоз, катушка	Личинки комаров-звонцов, моллюски-прудовики

В ходе исследования установлено, что воды исследуемых озер относятся к 1-му, 2-му и 3-му классу качества воды (таблица 8). Минимальное количество баллов – 11 по шкале Майера – характерно для оз. Будовесьть, максимальное – 23 баллов – для оз. Селявское. Воды р. Витьбы относятся к грязным – 6 баллов по шкале Майера.

В ходе исследования установлено, что воды природных водоемов относятся к 1-му, 2-му и 3-му классу качества воды (таблицы 8, 9). Минимальное количество баллов – 11 по шкале Майера – характерно для оз. Будовесьть, максимальное – 23 балла – для оз. Селявское. Воды р. Витьбы относятся к грязным – 6 баллов по шкале Майера.

Таблица 8 – Характеристика класса качества воды в исследуемых водоемах по методу Майера

Название водоема	Балл по шкале Майера	Класс качества воды
оз. Будовесть	11	3-й (умеренно загрязненные)
оз. Селявское	23	1-й (чистые)
оз. Дубровское	19	2-й (достаточно чистые)
оз. Афанасьевское	16	3-й (умеренно загрязненные)
р. Витьба	6	4-й (грязные)

Таблица 9 – Организмы бентоса, выявленные при обследовании

Обитатели чистых вод	Обитатели умеренно загрязненных вод	Обитатели загрязненных вод
оз. Будовесть		
Двустворчатые моллюски	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка	Моллюски-прудовики, личинки комаров-звонцов
оз. Селявское		
Ручейники, двустворчатые моллюски, личинки поденок и веснянок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, бокоплав, личинки комаров-долгоножек	Пиявки, моллюски-прудовики, личинки комаров-звонцов
оз. Дубровское		
Двустворчатые моллюски, личинки поденок и веснянок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, личинки комаров-долгоножек	Моллюски-прудовики, пиявки
оз. Афанасьевское		
Двустворчатые моллюски, личинки поденок	Личинки стрекоз, катушка, живородящая лужанка, бокоплав	Моллюски-прудовики, пиявки
р. Витьба		
–	Личинки стрекоз, катушка	Личинки комаров-звонцов, моллюски-прудовики

Загрязнение водоемов происходит как естественным путем (поступают с дождевыми водами, смываются с берегов, а также образуются в процессе развития и отмирания животных и растительных организмов), так и искусственным путем (в результате хозяйственной деятельности человека).

Установлено, что исследуемые водоемы подвержены различному уровню антропогенной нагрузки (таблица 10), степень которой влияет на гидрохимические показатели, биотический индекс и, как следствие, на класс чистоты природных вод.

Наименьшей антропогенной нагрузкой характеризуется оз. Селявское Россонского р-на (0 баллов), затем уровень неблагоприятного влияния усиливается в ряду водоемов: оз. Дубровское Ушачского р-на (5 баллов), оз. Будовесть Шумилинского р-на (7 баллов), оз. Афанасьевское Дубровенского р-на (8 баллов), р. Витьба Витебского р-на (10 баллов).

Класс качества воды имеет закономерные с увеличением антропогенной нагрузки характеристики: оз. Селявское – 1-й класс (чистый водоем), оз. Дубровское – 2-й класс (достаточно чистый водоем), оз. Будовесть и оз. Афанасьевское – 3-й класс (умеренно загрязненные водоемы), р. Витьба – 4-й класс (грязный водоем).

Таблица 10 – Места отбора проб и уровень антропогенной нагрузки

Район	Место сбора	Водоем	Уровень антропогенной нагрузки (баллы)
Шумилинский	а/г Башни	оз. Будовесь	7
Россонский	д. Селявщина	оз. Селявское	0
Ушачский	д. Дубровка	оз. Дубровское	5
Дубровенский	д. Шеки	оз. Афанасьевское	8
Витебский	г. Витебск	р. Витьба	10

Примечание – максимальная антропогенная нагрузка – 14 баллов

Для выбора соответствующей модели для анализа, наиболее адекватно характеризующей отношение между биотическим индексом водоема, численностью видов и их количеством, определяющими чистоту воды и степень антропогенной нагрузки, оказываемой на озера Белорусского Поозерья, был проведен разведочный анализ.

Установлено, что для оценки состояния водоема большое значение имеет количество кислорода, растворенного в воде. Содержание кислорода в воде зависит от различных факторов. Обогащение воды кислородом происходит в результате абсорбции кислорода из атмосферы; выделения кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза; поступления в водоемы с дождевыми и снеговыми водами.

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся дыхание организмов, биохимическое и химическое окисление. Дефицит кислорода часто наблюдается в водоемах с большим содержанием загрязняющих органических веществ, а также биогенных и гумусовых веществ. В водах исследуемых водоемов содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах (от 0 до 14 мг/дм³) и зависит от сезона и суток определения. Минимальная концентрация растворенного кислорода составляет около 5 мг/дм³, в исследуемой воде не зафиксирована.

Заклучение

Возрастающее антропогенное загрязнение пресных водоемов становится все более острой экологической и социальной проблемой. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы разработки достаточно простых и информативных методов биоиндикации его воздействия на биоту водоемов, которые возможно применить в мониторинговых и серийных эколого-токсикологических исследованиях. Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющие водоемы: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие, водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы. Каждая из них, выступая в роли биологического индикатора, имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации.

Индикация пяти природных водоемов Белорусского Поозерья по биотическому индексу показала различие в их экологическом статусе. В практике биоиндикационных исследований наибольшее значение имеет макрозообентос, представленный организмами разного систематического положения. Для оценки использован метод Майера, приемлемый для любых типов водоемов. В результате исследований установлено, что воды изученных водоемов относятся к 1-му, 2-му, 3-му и 4-му классам качества воды. Минимальное количество баллов (6 по шкале Майера) характерно для реки Витьба (относится к грязным водоемам – 4-й класс), максимальное (23 балла) – для оз. Селявское (относится к чистым водоемам – 1-й класс). К достаточно чистым водоемам (2-й класс, 19 баллов) относится оз. Дубровское. К умеренно загрязненным водоемам (3-й класс) относятся озера Будовесь (11 баллов) и Афанасьевское (16 баллов).

Результаты исследования коррелируют с уровнем техногенного воздействия на изученные пять водоемов Белорусского Поозерья. Установлено, что обследованные водоемы подвержены различному уровню антропогенной нагрузки, степень которой влияет на гидрохимические показатели, биотический индекс и, как следствие, на класс чистоты природных вод. Наименьшей антропогенной нагрузке подвержено оз. Селявское (Россонский р-н) (0 баллов), затем уровень неблагоприятного влияния усиливается в ряду водоемов: оз. Дубровское (Ушачский р-н) (5 баллов), оз. Будовесь (Шумилинский р-н) (7 баллов), оз. Афанасьевское (Дубровенский р-н) (8 баллов), р. Витьба (Витебский р-н) (10 баллов).

Класс качества воды имеет закономерные в силе антропогенной нагрузке характеристики: оз. Селявское – 1-й класс (чистый водоем), оз. Дубровское – 2-й класс (достаточно чистый водоем), озера Будовесь и Афанасьевское – 3-й класс (умеренно загрязненные водоемы), р. Витьба – 4-й класс (грязный водоем).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко, Т. Д. Результаты и перспективы биоиндикационных исследований водоемов и водотоков Волжского бассейна (на примере хирономид, Diptera: Chironomidae) / Т. Д. Зинченко // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2006. – № 1. – С. 248–262.
2. Карташева, Н. В. Диагностика качества вод в реках по структурным показателям планктона / Н. В. Карташева, А. Г. Недосекин. – Самара, 2006. – С. 56.
3. Трифонова, И. С. Биоиндикация в лимнологическом мониторинге / И. С. Трифонова // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем : избр. докл. Междунар. конф., Санкт-Петербург, 23–27 окт. 2006 г. – СПб., 2007. – С. 23–28.
4. Шуйский, В. Ф. Закономерности лимитирования пресноводного макрозообентоса экологическими факторами : дис. ... д-ра биол. наук / В. Ф. Шуйский. – СПб., 1997. – 639 л.
5. Котова, Л. И. Биологический контроль качества вод / Л. И. Котова, Л. П. Рыжикова. – М. : Наука, 1989. – 240 с.
6. Биологическая и геоэкологическая оценка состояния, сохранения и использования природно-ресурсного потенциала Белорусского Поозерья / О. М. Балаева-Тихомирова [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике : материалы регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 11–12 февр. 2016 г. : в 2 т. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – Т. 1. – С. 62–69.

REFERENCES

1. Zinchienko, T. D. Riezul'taty i pierspiektivy bioindekacionnykh issliedovaniy vodojmov i vodotokov Volzhskogo bassiejna (na primierie khironomid, Diptera: Chironomidae) / T. D. Zinchienko // Izv. Samar. nauch. centra RAN. – 2006. – № 1. – S. 248–262.
2. Kartasheva, N. V. Diagnostika kachiestva vod v riekakh po strukturnym pokazatieliam planktona / N. V. Kartasheva, A. G. Niedosiekin. – Samara, 2006. – S. 56.
3. Trifonova, I. S. Bioindikacija v limnologichieskom monitoringie / I. S. Trifonova // Bioindikacija v monitoringie priesnovodnykh ekosistiem : izbr. dokl. Mizhdunar. konf., Sankt-Pietierburg, 23–27 okt. 2006 g. – SPb., 2007. – S. 23–28.
4. Shujskij, V. F. Zakonomiernosti limitirovanija priesnovodnogo makrozoobientosa ekologichieskimi faktorami : dis. ... d-ra biol. nauk / V. F. Shujskij. – SPb, 1997 – 639 l.
5. Kotova, L. I. Biologichieskij kontrol' kachiestva vod / L. I. Kotova, L. P. Ryzhikova. – M. : Nauka, 1989. – 240 s.

6. Biologichieskaja i gieoekologichieskaj ocenka sostojanija, sokhranienija i ispol'zovanija prirodno-riesurnogo potenciala Bielorussskogo Poozier'ja / O. M. Balajeva-Tikhomirova [i dr.] // Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu, ekonomikie : materialy riegion. nauch.-prakt. konf. priepodavatieliej, nauch. sotrudnikov i aspirantov, Vitiebsk, 11–12 fievr. 2016 g. : v 2 t. – Vitiebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2016. – T. 1. – S. 62–69.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 02.10.2023