
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ECOLOGY AND CONSERVANCY

УДК 574.58

БАЗА ДАННЫХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР (БЕЛАРУСЬ)

**Б. В. АДАМОВИЧ¹⁾, Т. М. МИХЕЕВА¹⁾, Р. З. КОВАЛЕВСКАЯ¹⁾,
Т. В. ЖУКОВА¹⁾, Н. В. ДУБКО¹⁾, Л. В. НИКИТИНА¹⁾,
О. А. МАКАРЕВИЧ¹⁾, Т. А. МАКАРЕВИЧ¹⁾, И. В. САВИЧ¹⁾,
Ю. К. ВЕРЕС¹⁾, И. Н. СЕЛИВОНЧИК¹⁾, Д. В. КРЮК¹⁾**

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Гидроэкологические исследования Нарочанских озер занимают особое место в системе мониторинга водных объектов. С 1978 г. сотрудники научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии и Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга биологического факультета БГУ по единой программе проводят круглогодичный мониторинг озер Нарочь, Мястро и Баторино, расположенных на северо-западе Беларуси. В статье представлено описание базы данных, составленной на основе разрозненных электронных и печатных материалов научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии и Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга в рамках выполнения серии научных проектов. База данных состоит из восьми таблиц: «Гидрохимия», «Температура и кислород», «Фитопланктон (интегральные пробы)», «Фитопланктон (вертикали)», «Зоопланктон», «Зообентос», «Бактериопланктон», «Первичная продукция». Каждая строка в базе данных имеет обязательные общие атрибуты, позволяющие совмещать значения показателей из всех таблиц по конкретному отбору проб. База данных дает возможность проводить быстрый и глубокий анализ взаимосвязей основных гидроэкологических показателей озер. Длительные ряды наблюдений, включающие большое количество параметров, позволяют изучать долговременные тенденции в изменении экосистем озер, обусловленные климатическими и антропогенными факторами.

Ключевые слова: Нарочанские озера; мониторинг; база данных; температура; гидрохимические показатели; фитопланктон; зоопланктон; бактериопланктон; макрозообентос; первичная продукция; аэробная деструкция.

Образец цитирования:

Адамович БВ, Михеева ТМ, Ковалевская РЗ, Жукова ТВ, Дубко НВ, Никитина ЛВ, Макаревич ОА, Макаревич ТА, Савич ИВ, Верес ЮК, Селивончик ИН, Крюк ДВ. База данных гидроэкологического мониторинга Нарочанских озер (Беларусь). *Экспериментальная биология и биотехнология*. 2024; 1:66–76.
EDN: OLRXIZ

For citation:

Adamovich BV, Mikheeva TM, Kovalevskaya RZ, Zhukova TV, Dubko NV, Nikitina LV, Makarevich OA, Makarevich TA, Savich IV, Veres YuK, Selivonchik IN, Kruk DV. The database of hydroecological monitoring of the Narochanskie lakes (Belarus). *Experimental Biology and Biotechnology*. 2024; 1:66–76. Russian.
EDN: OLRXIZ

Сведения об авторах см. на с. 76

Information about the authors see p. 76

Благодарность. Финансовая поддержка некоторых стадий мониторинговых наблюдений осуществлялась в рамках грантов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, Министерства образования Республики Беларусь, Российского научного фонда. Авторы выражают благодарность всем сотрудникам научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии и Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга биологического факультета БГУ, которые в разные годы участвовали в сборе и обработке материала, а также начальнику научного отдела Национального парка «Нарочанский» А. А. Новикову за помощь в создании карты водосбора Нарочанских озер.

THE DATABASE OF HYDROECOLOGICAL MONITORING OF THE NAROCHANSKIE LAKES (BELARUS)

*B. V. ADAMOVICH^a, T. M. MIKHEEVA^a, R. Z. KOVALEVSKAYA^a,
T. V. ZHUKOVA^a, N. V. DUBKO^a, L. V. NIKITINA^a, O. A. MAKAREVICH^a,
T. A. MAKAREVICH^a, I. V. SAVICH^a, Yu. K. VERES^a,
I. N. SELIVONCHIK^a, D. V. KRUK^a*

^a*Belarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus*

Corresponding author: B. V. Adamovich (belaqualab@gmail.com)

The hydroecological monitoring of the Narochanskies lakes hold a special place in the system of monitoring of water bodies. Since 1978, researchers from the laboratory of hydroecology and the Naroch Biological Station named after G. G. Vinberg of the faculty of biology of the Belarusian State University have been conducting year-round monitoring of the Naroch, Myastro and Batorino lakes located in northwestern Belarus. This paper presents a description of an hydroecological database compiled from scattered electronic and printed materials from the laboratory of hydroecology and the Naroch Biological Station named after G. G. Vinberg as part of a series of scientific projects. The database consists of eight tables: «Hydrochemistry», «Temperature and oxygen», «Phytoplankton (integrated samples)», «Phytoplankton (samples by layers)», «Zooplankton», «Zoobenthos», «Bacterioplankton», «Primary production». Each row in the database has the necessary attributes, allowing data from all tables to be combined for each specific sample collection. The database allows for a quick and in-depth analysis of the relationships between the main hydroecological parameters of the lakes. Long-term observation series with a large number of parameters make it possible to analyse long-term trends in changes of lake's ecosystems caused by climatic and anthropogenic factors.

Keywords: Narochanskies lakes; monitoring; database; temperature; hydrochemical parameters; phytoplankton; zooplankton; bacterioplankton; macrozoobenthos; primary production; aerobic decomposition.

Acknowledgements. Financial support for some stages of monitoring observations was provided through grants from the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, the Ministry of Education of the Republic of Belarus, the Russian Science Foundation. The authors thank the staff of the laboratory of hydroecology and the Naroch Biological Station named after G. G. Vinberg of the faculty of biology of the Belarusian State University who participated in the collection and processing of material in different years, as well as the head of the scientific department of the National Park «Narochansky» A. A. Novikov for assistance in creating a watershed map of the Narochanskies lakes.

Введение

Гидроэкологические исследования Нарочанских озер занимают особое место как в системе мониторинга водных объектов Беларуси, так и в водной экологии в целом. Такое особое место в огромном массиве данных о состоянии водных объектов объясняется прежде всего двумя факторами:

- длительностью проведения регулярных наблюдений;
- количеством гидробиологических показателей, включенных в программу наблюдений.

Оба этих фактора связаны с организацией на берегу оз. Нарочь в 1946 г. полевого биологического стационара – Нарочанской биологической станции БГУ. Идея создания биологической станции в университете принадлежит выдающемуся океанологу Л. А. Зенкевичу. Летом 1946 г. состоялась первая, рекогносцировочная экспедиция на Нарочанские озера с участием студентов. Для дальнейшего детального изучения были выбраны три озера – Нарочь, Мястро и Баторино. Как показали последующие исследования, выбор этих озер, объединенных в одну систему, оказался чрезвычайно удачным для изучения широкого круга фундаментальных и прикладных проблем лимнологии [1]. В 1947 г. приглашение на работу в БГУ принял выдающийся советский гидробиолог, основатель школы продукционной биологии Г. Г. Винберг. С этого времени вся история гидробиологии в Беларуси (включая мониторинг Нарочанских озер) была неразрывно связана с именем Г. Г. Винберга. В 1965 г. по его инициативе организована

научно-исследовательская лаборатория (НИЛ) гидроэкологии биологического факультета БГУ. Стоит отметить, что НИЛ гидроэкологии и Нарочанская биологическая станция (в 2006 г. ей присвоено имя Г. Г. Винберга) представляют собой единый комплекс, научными исследованиями в котором в течение многих лет (с 1967 по 2012 г.) руководил член-корреспондент НАН Беларуси А. П. Остапеня.

В 1999 г. оз. Нарочь становится ключевым элементом созданного под эгидой государства Национального парка «Нарочанский», на территории которого находятся 37 сельских населенных пунктов и 2 городских поселения с общей численностью жителей около 15 тыс. человек. В настоящее время на берегах озер располагается большое количество санаториев, пансионатов, кемпингов, агроусадб и т. п. В год Нарочанский регион посещают 100–120 тыс. туристов как из Беларуси, так и из-за рубежа. Водные объекты парка активно используются ими для занятия спортивной рыбалкой, лодочным и парусным спортом, а также других видов отдыха.

С 1978 г. по единой программе осуществляется круглогодичный мониторинг озер Нарочь, Мясстро и Баторино. Начиная с 1999 г. материалы мониторинговых наблюдений и проводимых исследований публикуются в ежегодном издании «Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино»¹. В нем отражаются современное состояние экосистем озер и наблюдаемые тенденции в его изменении. На данный момент вышло 20 выпусков издания.

При изучении и мониторинге водных экосистем можно выделить три основных блока данных, характеризующих водный объект:

- гидрологические и геоморфологические особенности водного объекта (характер подстилающих грунтов, объем водной массы, геоморфология водной чаши или русла, скорость водообмена и т. д.);
- гидрохимические и гидрофизические показатели;
- гидробиологические показатели.

Учитывая хорошую изученность геоморфологических особенностей озер Беларуси [2], а также тот факт, что изменения этих показателей во времени происходят с невысокой скоростью, можно использовать имеющиеся в литературе характеристики геоморфологии и гидрологии озер. Два других блока данных – гидробиологические показатели и гидрохимические и гидрофизические показатели – более динамичны. Кроме того, именно они отражают текущее состояние, а также тенденцию развития (включая антропогенное трансформирование) водной экосистемы.

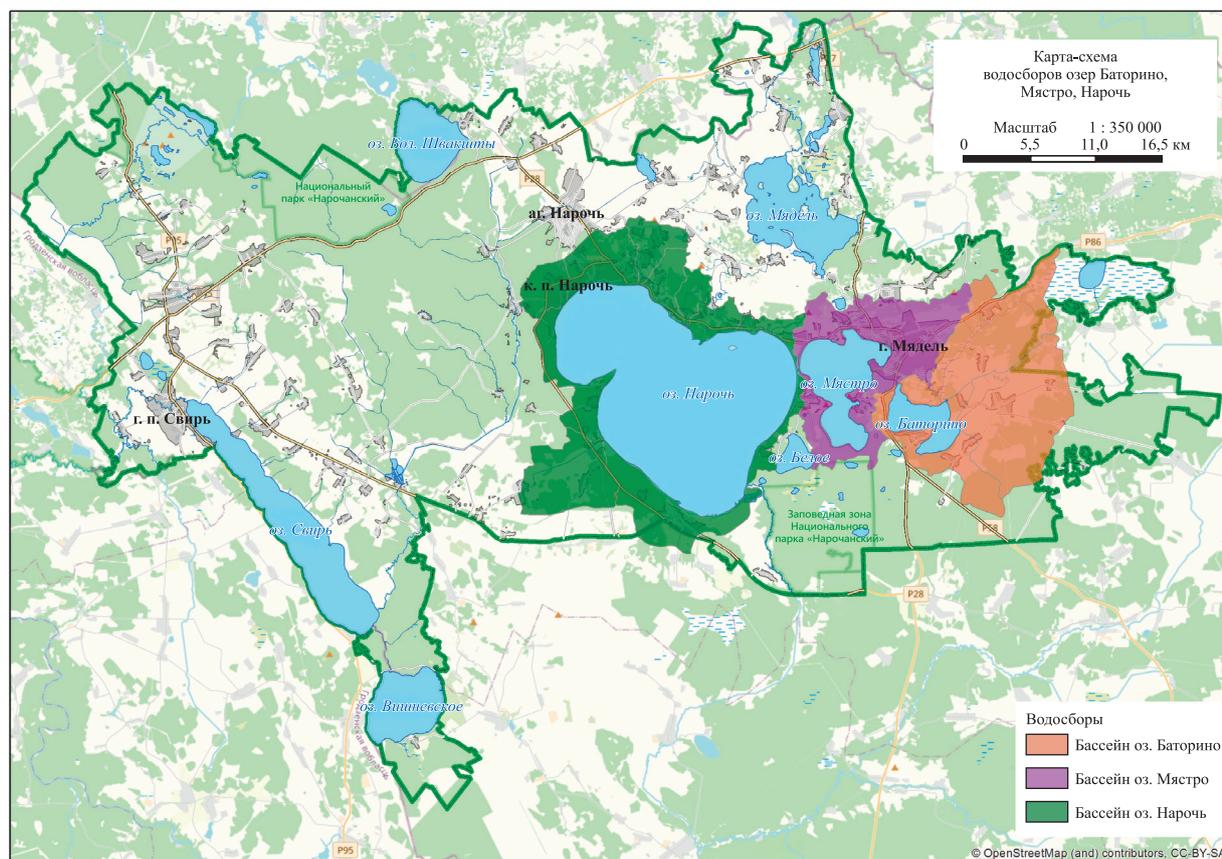
В настоящей работе представлено описание базы данных, составленной на основе разрозненных электронных и печатных материалов НИЛ гидроэкологии и Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга в рамках выполнения серии научных проектов, в том числе проекта 061/51 «Оценка гидроэкологического режима и анализ современного экологического состояния озер НП “Нарочанский”» (№ гос. регистрации 20164692), проекта 274/51 «Проведение гидроэкологических исследований в целях разработки мероприятий по устойчивому использованию биоресурсов озера Нарочь, предотвращению их деградации и повышению рекреационной привлекательности водоема» (№ гос. регистрации 20192986), проекта Б18-087 «Многолетние изменения показателей авто- и гетеротрофного бактериопланктона, их связь с трофическим статусом водного объекта и климатическими факторами» (№ гос. регистрации 20181136), проекта Б20ИЗРГ-003 «Формирование новых подходов в оценке и рациональном управлении водными социально-экологическими системами» (№ гос. регистрации 20200681), проекта Б20У-003 «Современный трофический статус водоемов и водотоков Беларуси и его связь с другими экологическими параметрами» (№ гос. регистрации 20201249), проекта 010/51 «Проведение гидроэкологических исследований в целях разработки мероприятий по устойчивому управлению рыбными ресурсами крупных хозяйственно значимых озер Нарочанского региона» (№ гос. регистрации 20220107), проекта 2.01.03 «Роль кремния в стехиометрическом балансе, формировании биологической продуктивности, трофического статуса и биоразнообразия озерных экосистем» (№ гос. регистрации 20212317), проекта 23-24-00408 «Новый подход к исследованию динамики планктонных сообществ, предполагающий непосредственное включение данных мониторинга озерной экосистемы в математическую модель» (№ гос. регистрации 123020800132-6). База регулярно пополняется новыми данными, полученными в ходе продолжающихся в настоящее время мониторинговых наблюдений.

Район исследований

Система озер Нарочь – Мясстро – Баторино расположена в Национальном парке «Нарочанский» на северо-западе Беларуси (см. рисунок). Всего на территории парка находится 48 озер, которые занимают 19 % его площади и являются структурообразующим элементом парка [3].

¹Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино / Белорус. гос. ун-т [и др.]; под общ. ред. А. П. Остапени, Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2003–2021.

Озеро Баторино – верхнее в цепочке озер – является водоприемником мелиоративных систем. Озеро Мястро – среднее в цепочке озер – связано протоками с озерами Баторино, Скрипово, Шестаково и Нарочь. Приток воды в оз. Нарочь осуществляется из оз. Мястро по р. Скеме, а также по 17 ручьям, наиболее крупными из которых являются ручей Неслучь (мелиоративный объект «Проньки») и ручьи без названия в районе деревень Антонинсберг, Симоны, Черевки. Сток из озера идет по р. Нарочи.



Расположение и водосборные территории Нарочанских озер
Location of the Narochanskies lakes and it's drainage area

Нарочанские озера отличаются по трофическому статусу [4] и ряду морфометрических показателей, основные из которых представлены в таблице.

Основные характеристики Нарочанских озер
Main characteristics of the Narochanskies lakes

Показатели	Нарочь	Мястро	Баторино
Площадь водного зеркала, км ²	79,6	13,1	6,3
Объем водной массы, млн м ³	710,4	70,0	18,7
Средняя глубина, м	8,9	5,4	3,0
Максимальная глубина, м	24,8	11,3	5,5
Длина береговой линии, км	40,0	20,2	15,0
Коэффициент изрезанности	1,27	1,88	–
Показатель глубинности	2,07	2,29	1,62
Показатель открытости	8,8	2,4	2,1
Условный водообмен	0,14	0,43	0,88
Тип перемешивания	Полимиктический		
Площадь общего водосбора, км ²	279,0	133,1	92,5

Показатели	Нарочь	Мястро	Баторино
Площадь частного водосбора без учета акватории, км ²	58,8	34,6	86,2
Структура водосбора, % от площади:			
леса и луга	55,5	25,0	25,0
болота	2,0	10,0	19,0
сельхозугодья и приусадебные участки	31,5	18,0	39,0
Отношение площади частного водосбора к площади озера	0,74	2,64	13,69
Приходная часть водного баланса, млн м ³ в год	95,58	30,28	16,43
В том числе:			
атмосферные осадки на акваторию, %	58,5	32,0	29,9
сток из верхнего озера, %	24,6	41,7	0
боковая приточность, %	8,8	18,1	70,1
приток подземных вод, %	8,1	8,2	–
Расходная часть водного баланса, млн м ³ в год	95,98	30,81	16,01
В том числе:			
речной сток, %	54,4	76,5	78,8
испарение, %	45,6	23,5	21,2
Невязка водного баланса, %	0,4	1,7	2,6
Время водообмена, лет	10,0–11,0	2,5	1,0
Трофический статус	Олигомезотрофный	Мезотрофный	Эвтрофный

Источники: [2; 3; 5–7].

Озера Нарочь, Мястро и Баторино объединены протоками в единую экосистему Нарочанских озер, которая принадлежит системе р. Нарочи (бассейн р. Неман). Площадь общего водосбора составляет около 279 км², из них на долю акваторий озер приходится 35 %. На побережье оз. Нарочь имеется 12 рекреационных учреждений с суммарным количеством отдыхающих 120–130 тыс. человек в год.

Отбор проб

Отбор проб воды проводят с помощью батометра Рутнера в глубоководной зоне на станциях постоянных наблюдений в малом (54° 53' 8,905" с. ш., 26° 43' 13,448" в. д.) и большом (54° 51' 9,867" с. ш., 26° 46' 45,725" в. д.) плесах оз. Нарочь, в оз. Мястро (54° 52' 0,464" с. ш., 26° 52' 50,951" в. д.) и оз. Баторино (54° 50' 47,016" с. ш., 26° 58' 4,313" в. д.). Пробы воды в оз. Нарочь отбирают на шести горизонтах (0,5; 3,0; 6,0; 8,0; 12,0 и 16,0 м), в оз. Мястро – на четырех горизонтах (0,5; 4,0; 7,0 и 9,0 м), в оз. Баторино – на трех горизонтах (0,5; 3,0 и 5,0 м). Для получения интегральной пробы воду со всех горизонтов смешивают. Объем воды каждого горизонта в интегральной пробе пропорционален доле, которую составляет слой в общем объеме озера в соответствии с данными батиметрии. На этих же глубинах измеряют температуру воды. Отбор проб проводят 1–3 раза в месяц во время вегетационного сезона. В зависимости от погодных условий первый отбор проб выполняют в апреле или мае, последний – в октябре или ноябре. Также регулярно проводят отбор воды со льда в зимний период.

Работа с данными

Первичные данные из полевых дневников и лабораторных журналов, внесенные в различные варианты цифровых документов (*Microsoft Excel, Word, Access*), были унифицированы и сведены в таблицы формата CSV. Данные, имеющиеся только на бумажных носителях, были предварительно оцифрованы и также внесены в общую базу. Унификацию данных проводили в программной среде R [8] с помощью базовых пакетов, а также пакетов *reshape2, doBy* и *dplyr*.

Характеристика базы данных и методика лабораторного анализа проб

База данных гидроэкологического мониторинга Нарочанских озер состоит из восьми таблиц, которым присвоены следующие названия: «Гидрохимия», «Температура и кислород», «Фитопланктон (интегральные пробы)», «Фитопланктон (вертикали)», «Зоопланктон», «Зообентос», «Бактериопланктон»,

«Первичная продукция». Каждая строка в базе данных, помимо описанных ниже атрибутов, уникальных для каждой таблицы, имеет обязательные общие атрибуты (дата, озеро и станция отбора пробы), что позволяет совмещать данные из всех таблиц по конкретному отбору проб.

Таблица «Гидрохимия». Каждая строка в таблице соответствует отдельному отбору проб и имеет следующие атрибуты: 1) прозрачность по диску Секки (SD), м; 2) содержание взвешенного вещества (сестона (S)), мг/л, на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм; 3) содержание сестона, мг/л, на фильтрах с диаметром пор 0,4 мкм; 4) содержание золы, %, в сестоне на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм; 5) биохимическое потребление кислорода за 1 сут (БПК₁), мг/л; 5) биохимическое потребление кислорода за 5 сут (БПК₅), мг/л; 6) содержание общего органического углерода, мг/л; 7) содержание растворенного органического углерода, мг/л; 8) содержание взвешенного органического углерода, мг/л; 9) содержание общего азота, мг/л; 10) содержание суммарного минерального азота, мг/л; 10) содержание аммонийного азота, мг/л; 11) содержание нитратного азота, мг/л; 12) содержание нитритного азота, мг/л; 13) содержание общего фосфора, мг/л; 14) содержание фосфора фосфатов, мг/л; 15) содержание хлорофилла *a*, мкг/л, на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм; 16) содержание хлорофилла *a*, мкг/л, на фильтрах с диаметром пор 0,4 мкм; 17) значение водородного показателя (рН); 18) электропроводность, мкСм/см; 19) содержание растворенного кремния, мг/л.

Прозрачность воды определяют по белому диску Секки диаметром 30 см. Содержание взвешенного вещества измеряют гравиметрическим методом на мембранных фильтрах. На этих же фильтрах во взвеси определяют содержание хлорофилла *a* без поправки на присутствие феопигментов. Анализ проводят спектрофотометрическим методом с экстракцией пигментов в 90 % ацетоне [9; 10]. Зольность устанавливают по потере массы при прокаливании фильтров при температуре 600 °С. Скорость биохимического потребления кислорода определяют по убыли растворенного в воде кислорода при инкубации озерной воды в темноте при температуре 20 °С. Общее содержание органического углерода измеряют методом бихроматной окисляемости выпаренных на водяной бане проб воды с применением пересчетного коэффициента на углерод, равного 0,375 [11; 12]. Растворенную фракцию органического углерода определяют в фильтрованной воде (используется фильтрат от мембранных фильтров с диаметром пор 1,5 мкм). Взвешенный органический углерод рассчитывают по зольности сестона, принимая, что содержание углерода в органическом веществе составляет 50 % [13]. В случае определения только одной фракции органического углерода вторую фракцию рассчитывают как разницу между его общим содержанием и другой фракцией. Общее содержание азота измеряют после минерализации нефильтрованной воды по методу Кьельдаля или окисления проб с персульфатом калия в автоклаве. Минеральные формы азота определяют в фильтрованной воде фотоколориметрическими методами (аммонийный азот с реактивом Несслера, нитратный азот с салицилатом натрия либо реактивом Грисса после восстановления на медно-кадмиевой колонке, нитритный азот с реактивом Грисса). Общее содержание фосфора измеряют после минерализации нефильтрованной воды с персульфатом калия в кислой среде на водяной бане. Содержание фосфора фосфатов определяют со смешанным молибденовым реактивом и аскорбиновой кислотой в качестве восстановителя [14–16]. Активную реакцию среды (показатель рН) и электропроводность измеряют иономером и кондуктометром. Содержание растворенного кремния определяют методом, основанным на образовании желтого кремнемолибденового комплекса при взаимодействии молибденовокислого аммония и растворенных кремниевых соединений в кислой среде [17]. Данные о содержании взвешенного вещества и хлорофилла *a* в воде добавлены в таблицу «Гидрохимия», несмотря на то что эти показатели, по сути, являются гидробиологическими. Однако при их определении применяются инструментальные методики, и, следовательно, эти данные хорошо вписываются в таблицу гидрохимических показателей.

В таблице приводятся результаты анализа интегральных проб (см. раздел «Отбор проб»). В ней присутствуют отдельные данные с 1948 г., однако основной массив наблюдений представлен данными с 1978 г. С этого года проводятся регулярные (не реже 1 раза в месяц) наблюдения в течение вегетационного сезона (май – октябрь) и в подледный период. В отдельные годы присутствуют данные за другие месяцы. В данных есть незначительные промежутки, если по каким-либо причинам отбор или обработка проб не были проведены. Данные о содержании сестона на фильтрах с диаметром пор 0,4 мкм имеются с 2010 г., данные об электропроводности – с 2008 г. Данные о содержании в воде кремния впервые были внесены в базу в 2020 г.

Таблица «Температура и кислород». Каждая строка в таблице соответствует отдельному отбору проб. В таблице имеются следующие атрибуты: 1) температура воды, °С; 2) содержание кислорода, мг/л; 3) насыщение воды кислородом, %.

Температуру воды измеряют с использованием глубоководного термометра. Содержание растворенного в воде кислорода определяют методом Винклера [14; 15] либо с помощью оптического оксиметра

Orion Star (*Thermo Scientific*, США). Насыщение воды кислородом рассчитывают исходя из его концентрации и температуры воды. В таблицу включен атрибут глубины, так как температуру воды и содержание кислорода измеряют отдельно на каждом горизонте.

В таблице присутствуют данные с 1955 г. Начиная с 1978 г. проводятся регулярные наблюдения в течение вегетационного сезона и в подледный период. В данных имеются незначительные промежутки, если по каким-либо причинам отбор или обработка проб не были проведены.

Таблица «Фитопланктон (интегральные пробы)». Каждая строка в таблице представляет собой регистрацию вида (или таксона, до которого удалось определить представителя фитопланктона). В таблице имеются следующие атрибуты: 1) название вида; 2) вес одной клетки, 10^{-10} г; 3) длина, ширина и высота клетки, мкм; 4) отдел водорослей в соответствии с систематикой, представленной в издании «Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог» [18]; 5) численность клеток вида в пробе, млн/л; 6) численность организмов вида в пробе, млн/л; 7) биомасса вида в пробе, мг/л; 8) общая численность клеток фитопланктона в пробе, млн/л; 9) общая численность организмов фитопланктона в пробе, млн/л; 10) общая биомасса фитопланктона в пробе, мг/л; 11) вклад вида в общую численность клеток фитопланктона в пробе, %; 12) вклад вида в общую численность организмов фитопланктона в пробе, %; 13) вклад вида в общую биомассу фитопланктона в пробе, %.

Фиксацию проб фитопланктона проводят раствором Утермеля в модификации Михеевой [19]. В лабораторных условиях пробы отстаивают в затемненном месте не менее 7 сут. Затем их концентрируют до 100–150 мл, аккуратно сливая верхний слой с использованием резинового сифона, затынутого на конце двухслойным мельничным шелковым ситом со стороной ячеи 55–60 мкм, и переливают в планктонные склянки, в которых продолжают отстаивание в течение 2–3 сут. После этого с помощью медицинского шприца с тонкой виниловой трубкой на конце отсасывают воду, доводя объем пробы до 15–30 мл (в зависимости от густоты осадка). Качественный и количественный анализ фитопланктонных проб проводят с применением светового микроскопа. Для подсчета мелких представителей фитопланктона используют камеру Фукса – Розенталя объемом 3,2 мм³. Подсчет крупных представителей фитопланктона (роды *Ceratium*, *Asterionella*, *Melosira*, *Aulacoseira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Microcystis*, *Coelosphaerium*, *Anabaena* и др.) проводят в камере объемом 1 мл. Такие крупные колониальные организмы, как *Gloeotrichia echinulata* и *Volvox*, считают в камере Богорова, просматривая весь объем сконцентрированной пробы. Оценку биомассы организмов проводят методом истинных объемов [20], приравнивая клетку или организм к определенным геометрическим фигурам [18; 21]. Размеры клеток и организмов измеряют под микроскопом с помощью окуляр-микрометра. Удельный вес клеток принимают равным единице. Биомасса приводится в расчете на сырое вещество. Общую биомассу фитопланктона находят суммированием биомасс отдельных представителей. Общая численность клеток включает численность одноклеточных водорослей, клеток в нитях и колониях, а общая численность организмов – численность одноклеточных и многоклеточных водорослей.

В таблице присутствуют данные с 1978 г. С этого года проводятся регулярные (не реже 1 раза в месяц) наблюдения в течение вегетационного сезона (май – октябрь) и в подледный период. В отдельные годы имеются данные за другие месяцы. В данных есть промежутки (до нескольких лет), когда отбор или обработка проб не были проведены.

Таблица «Фитопланктон (вертикали)». Строки имеют такие же атрибуты, как и в предыдущей таблице. Методика обработки проб также идентична. Помимо этого, в таблицу включен атрибут глубины, на которой была отобрана проба фитопланктона. В таблице присутствуют данные для оз. Нарочь с 1977 г. за отдельные месяцы или целый вегетационный сезон и некоторые зимние месяцы. Для оз. Мястро имеются данные за 3 года, для оз. Баторино – за 1 год.

Таблица «Зоопланктон». Каждая строка в таблице соответствует отдельному отбору проб. В таблице имеются следующие атрибуты: 1) численность зоопланктона в пробе, экз./л; 2) биомасса зоопланктона в пробе, мг/л; 3) численность ветвистоусых ракообразных в пробе, экз./л; 4) биомасса ветвистоусых ракообразных в пробе, мг/л; 5) численность веслоногих ракообразных в пробе, экз./л; 6) биомасса веслоногих ракообразных в пробе, мг/л; 7) численность коловраток в пробе, экз./л; 8) биомасса коловраток в пробе, мг/л.

Воду объемом 10 л процеживают через планктонную сеть Апштейна со стороной ячейки 64 мкм. Полученный осадок объемом 100–150 мл сливают в пластиковые бутылки, фиксируют в 4 % растворе формалина и отстаивают не менее 10 сут. С использованием сифона, затынутого синтетическим ситом со стороной ячеи 55 мкм, декантируют верхний слой, не взмучивая осадок, и доводят объем пробы до 10–20 мл (в зависимости от обилия организмов в пробе). Далее пробу тщательно перемешивают, после чего с помощью пипет-дозатора отбирают 1–2 мл, переносят на счетную пластинку или в чашку Петри с нанесенным на дно рисунком в виде счетной сетки и проводят качественный и количественный анализ с применением микроскопа. Оставшуюся часть пробы переносят в чашку Петри и просматривают для учета редких видов. При малой концентрации зоопланктона подсчитывают и определяют всех организмов в пробе. Размеры организмов измеряют с помощью окуляр-микрометра. Массу тела рачков

определяют расчетным методом в соответствии со степенными уравнениями зависимости массы тела от его длины. Массу коловраток находят, приравнявая форму их тела к определенным геометрическим фигурам [22; 23]. Удельный вес представителей зоопланктона принимают равным единице. Общую биомассу зоопланктона вычисляют суммированием биомасс отдельных представителей.

В таблице присутствуют данные по всем атрибутам начиная с 1980 г. с небольшими пробелами. Также для всех озер имеются среднесезонные (май – октябрь) данные о численности зоопланктона и (или) его групп для отдельных лет с 1947 по 1979 г.

Таблица «Зообентос». Каждая строка в таблице представляет собой регистрацию вида (или таксона, до которого удалось определить представителя зообентоса). В таблице имеются следующие атрибуты: 1) параметр, обозначающий единицу измерения (N – численность или B – биомасса); 2) изобата глубин, на которых была отобрана проба; 3) таксономическая группа макрозообентоса; 4) жизненная стадия организма; 5) трофическая принадлежность (хищный или нехищный); 6) название вида; 7) численность, экз./м², или биомасса, г/м², вида; 8) численность, экз./м², или биомасса, г/м², макрозообентоса в пробе; 9) площадь под изобатой, где отобрана проба, км²; 10) площадь дна озера, км²; 10) средневзвешенная численность, экз./м², или биомасса, г/м², вида в озере с учетом относительной площади изобат; 11) средневзвешенная численность, экз./м², или биомасса, г/м², макрозообентоса в озере с учетом относительной площади изобат.

Пробы макрозообентоса отбирают 2–4 раза в год с июня по октябрь в каждом озере с глубоких участков по трансектам, пересекающим литоральную и глубоководную зоны перпендикулярно берегу. В оз. Нарочь отбор проводят на глубине от 1 до 16 м, в оз. Мястро – от 1 до 10 м, а в оз. Баторино – от 1 до 5 м. В озерах Нарочь (9 станций) и Мястро (6 станций) образцы собирают через каждые 2 м глубины, а в оз. Баторино (6 станций) – через каждый 1 м. Пробы отбирают с использованием дночерпателя Петерсена на твердых грунтах и дночерпателя Экмана – Берджа в модификации Боруцкого на мягких грунтах (площадь захвата 0,025 м²). Образцы грунта пропускают через сито с размером ячеек 265 мкм. К макрозообентосу относят животных размером 2 мм и более. Все собранные организмы фиксируют в 10 % растворе формалина.

В лаборатории организмы идентифицируют до самого низкого таксономического уровня (обычно до вида, рода или семейства). Массу определяют после высушивания на фильтровальной бумаге с точностью до 0,0001 г через 3 мес. после фиксации [24]. Личинки крупных форм ручейников взвешивают без панцирей, моллюсков размером менее 10 мм – без вскрытия или прокалывания раковин. Крупных моллюсков, включая дрейсену, учитывают отдельно.

В таблице присутствуют данные по всем атрибутам с 1997 г. Кроме того, в ней имеются данные о средней за сезон численности и биомассе зообентоса для отдельных лет с 1947 по 1992 г.

Таблица «Бактериопланктон». Строка в таблице содержит результаты одного наблюдения показателей бактериопланктонного сообщества. Помимо общих атрибутов, в таблице имеются следующие атрибуты: 1) численность свободноживущих бактерий, млн клеток в 1 мл; 2) биомасса свободноживущих бактерий, мкг/мл.

Для количественного учета бактериопланктона используют мембранные фильтры с диаметром пор 0,2 мкм. Для гашения собственной люминесценции фильтры помещают в раствор судана черного Б на 12–24 ч (и более), после чего промывают дистиллированной водой и высушивают. Бактерии окрашивают с использованием акридинового оранжевого [25]. С 2008 г. применяют автоматический анализ изображения для подсчета числа клеток. Пробу воды объемом 1 мл отстаивают с 0,1 % акридиновым оранжевым 1 мин. Затем пробу фильтруют через окрашенный суданом черным Б мембранный фильтр под умеренным вакуумом (не допускающим разрушения клеток). Фильтры с осажденными на них бактериями помещают на предметное стекло с вазелиновым маслом и обрабатывают с применением метода эпифлуоресцентной микроскопии. Плотность и размеры бактериальных клеток измеряют с использованием программного обеспечения *Image-Pro Plus*. Изображения получают с помощью камеры AxioCam MRc (*Carl Zeiss*, Германия), установленной на микроскоп Axiovert-25 (*Carl Zeiss*) с осветителем HBO-50 (*Carl Zeiss*) для возбуждения флуоресценции при увеличении $\times 1600$. Пороговое значение размера бактериальной клетки для измерения составляет 0,06 мкм². Случайным образом отбирают до 20 изображений. Все изображения предварительно просматривают, чтобы исключить содержание артефактов. Индивидуальный объем бактериальной клетки рассчитывают исходя из параметров клетки (длина, ширина и т. д.) [26].

В таблице присутствуют ежемесячные данные с 1995 г. Кроме того, в ней имеются данные о средней за сезон численности бактерий для отдельных лет с 1956 по 1994 г.

Таблица «Первичная продукция». Строка в таблице содержит результаты измерения продукционно-деструкционных процессов на определенной глубине в столбе воды. Помимо общих атрибутов, в таблице имеются следующие атрибуты: 1) даты постановки и окончания опыта; 2) валовая первичная продукция

планктона, мг O₂ на 1 л в сутки; 3) аэробная деструкция планктона, мг O₂ на 1 л в сутки; 4) чистая продукция планктона, мг O₂ на 1 л в сутки, представляющая собой разницу между валовой первичной продукцией и аэробной деструкцией; 5) слой воды (глубина), в котором проведены измерения, м; 6) объем этого слоя в озере, млн м³; 7) объем воды в озере, млн м³.

Измерение уровня валовой первичной продукции и аэробной деструкции планктона проводили в пелагических зонах озер в течение вегетационного сезона (май – октябрь). Продукционные показатели в оз. Нарочь измеряли на станции глубиной 16 м, в оз. Мястро – на станции глубиной 9 м, в оз. Баторино – на станции глубиной 5 м. Для определения первичной продукции и деструкции планктона применяли скляночный метод в кислородной модификации [11; 27]. По две параллельных светлых и затемненных склянки объемом 150 мл заполняли водой и устанавливали на различных глубинах от поверхности до придонного слоя на 1–2 сут.

В таблице присутствуют ежемесячные данные для оз. Нарочь за 1995–2018 гг. и для озер Мястро и Баторино за 2013 г., а также данные за отдельные месяцы с 1970 по 1980 г.

Формирование электронной базы данных основных гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических показателей, отражающих состояние озерных экосистем, позволяет проводить оценку их текущего состояния, а также вариантов дальнейшего развития экосистем в целях сохранения уникальных черт и природного богатства водоемов Национального парка «Нарочанский». В настоящее время по такой же схеме идет составление баз данных для других озер Нарочанского региона (Свирь, Вишневское, Мядель, Большие Швакшты, Малые Швакшты, Белое, Ходосы, Рудаково). В том случае, если пробы в озерах отбирались на отдельных горизонтах, в таблице присутствуют коэффициенты, с помощью которых можно пересчитать показатели для интегральной пробы.

База данных размещена на рабочих компьютерах НИЛ гидроэкологии (г. Минск) и Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга (к. п. Нарочь) биологического факультета БГУ и доступна научным сотрудникам этих подразделений, что позволяет им анализировать многолетние ряды наблюдений. Доступ к данным также может быть предоставлен коллегам из других организаций при проведении совместных исследований.

Заключение

База данных гидроэкологического мониторинга Нарочанских озер позволяет проводить быстрый и глубокий анализ взаимосвязей основных гидроэкологических показателей озер с использованием различного статистического и математического инструментария. Длительные ряды наблюдений, включающие большое количество параметров, делают возможным изучение долговременных тенденций в изменении экосистем озер, обусловленных климатическими и антропогенными факторами.

Библиографические ссылки

1. Макаревич ТА, Жукова ТВ, Ковалевская РЗ, Михеева ТМ. Нарочанская биологическая станция в истории гидробиологии и судьбах гидробиологов. *Историко-биологические исследования*. 2022;14(1):87–109. DOI: 10.24412/2076-8176-2022-1-87-109.
2. Власов БП, Якушко ОФ, Гигевич ГС, Рачевский АН, Логинова ЕВ. *Озера Беларуси*. Минск: Минсктиппроект; 2004. 284 с.
3. Аронов АГ, Аронова ТИ, Власов БП, Ежова ОС, Жукова ТВ, Ковалевская РЗ и др. *Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский»*. Люштык ВС, Жукова ТВ, редакторы. Минск: Рифтур принт; 2012. 128 с.
4. Adamovich BV, Zhukova TV, Mikheeva TM, Kovalevskaya RZ, Luk'yanova EV. Long-term variations of the trophic state index in the Narochansk lakes and its relation with the major hydroecological parameters. *Water Resources*. 2016;43(5):809–817. DOI: 10.1134/s009780781605002x.
5. Остапеня АП, Ковалев АА, Жукова ТВ, Михеева ТМ, Бабицкий ВА, Крючкова НМ и др. *Экологический паспорт озера Нарочь*. Минск: Экомир-пресс; 1993. 95 с.
6. Остапеня АП, Ковалев АА, Михеева ТМ, Бабицкий ВА, Жукова ТВ, Крючкова НМ и др. *Экологический паспорт озера Мястро*. Минск: Экомир-пресс; 1994. 44 с.
7. Остапеня АП, Ковалевская РЗ, Михеева ТМ, Бабицкий ВА, Жукова ТВ, Крючкова НМ и др. *Экологический паспорт озера Баторино*. Минск: Экомир-пресс; 1994. 43 с.
8. R Core Team. *R: a language and environment for statistical computing* [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2020 [cited 2020 October 22]. Available from: <https://www.r-project.org/>.
9. Determination of photosynthetic pigments: report of SCOR-UNESCO working group No. 17 which met from 4 to 6 June 1964, UNESCO, Paris. In: *Determination of photosynthetic pigments in sea-water*. Paris: UNESCO; 1966. p. 9–18 (Monographs on oceanographic methodology; volume 1).
10. Kovalevskaya RZ, Zhukava NA, Adamovich BV. Modification of the method of spectrophotometric determination of chlorophyll *a* in the suspended matter of water bodies. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2020;87(1):72–78. DOI: 10.1007/s10812-020-00965-9.
11. Винберг ГГ. *Первичная продукция водоемов*. Турбин НВ, редактор. Минск: Издательство Академии наук БССР; 1960. 329 с.
12. Остапеня АП. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления. *Доклады Академии наук Белорусской ССР*. 1965;9(4):273–276. EDN: QAIAUN.

13. Винберг ГГ, редактор. *Экологическая система Нарочанских озер*. Минск: Издательство «Университетское»; 1985. 302 с.
14. Лурье ЮЮ, редактор. *Унифицированные методы анализа вод*. 2-е издание. Москва: Химия; 1973. 376 с.
15. Семенов АД, редактор. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1977. 541 с.
16. Романкевич ЕА, редактор. *Методы исследования органического вещества в океане*. Москва: Наука; 1980. 343 с.
17. Grasshoff K, Kremling K, Ehrhardt M, editors. *Methods of seawater analysis*. 3rd edition. Weinheim: Wiley-VCH; 1999. XXXII, 600 p. DOI: 10.1002/9783527613984.
18. Михеева ТМ. *Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог*. Минск: Издательство БГУ; 1999. 396 с.
19. Михеева ТМ. Методы количественного учета нанофитопланктона (обзор). *Гидробиологический журнал*. 1989;25(4): 3–21. EDN: ZILLOH.
20. Киселев ИА. *Планктон морей и континентальных водоемов. Том 1, Вводные и общие вопросы планктологии = Plankton of the seas and continental waters. Volume 1, Introductory and general problems of the planktology*. Ленинград: Наука; 1969. 658 с.
21. Hillebrand H, Dürselen C-D, Kirschtel D, Pollinger U, Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*. 1999;35(2):403–424. DOI: 10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x.
22. Балушкина ЕВ, Винберг ГГ. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных. В: Винберг ГГ, редактор. *Общие основы изучения водных экосистем*. Ленинград: Наука; 1979. с. 169–172.
23. Кононова ОН, Фефилова ЕБ. *Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона европейского севера России*. Татаринов АГ, редактор. Сыктывкар: [б. и.]; 2018. 152 с.
24. Винберг ГГ, редактор. *Методы определения продукции водных животных*. Минск: Вышэйшая школа; 1968. 245 с.
25. Hobbie JE, Daley RJ, Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*. 1977;33(5):1225–1228. DOI: 10.1128/aem.33.5.1225-1228.1977.
26. Massana R, Murray AE, Preston CM, DeLong EF. Vertical distribution and phylogenetic characterization of marine planktonic Archaea in the Santa Barbara Channel. *Applied and Environmental Microbiology*. 1997;63(1):50–56. DOI: 10.1128/aem.63.1.50-56.1997.
27. Алимов АФ. *Введение в продукционную гидробиологию*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1989. 152 с.

References

1. Makarevich TA, Zhukova TV, Kovalevskaya RZ, Mikheyeva TM. Naroch biological station in the history of hydrobiology and in the fates of hydrobiologists. *Studies in the History of Biology*. 2022;14(1):87–109. Russian. DOI: 10.24412/2076-8176-2022-1-87-109.
2. Vlasov BP, Yakushko OF, Gigevich GS, Rachevskii AN, Loginova EV. *Ozera Belarusi [Lakes of Belarus]*. Minsk: Minsktip-proekt; 2004. 284 p. Russian.
3. Aronov AG, Aronova TI, Vlasov BP, Ezhova OS, Zhukova TV, Kovalevskaya RZ, et al. *Vodnye resursy Natsional'nogo parka «Narochanskii» [Water resources of the National Park «Narochansky»]*. Lyushtyk VS, Zhukova TV, editors. Minsk: Riftur print; 2012. 128 p. Russian.
4. Adamovich BV, Zhukova TV, Mikheeva TM, Kovalevskaya RZ, Luk'yanova EV. Long-term variations of the trophic state index in the Narochansk lakes and its relation with the major hydroecological parameters. *Water Resources*. 2016;43(5):809–817. DOI: 10.1134/s009780781605002x.
5. Ostapenya AP, Kovalev AA, Zhukova TV, Mikheeva TM, Babitskii VA, Kryuchkova NM, et al. *Ekologicheskii pasport ozera Naroch' [Ecological passport of Naroch Lake]*. Minsk: Ekomir-press; 1993. 95 p. Russian.
6. Ostapenya AP, Kovalev AA, Mikheeva TM, Babitskii VA, Zhukova TV, Kryuchkova NM, et al. *Ekologicheskii pasport ozera Myastro [Ecological passport of Myastro Lake]*. Minsk: Ekomir-press; 1994. 44 p. Russian.
7. Ostapenya AP, Kovalevskaya RZ, Mikheeva TM, Babitskii VA, Zhukova TV, Kryuchkova NM, et al. *Ekologicheskii pasport ozera Batorino [Ecological passport of Batorino Lake]*. Minsk: Ekomir-press; 1994. 43 p. Russian.
8. R Core Team. *R: a language and environment for statistical computing [Internet]*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2020 [cited 2020 October 22]. Available from: <https://www.r-project.org/>.
9. Determination of photosynthetic pigments: report of SCOR-UNESCO working group No. 17 which met from 4 to 6 June 1964, UNESCO, Paris. In: *Determination of photosynthetic pigments in sea-water*. Paris: UNESCO; 1966. p. 9–18 (Monographs on oceanographic methodology; volume 1).
10. Kovalevskaya RZ, Zhukava HA, Adamovich BV. Modification of the method of spectrophotometric determination of chlorophyll *a* in the suspended matter of water bodies. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2020;87(1):72–78. DOI: 10.1007/s10812-020-00965-9.
11. Vinberg GG. *Pervichnaya produktsiya vodoemov [Primary production of reservoirs]*. Turbin NV, editor. Minsk: Izdatel'stvo Akademii nauk BSSR; 1960. 329 p. Russian.
12. Ostapenya AP. [Completeness of oxidation of an organic substance of aqueous invertebrates by the bichromated oxidation method]. *Doklady Akademii nauk Belorusskoi SSR*. 1965;9(4):273–276. Russian. EDN: QAIAUN.
13. Vinberg GG, editor. *Ekologicheskaya sistema Narochanskikh ozer [Ecological system of the Narochansk lakes]*. Minsk: Izdatel'stvo «Universitetskoe»; 1985. 302 p. Russian.
14. Lur'e YuYu, editor. *Unifitsirovannyye metody analiza vod [Unified methods of water analysis]*. 2nd edition. Moscow: Khimiya; 1973. 376 p. Russian.
15. Semenov AD, editor. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi [Guide to the chemical analysis of surface waters of land]*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1977. 541 p. Russian.
16. Романкевич ЕА, редактор. *Методы исследования органического вещества в океане [Methods for studying organic matter in the ocean]*. Moscow: Nauka; 1980. 343 p. Russian.
17. Grasshoff K, Kremling K, Ehrhardt M, editors. *Methods of seawater analysis*. 3rd edition. Weinheim: Wiley-VCH; 1999. XXXII, 600 p. DOI: 10.1002/9783527613984.
18. Михеева ТМ. *Al'goflora Belarusi. Taksonomicheskii katalog [Algal flora of Belarus. Taxonomic catalogue]*. Minsk: Publishing House of the Belarusian State University; 1999. 396 p. Russian.
19. Михеева ТМ. [Methods for quantitative accounting of nanophytoplankton (review)]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*. 1989;25(4): 3–21. Russian. EDN: ZILLOH.
20. Kiselev IA. *Plankton of the seas and continental waters. Volume 1, Introductory and general problems of the planktology*. Ленинград: Наука; 1969. 658 p. Russian.

21. Hillebrand H, Dürselen C-D, Kirschtel D, Pollinger U, Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*. 1999;35(2):403–424. DOI: 10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x.
22. Balushkina EV, Vinberg GG. [The relationship between mass and body length in planktonic animals]. In: Vinberg GG, editor. *Obshchie osnovy izucheniya vodnykh ekosistem* [General principles of studying aquatic ecosystems]. Leningrad: Nauka; 1979. p. 169–172. Russian.
23. Kononova ON, Fefilova EB. *Metodicheskoe rukovodstvo po opredeleniyu razmerno-vesovykh kharakteristik organizmov zooplanktona evropeiskogo severa Rossii* [Methodological guideline for the determination of dimensional and weight characteristics of zooplankton organisms in the European north of Russia]. Tatarinov AG, editor. Syktyvkar: [s. n.]; 2018. 152 p. Russian.
24. Vinberg GG, editor. *Metody opredeleniya produktivnosti vodnykh zhivotnykh* [Methods for determining the production of aquatic animals]. Minsk: Vyshhejschaja shkola; 1968. 245 p. Russian.
25. Hobbie JE, Daley RJ, Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*. 1977;33(5):1225–1228. DOI: 10.1128/aem.33.5.1225-1228.1977.
26. Massana R, Murray AE, Preston CM, DeLong EF. Vertical distribution and phylogenetic characterization of marine planktonic Archaea in the Santa Barbara Channel. *Applied and Environmental Microbiology*. 1997;63(1):50–56. DOI: 10.1128/aem.63.1.50-56.1997.
27. Alimov AF. *Vvedenie v produkcionnyy gidrobiologiyu* [Introduction to production hydrobiology]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1989. 152 p. Russian.

Получена 31.10.2023 / исправлена 12.12.2023 / принята 13.12.2023.
Received 31.10.2023 / revised 12.12.2023 / accepted 13.12.2023.

Авторы:

Борис Владиславович Адамович – кандидат биологических наук, доцент; заведующий научно-исследовательской лабораторией гидроэкологии биологического факультета.

Тамара Михайловна Михеева – доктор биологических наук, профессор; главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Раиса Зеноновна Ковалевская – старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Татьяна Васильевна Жукова – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Наталья Владимировна Дубко – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Людмила Владимировна Никитина – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Олег Анатольевич Макаревич – старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Тамара Александровна Макаревич – кандидат биологических наук; доцент кафедры общей экологии и методики преподавания биологии биологического факультета.

Ирина Васильевна Савич – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Юлия Константиновна Верес – кандидат биологических наук; начальник Нарочанской биологической станции имени Г. Г. Винберга биологического факультета.

Ирина Николаевна Селивончик – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Дарья Вячеславовна Крюк – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета.

Authors:

Boris V. Adamovich, PhD (biology), docent; head of the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

belaqualab@gmail.com

Tamara M. Mikheeva, doctor of science (biology), full professor; chief researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Raisa Z. Kovalevskaya, senior researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Tatiana V. Zhukova, doctor of science (biology); leading researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Natalia V. Dubko, researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Ludmila V. Nikitina, researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Oleg A. Makarevich, senior researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Tamara A. Makarevich, PhD (biology); associate professor at the department of general ecology and methods of teaching biology, faculty of biology.

Iryna V. Savich, researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Yulia K. Veres, PhD (biology); head of the Naroch Biological Station named after G. G. Vinberg, faculty of biology.

Iryna N. Selivonchik, researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.

Daria V. Kruk, junior researcher at the laboratory of hydroecology, faculty of biology.