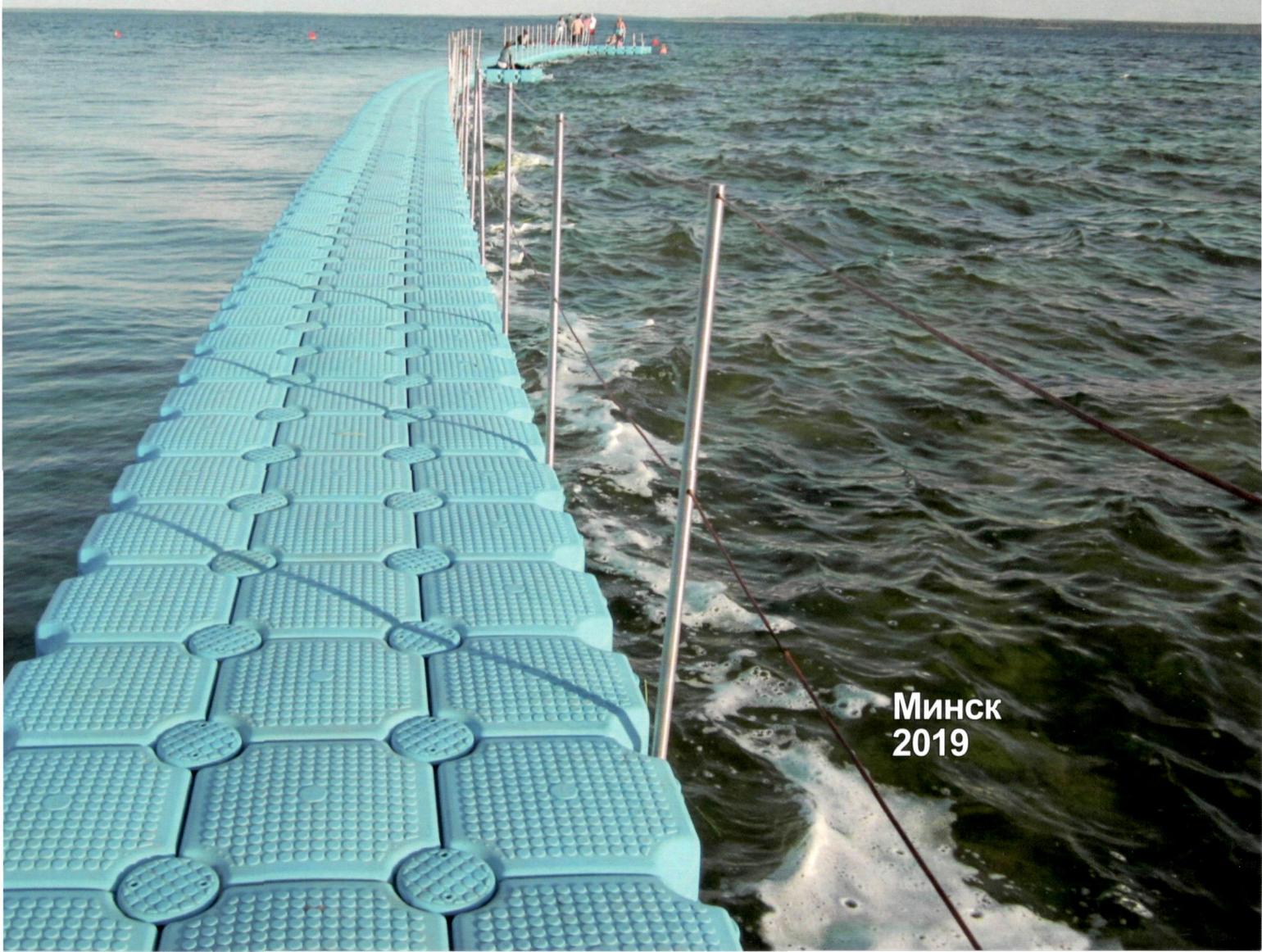
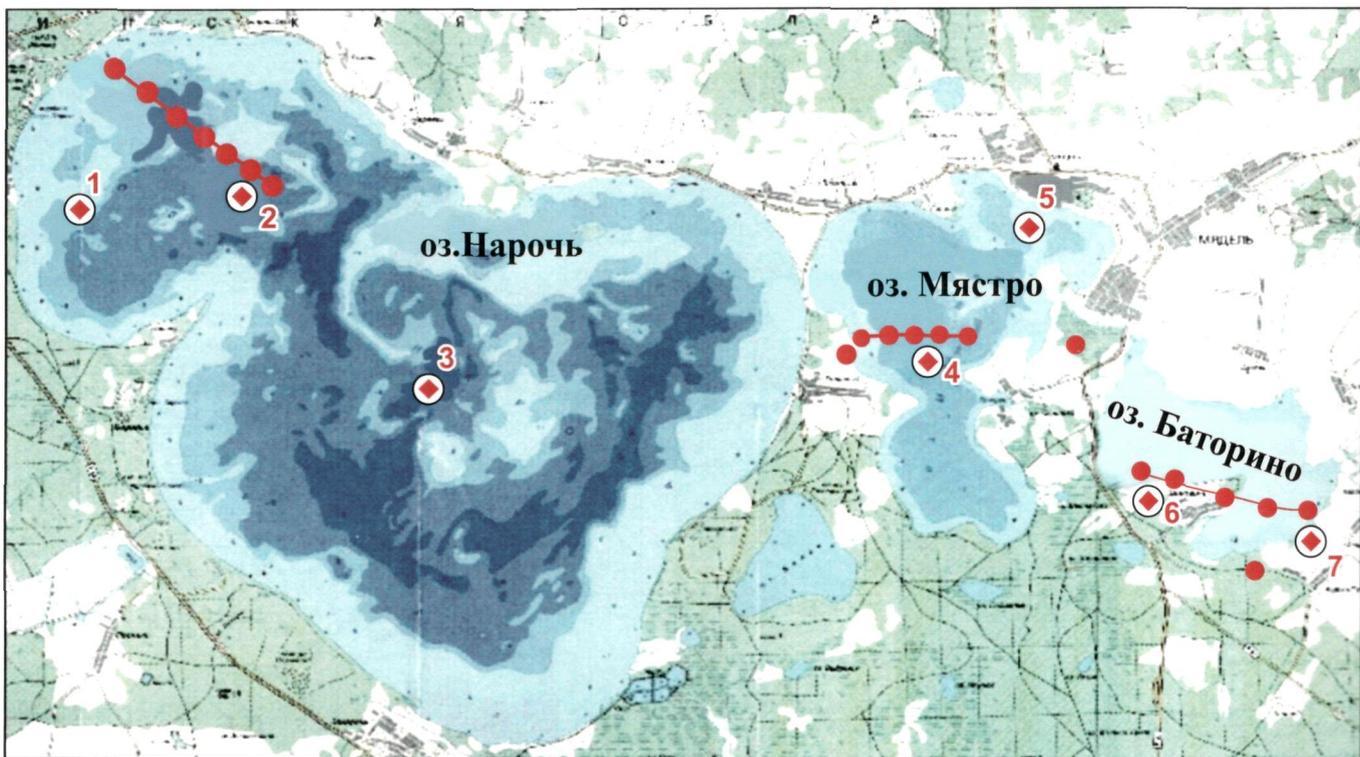


БЮЛЛЕТЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР НАРОЧЬ, МЯСТРО, БАТОРИНО (2018 год)



**Минск
2019**



◆ Станции мониторинговых наблюдений на озерах Нарочь (ст. № 1 – литораль, № 2 – Малый плес, № 3 – Большой плес), Мясстро (ст. № 4 и № 5) и Баторино (ст. № 6 и № 7)

Monitoring observation stations on the Lakes Naroch (station No. 1 - littoral, No. 2 – Small stretch, No. 3 – Large stretch), **Myastro** (stations No. 4 and No. 5) and **Batorino** (stations No. 6 and No. 7)

● Станции отбора бентосных проб
Benthic Sampling Stations



Схема размещения объектов рекреации в Нарочанском регионе
The layout of recreation facilities in the Naroch region

Белорусский государственный университет

Научно-исследовательская лаборатория гидроэкологии

Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция
имени Г. Г. Винберга» БГУ

Государственное природоохранное учреждение
«Национальный парк “Нарочанский”»

БЮЛЛЕТЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР НАРОЧЬ, МЯСТРО, БАТОРИНО (2018 год)

Под общей редакцией
доктора биологических наук
Т. М. Михеевой

МИНСК
БГУ
2019

УДК 551.481.1+577.472
ББК 26.22+28.082
Б98

Авторы:

Т. В. Жукова, Т. М. Михеева, Б. В. Адамович, Р. З. Ковалевская,
А. А. Жукова, Ю. К. Верес, Л. В. Никитина, О. А. Макаревич, М. А. Батурина,
И. Н. Селивончик, И. В. Савич, Н. В. Дубко, В. С. Люштык, О. С. Ежова,
А. Ю. Панько, Д. В. Крюк, Б. П. Власов, Н. Д. Грищенко, А. Ю. Сивенков,
В. Г. Костоусов, С. А. Латушкин, А. Г. Аронов, Т. И. Аронова

*Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
Белорусского государственного университета*

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор *В. В. Гричик*;
кандидат биологических наук, доцент *Т. А. Макаревич*

Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино
Б98 (2018 год) / Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. —
Минск : БГУ, 2019. — 111 с. : ил.
ISBN 978-985-566-788-0.

«Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино» — межведомственное ежегодное издание, выходящее с 1999 г. В данном выпуске приведены сведения о физико-химических и биологических показателях. Материалы режимных наблюдений 2018 г. сравниваются с результатами, полученными за предыдущий год и за многолетний период с 2006 г. Дана оценка промыслового и любительского вылова рыбы, показателей рекреационной нагрузки. Представлены гидродинамические параметры подземных вод в районе оз. Нарочь, динамика развития тростниковых зарослей в оз. Нарочь за три года исследований (2012, 2016 и 2017). Описана геоэкологическая информативность данных дистанционного зондирования Земли при изучении высшей водной растительности. В приложении приводится вертикальное распределение температуры, содержания сестона, хлорофилла *a* и феопигментов в оз. Нарочь за 2004—2018 гг.

УДК 551.481.1+577.472
ББК 26.22+28.082

ISBN 978-985-566-788-0

© БГУ, 2019

Belarusian State University
Research Laboratory of Aquatic Ecology
Educational and Scientific Center «Naroch Biological Field Station
named after G. G. Vinberg» BSU
State Environmental Institution
«National Park “Narochansky”»

BULLETIN OF ECOLOGICAL STATE OF LAKES NAROCH, MYASTRO, BATORINO (2018)

Under the general editorship
Doctor of Biological Sciences
T. M. Mikheyeva

MINSK
BSU
2019

UDC 551.481.1 + 577.472
BBK 26.22 + 28.082
B98

The Authors:

T. V. Zhukova, T. M. Mikheyeva, B. V. Adamovich, R. Z. Kovalevskaya,
A. A. Zhukova, Yu. K. Veres, L. V. Nikitina, O. A. Makarevich, M. A. Baturina,
I. N. Selivonchik, I. V. Savich, N. V. Dubko, V. S. Lyushtyk, O. S. Yezhova,
A. Yu. Panko, D. V. Kryuk, B. P. Vlasov, N. D. Grishchenkova, A. Yu. Sivenkov,
V. G. Kostousov, S. A. Latushkin, A. G. Aronov, T. I. Aronova

*Printed by decision
of Editorial Board
Belarusian State University*

Reviewers:

Doctor of Biological Sciences, Professor *V. V. Grichik*;
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor *T. A. Makarevich*

Bulletin of the ecological state of the lakes Naroch, Myastro, Batorino (2018) /
B98 T. V. Zhukova [and others] ; under total ed. Dr. Biol. of science T. M. Mikheyeva. –
Minsk : BSU, 2019. – 111 pp. : ill.
ISBN 978-985-566-788-0.

«Bulletin of the ecological state of the lakes Naroch, Myastro, Batorino» – an interdepartmental annual publication, produced since 1999. In this issue, as in the previous ones, information on physicochemical and biological indicators is given. The materials of the regime observations in 2018 are compared with the results obtained for the previous year and for the long-term period from 2006. The estimation of commercial and amateur fishing, indicators of recreational load is given. The data on the hydrodynamic parameters of groundwater in the area of the Naroch Lake. The dynamics of the development of reed beds in the Naroch Lake over three years of research (2012, 2016 and 2017) is given. The geoecological information content of the earth remote sensing data in the study of higher aquatic vegetation is presented. The Appendix provides a vertical distribution of temperature, the content of seston, chlorophyll *a* and phaeopigments in the Naroch Lake for 2004–2018.

UDC 551.481.1 + 577.472
BBK 26.22 + 28.082

ISBN 978-985-566-788-0

© BSU, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В очередном выпуске «Бюллетеня экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2018 год)» представлены результаты исследований разных ведомств, которым безразлична экологическая ситуация Нарочанских озер и в целом Нарочанского региона.

Гидроэкологическая характеристика озер в осенне-зимний период 2017–2018 гг., весной 2018 г. и в вегетационном сезоне (май – октябрь) 2018 г. подготовлена НИЛ гидроэкологии и Учебно-научным центром «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ. Приведены стандартные данные о физико-химических и биологических показателях, отражающие экологическое состояние озер и пополняющие многолетние ряды наблюдений. Согласно единому регламенту в 2018 г. в пелагической зоне озер на станциях постоянных наблюдений (рисунок на второй стороне обложки) общепринятыми методами измерялись прозрачность воды по белому диску, распределение по столбу воды температуры и растворенного в воде кислорода. В многолетнем мониторинге гидрохимические и биологические параметры анализируются на основе интегральной пробы воды, отражающей средний состав водной массы. Для получения интегральной пробы определенные квоты воды отбираются на шести горизонтах (0,5; 3; 6; 8; 12 и 16 м) в оз. Нарочь, четырех (0,5; 4; 7 и 9 м) – в оз. Мястро и трех (0,5; 3 и 5 м) – в оз. Баторино. В общей пробе объем воды, отобранной с указанных горизонтов, пропорционален доле, которую составляет данный слой в общем объеме озера в соответствии с данными батиметрии.

В интегральной пробе в лабораторных условиях стандартными методами измерялись общее содержание взвешенных веществ, в том числе минеральной составляющей, концентрация органических и биогенных веществ (азот и фосфор), скорость биохимического потребления кислорода за первые и пятые сутки в стандартных условиях (при 20 °С в темноте), скорость продукционно-деструкционных процессов планктонного сообщества *in situ* на глубине оптимального фотосинтеза, показатель рН и электропроводность воды. Определялись структурные показатели планктонной биоты: содержание хлорофилла *a* в sestone, видовой состав, доминирующие комплексы видов фито- и зоопланктонных сообществ, численность, биомасса фито-, зоо- и бактериопланктона. Приведены сведения о видовом составе, плотности и биомассе макрозообентоса. В дополнение к ежегодно излагаемому мониторинговому материалу в приложении к «Бюллетеню... (2018 год)» приводится вертикальное распределение температуры, содержания sestона, хлорофилла *a* и феопигментов в оз. Нарочь за 2004–2018 гг. В разделе, посвященном высшей водной растительности, представлены морфометрическая характеристика зарослей тростника различной плотности в оз. Нарочь за 2016 г., а также динамика развития тростниковых зарослей в озере за три года исследований (2012, 2016 и 2017). Описана геоэкологическая информативность данных дистанционного зондирования Земли при изучении высшей водной растительности.

Применяемые методы и методики подробно описаны в соответствующих разделах в «Бюллетене... (2014 год)» [1].

Материалы режимных наблюдений текущего года, как и во всех предыдущих выпусках «Бюллетеня...», сравниваются с данными, полученными за предшествующий год и многолетний период.

Приводятся данные о промысловом и любительском вылове рыбы в озерах Нарочь, Мястро, Баторино за 2018 г.

Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси представил данные о режиме подземных вод в районе оз. Нарочь в 2018 г.

Научным и туристическим отделами ГПУ «Национальный парк “Нарочанский”» дана информация о рекреационной нагрузке на побережье Нарочанских озер в 2018 г.

Особенность настоящего выпуска «Бюллетеня...» состоит в том, что все названия разделов, таблиц и рисунков даны на русском и английском языках.

FOREWORD

This issue of the Bulletin of the ecological state of the lakes Naroch, Myastro, Batorino (2018) presents the results of studies by various departments that care about the environmental situation of the Naroch lakes and the entire Naroch region.

The hydroecological characteristics of the lakes in the autumn-winter period of 2017–2018, in the spring of 2018 and in the growing season (May – October) 2018 were prepared by the Research Laboratory of Hydroecology and the Educational and Scientific Center “Narochanskaya Biological Station named after G. G. Vinberg” BSU. Standard data on physicochemical and biological indicators reflecting the ecological state of lakes and replenishing long-term observation series are presented. Following the unified regulation, this year’s water transparency over the Secchi disk, distribution of temperature and oxygen dissolved in water over the water column were measured by conventional methods in the pelagic zone of lakes at constant observation stations (picture on the second side of the cover). In long-term monitoring, hydrochemical and biological parameters are analyzed on the basis of an integral water sample that reflects the average composition of the water mass. To obtain an integral sample, certain quotas of water are taken at six horizons (0.5; 3; 6; 8; 12 and 16 m) in the Naroch Lake, four (0.5; 4; 7 and 9 m) – in the Myastro Lake and three (0.5; 3 and 5 m) – in the Batorino Lake. In the total sample, the volume of water taken from the indicated horizons is proportional to the proportion of this layer in the total volume of the lake in accordance with bathymetry data.

In an integral sample in laboratory conditions, the total content of suspended solids, including the mineral component, the concentration of organic and biogenic substances (nitrogen and phosphorus), the rate of biochemical oxygen consumption for the first and fifth days under standard conditions (at 20 °C in the dark), the rate of production and destruction processes of the planktonic community in situ at the depth of optimal photosynthesis, pH and electrical conductivity of water were measured by standard methods. The structural indicators of planktonic biota were determined: the content of chlorophyll a in seston, species composition, dominant complexes of species of phyto- and zooplankton communities, abundance, biomass of phyto-, zoo- and bacterioplankton.

Information is given on the species composition, density, and biomass of macrozoobenthos.

In addition to the annual monitoring material presented in the Appendix to the Bulletin 2017–2018 the vertical distribution of temperature, the content of seston, chlorophyll a, and pheopigments in lake in 2004–2018.

The section devoted to higher aquatic vegetation presents the morphometric characteristics of reed beds of various densities in Lake Naroch for 2016, as well as the dynamics of the development of reed beds in the lake for three years of research (2012, 2016 and 2017).

The geoecological information acquired via remote reconnaissance for the study of higher aquatic vegetation is also presented.

The methods and techniques used are described in detail in the relevant sections in the “Bulletin ... (2014)” [1].

The materials of regime observations of the current year, as in all previous issues of the “Bulletin ...”, are compared with the data obtained for the previous year and past years.

Data on commercial and amateur fishing in the lakes Naroch, Myastro, Batorino for 2018 are given.

The Center for Geophysical Monitoring of the NAS of Belarus presented data on the groundwater regime in the area of Lake Naroch in 2018.

The scientific and tourist departments of the GPU “National Park “Narochansky”” provided information on the recreational load on the coast of Narochansky Lakes in 2018.

The peculiarity of this issue of the “Bulletin” is that it contains a translation into English of the title, contents, annotations, foreword and names of all sections, tables and figures.

1. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2017–2018 гг. И ВЕСНОЙ 2018 г.

1. HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NAROCH LAKES IN THE AUTUMN-WINTER OF 2017–2018 AND THE SPRING OF 2018

1.1. Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы

1.1. Water Transparency, Temperature and Oxygen Content

Наблюдения в оз. Нарочь в Малом плесе проводили в период осенней гомотермии (в первой декаде ноября 2017 г.) при температуре воды по водному столбу, равной 6,7 °С и в подледный период (в первой декаде февраля 2018 г.). Поздний ледостав привел к сильному выхолаживанию водной массы озера, в результате чего температура воды в феврале даже в придонном слое на станции с глубиной 16 м оказалась ниже 1 °С. В пелагической зоне всех трех озер наблюдения проведены в конце подледного периода (последняя декада марта) и в конце апреля, после полного перемешивания водной массы, когда температура воды была в пределах 6,5–7,9 °С в оз. Нарочь и около 9,7 и 12,2 °С в озерах Мястро и Баторино. Эти материалы включены в весенние ряды наблюдений, так как статистический анализ многолетних гидроэкологических наблюдений относится к вегетационным сезонам, как правило, за май – октябрь.

В Малом плесе оз. Нарочь, по нашим наблюдениям, ледовый покров образовался 13–14.01.2018, а его разрушение произошло 10–11.04.2018. Подледный период длился примерно 87 суток и оказался в ряду непродолжительных за последние годы, как указано в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Сроки и продолжительность ледостава
в оз. Нарочь в 2005–2018 гг.**

Table 1.1

**The timing and duration of freezing
in the Lake Naroch in 2005–2018**

Годы	Начало ледостава	Окончание ледостава	Продолжительность ледостава, сутки
2005–2006	19.12.05	28.04.06	130
2006–2007	25.01.07	26.03.07	60
2007–2008	01.01.08	15.03.08	74
2008–2009	29.12.08	14.04.09	106
2009–2010	15.12.09	18.04.10	124
2010–2011	09.12.10	20.04.11	132
2011–2012	17.01.12	09.04.12	83

Окончание табл. 1.1

Годы	Начало ледостава	Окончание ледостава	Продолжительность ледостава, сутки
2012–2013	16–17.12.12	27–28.04.13	132
2013–2014	17.01.14	26.03.14	68
2014–2015	03.12.14; 27–28.12.14	25–26.03.15	около 70–75
2015–2016	02–03.01.16	02.04.16	90
2016–2017	15–16.12.16	27.03.17	102
2017–2018	13–14.01.18	10–11.04.18	87

В табл. 1.2 представлены данные о прозрачности воды, температурном и кислородном режимах в Нарочанских озерах в указанные сроки отбора.

Таблица 1.2

Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы в Нарочанских озерах в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г.

Table 1.2

Water transparency, temperature and oxygen content in the Naroch lakes in the autumn-winter period of 2017–2018 and in the spring of 2018

Дата	Прозрачность, м	Горизонт, м	Температура, °C	Растворенный в воде кислород	
				мг/л	насыщение, %
Озеро Нарочь, Малый плес					
08.11.2017	7,20	0,5	6,2	11,66	94,0
		3,0	6,7	11,32	92,5
		6,0	6,7	11,29	92,2
		8,0	6,7	11,29	92,2
		12,0	6,7	11,29	92,2
		16,0	6,7	11,26	92,0
12.02.2018	7,50	0,5	0,1	13,20	91,1
		3,0	0,5	13,06	90,3
		6,0	0,5	13,03	90,4
		8,0	0,6	12,88	89,6
		12,0	0,7	11,29	79,7
		16,0	0,9	11,04	84,1
28.03.2018	6,20	0,5	1,5	11,33	80,7
		3,0	2,0	11,26	81,2
		6,0	2,1	11,18	80,9
		8,0	2,1	11,14	80,6
		12,0	2,3	11,11	80,8
		16,0	2,4	9,08	66,2
24.04.2018	5,70	0,5	7,9	12,74	107,3
		3,0	7,9	12,71	107,1
		6,0	7,2	12,86	106,5
		8,0	6,9	12,74	104,6
		12,0	6,8	12,74	104,3
		16,0	6,7	12,71	103,8

Дата	Прозрачность, м	Горизонт, м	Температура, °С	Растворенный в воде кислород	
				мг/л	насыщение, %
Озеро Нарочь, Большой плес					
24.04.2018	5,40	0,5	7,5	12,68	107,1
		3,0	7,6	12,65	106,6
		6,0	7,2	12,65	106,0
		8,0	6,6	12,71	106,5
		12,0	6,6	12,74	106,5
		16,0	6,5	12,65	105,5
Озеро Мястро, пелагиаль					
27.03.2018	3,90	0,5	2,0	10,68	77,0
		4,0	2,4	10,60	77,3
		7,0	2,6	10,56	77,5
		9,0	2,6	7,90	57,9
26.04.2018	2,60	0,5	9,6	11,25	104,9
		4,0	9,8	11,19	102,4
		7,0	9,7	11,16	99,0
		9,0	9,7	11,26	97,9
Озеро Баторино, пелагиаль					
26.03.2018	2,10	0,5	2,6	8,70	63,8
		3,0	2,6	5,23	38,4
		5,3	2,8	3,95	29,1
25.04.2018	1,80	0,5	12,3	10,95	107,7
		3,0	12,2	10,86	92,8
		5,3	12,2	10,80	92,1

Прозрачность воды в оз. Нарочь во время осенней гомотермии была равна 7,20 м. Содержание растворенного в воде кислорода (определяли методом Винклера) распределялось по столбу воды равномерно (11,66–11,26 мг O₂/л) при насыщении 94,0–92,0 %. Во время ледостава прозрачность воды изменилась мало, составив 7,50 м, но заметно снизилась к концу подледного периода (до 6,20 м). Содержание растворенного в воде кислорода в столбе воды оставалось высоким в течение всего подледного периода (соответственно 13,20–11,04 и 11,33–9,08 мг O₂/л, что при данной температуре равно 91–84 и 81–66 % насыщения) с минимальными значениями в придонном слое перед вскрытием озера ото льда. Спустя две недели после разрушения ледового покрова прозрачность воды снизилась до 5,70 м в Малом плесе и до 5,40 м в Большом, что обусловлено весенним максимумом развития фитопланктона и отчасти взмучиванием донных осадков при перемешивании водной массы. В результате фотосинтетической активности фитопланктона содержание кислорода по всей глубине водного слоя в обоих плесах озера было высоким с небольшим превышением 100 % насыщения.

Во время ледостава прозрачность воды достигла 7,50 м, снижаясь к концу подледного периода до 6,20 м.

В оз. Мястро в конце подледного периода прозрачность воды составляла 3,90 м, в оз. Баторино – 2,10 м. При выраженной кислородной дихотомии (от 10,68 мг O₂/л в поверхностном слое до 7,90 мг O₂/л – в придонном в оз. Мястро и соответственно от 8,70 до 3,95 мг O₂/л в оз. Баторино) даже в придонном слое кислородный режим оставался благоприятным для гидробионтов (составляя соответственно 58 и 29 % насыщения).

После весеннего перемешивания наблюдалась гомотермия и гомооксигения во всей водной массе озер (см. табл. 1.2).

1.2. Режим взвешенных органических и биогенных веществ

1.2. Suspended organic and biogenic matter

Содержание взвешенных веществ (сестона), как и в предыдущие годы, определяли гравиметрическим методом на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,4 и 1,5 мкм. Фильтры с диаметром пор 1,5 мкм (принятый стандарт в многолетнем мониторинге) использовали также для определения минеральной компоненты (зольности) сестона. В Малом плесе оз. Нарочь общая концентрация сестона за весь рассматриваемый период наблюдений, определяемая в интегральной пробе на фильтрах 0,4 мкм, изменялась от 1,24 до 2,14 мг/л с минимальным значением к концу подледного периода. Содержание крупноразмерной фракции, определяемое на фильтрах 1,5 мкм, было в пределах 0,64–1,73 мг/л с сохранением сходной с общим содержанием сестона динамики изменений за период (табл. 1.3). Относительное содержание минеральной компоненты в сестоне оз. Нарочь в подледный период было несколько ниже (33–40 %), чем осенью и весной после перемешивания водной массы (53–50 %). Доля мелкодисперсной фракции (>0,4, но <1,5 мкм), составлявшая в первую половину рассматриваемого периода около 35 %, повысилась до 48 % в конце подледного сезона и резко снизилась (до 19 %) после весеннего перемешивания. В более глубоком Большом плесе оз. Нарочь в силу несколько отличного характера перемешивания водной массы содержание взвеси в апреле было несколько ниже, чем в Малом.

Во взвеси, собранной на фильтрах указанных типов, определяли содержание хлорофилла *a* спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах [2]. Абсолютное и относительное содержание хлорофилла *a* в сестоне, как было принято в многолетнем мониторинге без учета феопигментов, приведено в табл. 1.3. С установлением ледостава общее содержание хлорофилла *a* (во взвеси на фильтрах 0,4 мкм) снижалось, достигнув минимума к концу подледного периода (1,39 мкг/л). Наиболее выраженные изменения абсолютного содержания хлорофилла в рассматриваемый период наблюдались для крупнодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси. Величины хлорофилла на фильтрах 1,5 мкм в рассматриваемый период изменялись от 0,44 до 2,03 мкг/л, в то время как на фильтрах 0,4 мкм различия между минимальным и максимальным значениями были значительно меньше (1,39–2,55 мкг/л). Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в ноябре и к концу подледного периода составляла около 40 %, но оказалась чрезвычайно высокой в феврале – 79 %. Колебания относительного содержания хлорофилла в сухой массе сестона на фильтрах 0,4 мкм в Малом плесе озера в рассматриваемый период были сравнительно невелики (0,10–0,14 %). Близкие значения показателя, за исключением чрезвычайно низкой величины (0,03 %) в февра-

ле были характерны и для крупнодисперсной фракции сестона. В Большом плесе лишь в апреле относительное содержание хлорофилла в общей массе сестона (на фильтре 0,4 мкм) оказалось несколько выше, чем в Малом: 0,17 % против 0,12.

Таблица 1.3

Концентрация сестона и содержание хлорофилла а в оз. Нарочь в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г. (интегральная проба воды)

Table 1.3

The concentration of seston and chlorophyll a content in the Lake Naroch in the autumn-winter period of 2017–2018 and in the spring of 2018 (integral water sample)

Показатель	Малый плес				Большой плес
	Дата				
	08.11.2017	12.02.2018	28.03.2018	24.04.2018	24.04.2018
Сестон, мг/л (1,5 мкм)*	1,18	1,40	0,64	1,73	1,35
Сестон, мг/л (0,4 мкм)*	1,85	2,10	1,24	2,14	1,61
Хлорофилл, мкг/л (1,5 мкм)*	1,14	0,44	0,80	2,03	1,71
Доля в сестоне, %	0,10	0,03	0,13	0,12	0,13
Хлорофилл, мкг/л (0,4 мкм)*	2,55	2,10	1,39	2,47	2,74
Доля в сестоне, %	0,14	0,10	0,11	0,12	0,17
Зольность сестона, %	52,8	33,2	39,7	49,8	51,4

Примечание. Здесь и далее среднее трех измерений; * размер пор фильтра, на которые фильтровали взвесь.

В озерах Мястро и Баторино в конце ледостава и после перемешивания водной массы содержание сестона и его хлорофиллсодержащей компоненты было выше по сравнению с оз. Нарочь. В оз. Мястро общее содержание сестона (на фильтрах 0,4 мкм) в конце марта составляло 1,39 мг/л и повысилось в конце апреля до 3,19 мг/л. На долю мелкодисперсной фракции приходилось соответственно 33 и 23 %, а минеральная составляющая была равна 36 и 41 % (табл. 1.4). В воде оз. Баторино общая концентрация сестона 2,60 мг/л конце ледостава (в марте) резко увеличилась до 6,33 мг/л после перемешивания водной массы в апреле. Доля мелкодисперсной фракции в конце подледного периода составила 26 %, но снизилась до 10 % в апреле при близких значениях минеральной составляющей (около 48 %). В конце подледного периода абсолютное и особенно относительное содержание хлорофилла в оз. Мястро оказалось значительно выше, чем в оз. Нарочь, и даже выше, чем в оз. Баторино, как следует из приведенных в табл. 1.4 данных. После весеннего перемешивания абсолютное содержание хлорофилла в оз. Баторино лишь немногим превысило величины, наблюдаемые в оз. Мястро. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Мястро оказалась ниже, чем в оз. Баторино (9,6 и 18,3 % против 27 и 22 %). Обращает на себя внимание высокое относительное содержание хлорофилла в сухой массе сестона в оз. Мястро как в конце ледостава (0,42 % на фильтрах 1,5 мкм и 0,31 % на фильтрах 0,4 мкм), так и спустя 2–3 недели после его разрушения (0,28–0,30 %). Относительное содержание хлорофилла в озерах Нарочь и Баторино было в два и более раза ниже, с небольшими различиями между ними. Достаточно высокие абсолютные величины хлорофилла и особенно высокое относительное его содержание в сухой массе сестона в оз. Мястро в конце подледного периода свидетельствуют о подледном развитии фитопланктона.

Таблица 1.4

Концентрация сестона и содержание хлорофилла а в озерах Мястро и Баторино в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г. (интегральная проба воды)

Table 1.4

The concentration of seston and chlorophyll a content in the Lake Naroch in the autumn-winter period of 2017–2018 and in the spring of 2018 (integral water sample)

Показатель	Озеро Мястро, пелагиаль		Озеро Баторино, пелагиаль	
	Дата			
	27.03.2018	26.04.2018	26.03.2018	25.04.2018
Сестон, мг/л (1,5 мкм)*	0,93	2,47	1,92	5,72
Сестон, мг/л (0,4 мкм)*	1,39	3,19	2,60	6,33
Хлорофилл, мкг/л (1,5 мкм)*	3,86	7,29	2,64	8,14
Доля в сестоне, %	0,42	0,30	0.14	0.14
Хлорофилл, мкг/л (0,4 мкм)*	4,27	8,93	3,61	10,48
Доля в сестоне, %	0,31	0,28	0.14	0.17
Зольность сестона, %	35,7	40,9	47,8	49,5

* См. примечание к табл. 1.3.

Результаты, отражающие режим органических и биогенных веществ в рассматриваемом периоде 2017–2018 гг., приведены в табл. 1.5. Общее содержание органического углерода определяли методом бихроматной окисляемости выпаренных на водяной бане проб воды с пересчетным коэффициентом 0,375. Содержание взвешенного углерода рассчитывали как половину потерь при прокаливании фильтров со взвесью в муфельной печи при температуре 450 °С. Общее содержание азота определялось после окисления проб нефилтрованной воды с персульфатом калия в автоклаве, фосфора – после минерализации с персульфатом калия в кислой среде на водяной бане. Минеральные формы биогенных элементов определяли в фильтрованной воде колориметрическими методами (фотометр КФК-3): аммонийный азот – с реактивом Несслера, нитратный – с реактивом Грисса после восстановления на медно-кадмиевой колонке, нитритный – с реактивом Грисса, фосфатный фосфор – со смешанным молибденовым реактивом и аскорбиновой кислотой в качестве восстановителя [3; 4].

Таблица 1.5

Гидроэкологические параметры в оз. Нарочь в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г. (интегральная проба воды)

Table 1.5

Hydroecological parameters in the Lake Naroch in the autumn-winter period of 2017–2018 and in the spring of 2018 (integral water sample)

Показатель	Малый плес				Большой плес
	Дата				
	08.11.2017	12.02.2018	28.03.2018	24.04.2018	24.04.2018
БПК ₁ , мг О ₂ /л	0,47	0,19	0,25	0,21	0,21
БПК ₅ , мг О ₂ /л	1,28	0,94	0,52	1,42	1,34
Органический углерод общий, мг С/л	6,27	н	4,96	6,26	5,97
Органический углерод взвешенный, мг С/л	0,28	0,47	0,19	0,43	0,33
Общий азот, мг N/л	0,66	н	2,19	0,59	0,70
Органический азот, мг N/л	0,57	н	2,06	0,49	0,58
Сумма минеральных форм азота, мг N/л	0,086	0,193	0,126	0,097	0,124
Аммонийный азот, мг N/л	0,075	0,113	0,057	0,095	0,121

Показатель	Малый плес				Большой плес
	Дата				
	08.11.2017	12.02.2018	28.03.2018	24.04.2018	24.04.2018
Нитратный азот, мг N/л	0,011	0,077	0,069	0,002	0,003
Нитритный азот, мг N/л	0	0,003	0	0	0
Общий фосфор, мг P/л	0,015	н	0,009	0,013	0,012
Фосфаты, мг P/л	следы	н	0,005	0	0
pH	8,27	8,03	8,08	8,23	8,27
Электропроводность, мкСм	222	195	249	221	238

Примечание. Здесь и далее н – отсутствие определения.

В воде Малого плеса оз. Нарочь концентрация органического вещества в интегральной пробе воды в четыре срока исследований изменялась от 4,96 до 6,27 мг С/л с минимальными величинами в конце подледного периода. В том числе концентрация взвешенного органического вещества колебалась в пределах 0,19–0,47 мг С/л, составляя около 5 % от общего запаса. Скорость биохимического потребления кислорода определялась при инкубировании в термостате при 20 °С в темноте в течение 1 и 5 суток. В расчете на 1 сутки (БПК₁) в период исследований потребление кислорода закономерно колебалось от 0,19 до 0,47 мг О₂/л, а БПК₅ – от 0,52 до 1,42 мг О₂/л (см. табл. 1.5). Общее содержание азота изменялось в пределах 0,59–2,19 мг N/л с максимальным количеством в конце подледного сезона с преобладанием органических соединений. В сумме минеральных форм, за исключением конца подледного сезона, преобладал аммонийный азот. Концентрация общего фосфора в четыре срока наблюдений изменялась от 0,009 до 0,015 мг P/л. Фосфатный фосфор, как и нитритный азот, был ниже аналитически определяемого уровня (следовые или нулевые количества).

Скорость биохимического потребления кислорода в воде озер Мястро и Баторино заметно снижалась к концу подледного периода, тогда как общее содержание органического углерода оставалось практически неизменным (табл. 1.6). В то же время концентрации всех форм азота в воде обоих озер к концу подледного периода уменьшились с преобладанием органических форм в оз. Мястро и минеральных – в оз. Баторино. Заметное уменьшение содержания минеральных форм азота, особенно нитратного, наряду с повышением активной реакции среды свидетельствует о начале подледного развития биоты с существенным потреблением минеральных форм биогенных веществ. Концентрация общего фосфора в воде оз. Мястро практически не изменилась, а в воде оз. Баторино слегка снизилась. Общий запас фосфора в воде обоих озер представлен органическими формами, минеральные соединения аналитически не определяются.

Таблица 1.6

**Гидроэкологические параметры в озерах Мястро и Баторино
в подледный период и весной 2018 г. (интегральная проба воды)**

Table 1.6

**Hydroecological parameters in the lakes Myastro and Batorino
in the under-ice period and in the spring of 2018 (integral water sample)**

Показатель	Озеро Мястро, пелагиаль		Озеро Баторино, пелагиаль	
	Дата			
	27.03.2018	26.04.2018	26.03.2018	25.04.2018
БПК ₁ , мг О ₂ /л	0,57	0,24	0,56	0,41
БПК ₅ , мг О ₂ /л	1,07	0,89	1,20	1,96
Органический углерод общий, мг С/л	8,23	8,18	10,44	10,39

Показатель	Озеро Мястро, пелагиаль		Озеро Баторино, пелагиаль	
	Дата			
	27.03.2018	26.04.2018	26.03.2018	25.04.2018
Органический углерод взвешенный, мг С/л	0,30	0,73	0,50	1,44
Общий азот, мг N/л	2,45	0,83	3,97	0,90
Органический азот, мг N/л	2,15	0,61	2,77	0,33
Сумма минеральных форм азота, мг N/л	0,299	0,217	1,198	0,577
Аммонийный азот, мг N/л	0,087	0,210	0,484	0,285
Нитратный азот, мг N/л	0,210	0,007	0,707	0,290
Нитритный азот, мг N/л	0,002	0	0,007	0,002
Общий фосфор, мг P/л	0,017	0,017	0,028	0,019
Фосфаты, мг P/л	следы	следы	следы	следы
pH	8,04	8,33	7,96	8,47
Электропроводность, мкСм	292	311	423	408

В целом гидрохимический режим по материалам для пелагической зоны озер Нарочь, Мястро и Баторино во время осеннего и весеннего перемешивания и подледного периода 2017–2018 гг. оставался в пределах обычных параметров для последних лет с учетом межгодовых климатических колебаний.

1.3. Фитопланктон

1.3. Phytoplankton

Особенности температурного режима в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г., когда проводились наблюдения за развитием фитопланктона, описаны в разд. 1.1 настоящего выпуска. Накануне ледостава в период осенней гомотермии в Малом плесе оз. Нарочь при температуре воды по водному столбу, равной 6,7 °С, как и в предыдущие годы, в такие же сроки доминировали мелкоклеточные криптонады *Rhodomonas pusilla* и *Rhodomonas lens*, определяя около 80 % численности организмов и их биомассы (табл. 1.7). В начале ледостава в первой декаде февраля при развитии обратной стратификации от 0,1 °С в поверхностном слое до 0,9 °С в придонном эти представители криптонад сохранили и даже несколько упрочили свое доминирующее положение и по численности (87,7 %), и по биомассе (83,2 %), к которой 14,3 % добавил крупноклеточный представитель золотистых водорослей *Dinobryon cylindricum*. Среди организмов и накануне, и в период ледостава криптонадам сопутствовал мелкоклеточный представитель отдела золотистых водорослей — *Chrysidalis peritaphrena* (13,9 и 5,9 % соответственно), который отмечался и почти во все предшествующие годы. К концу ледостава он по численности опередил криптонад (37,4 %) при доле в биомассе 5,1 % против сохранившего лидирующую позицию в биомассе *Rh. lens* — 49,7 %. К этому времени 38,2 % общей биомассы фитопланктона стали составлять диатомовые за счет *Cyclotella meneghiniana* (28,7 %) и *Synedra acus* (9,5 %). После вскрытия озера состав доминирующего комплекса видов и их относительная значимость в численности организмов и в их биомассе мало изменились по сравнению с концом подледного периода. В Большом плесе озера в отобранных после его вскрытия пробах состав видов-доминантов в фитопланктоне был сходным с таковым Малого плеса, но отметим, что добавились еще 1–2 представителя с небольшим относительным участием (5,1–10,7 %).

Таблица 1.7

**Доминирующий комплекс видов фитопланктона озер Нарочь, Мьястро, Баторино
в осенне-зимний период 2017–2018 гг. и весной 2018 г.**

Table 1.7

**The dominant phytoplankton species complex of the lakes Naroch, Myastro, Batorino
in the autumn-winter period of 2017–2018 and in the spring of 2018**

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1				
Накануне ледостава				
08.11.2017	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	46,6 33,3 13,9	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Stauroneis</i> sp.	54,9 21,7 5,9 5,4
Ледостав				
12.02.2018	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	62,4 25,3 5,9	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Dinobryon cylindricum</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	76,5 14,3 6,7
28.03.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	37,4 35,6 15,6	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Synedra acus</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	49,7 28,7 9,5 5,1
После вскрытия озера				
24.04.2018	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	34,5 33,7 12,9	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Dinobryon sociale</i>	38,9 34,0 10,3
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2				
После вскрытия озера				
24.04.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Dichotomococcus curvatus</i>	38,0 26,7 25,7 5,1	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Dinobryon sociale</i>	51,2 17,2 10,7 7,1 5,1
Озеро Мьястро				
Ледостав				
27.03.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	76,5 9,0	<i>Dinobryon sociale</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	38,2 34,9
После вскрытия озера				
26.04.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	66,1 9,1 5,9 5,9	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	27,3 22,5 12,0 10,2 7,8 6,9
Озеро Баторино				
Ледостав				
26.03.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Monoraphidium komarkovae</i> <i>Rhodomonas lens</i>	72,4 7,8 5,9	<i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	43,6 28,0 12,3 5,9

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
После вскрытия озера				
24.04.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	64,7 8,0	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	24,3
			<i>Woloszynskia ordinata</i>	20,6
			<i>Dinobryon crenulatum</i>	7,4
			<i>Kephyrion sphaericum</i>	5,7
			<i>Cryptomonas marssonii</i>	5,6

В оз. Мястро в период ледостава, как и в предшествующий 2017 год, доминировали золотистые водоросли: по численности организмов – мелкоклеточный *Chr. peritaphrena* (76,7 %), по биомассе – крупноклеточный *D. sociale* (38,2 %) и *Chr. peritaphrena* (34,9 %). Отметим, что в 2017 г. абсолютным лидером и по численности организмов, и по биомассе был *Chr. peritaphrena* (97,7 и 94,0 % соответственно). После вскрытия озера золотистые сохранили свое лидерство, хотя их относительная значимость несколько уменьшилась за счет включившихся в состав доминирующего комплекса представителей криптомонад (11,8–29,1 %).

В оз. Баторино в период ледостава доминировали криптомонады (78,3 % в общей численности организмов и 46,2 % в биомассе). В биомассу значительный вклад (43,6 %) внесла также *W. ordinata* (динофитовые водоросли). После вскрытия озера на первое место вышли золотистые (64,7 % в численности и 37,4 % в биомассе). *W. ordinata* снизила свое участие в биомассе до 20,6 % (см. табл. 1.7).

В табл. 1.8 представлены как общие величины абсолютных значений численности (плотности) организмов, клеток и биомассы фитопланктона, так и долевой вклад в эти показатели основных его отделов в осенне-зимний период накануне ледостава, зимой 2017–2018 гг. и весной 2018 г. после вскрытия озера.

Таблица 1.8

Абсолютные значения показателей количественного развития общего фитопланктона и долевой вклад (в %) основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу в оз. Нарочь в осенне-зимний период накануне ледостава 2017–2018 гг., в период ледостава и весной 2018 г. после вскрытия озера, а также в озерах Мястро и Баторино в зимний и весенний периоды

Table 1.8

Absolute values of quantitative development indicators of total phytoplankton and the share (in %) of the main divisions of algae in their total abundance and biomass in the Lake Naroch in the autumn-winter period on the eve of the freeze-up of 2017–2018, during the freeze-up period and in the spring of 2018 after the opening of the lake, as well as in the lakes Myastro and Batorino in the winter and spring periods

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Численность организмов, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
Накануне ледостава							
08.11.2017	2,08	1,1	81,1	13,9	3,9	0,0	0,0
Ледостав							
12.02.2018	0,52	0,0	87,6	7,9	1,5	3,0	0,0
28.03.2018	1,19	0,0	51,3	37,4	7,8	3,5	0,0

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
После вскрытия озера							
24.04.2018	2,80	0,0	49,0	34,1	12,1	4,8	0,0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
После вскрытия озера							
24.04.2018	2,50	0,0	52,4	38,1	4,4	5,1	0,0
Озеро Мястро							
Ледостав							
27.03.2018	2,98	0,0	13,5	78,4	4,0	3,9	0,2
После вскрытия озера							
26.04.2018	7,19	0,3	16,1	76,4	1,4	5,6	0,2
Озеро Баторино							
Ледостав							
26.03.2018	0,89	0,0	80,2	3,9	0,2	13,7	2,0
После вскрытия озера							
24.04.2018	21,13	2,9	9,2	78,9	3,2	5,1	0,6
Численность клеток, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
Накануне ледостава							
08.11.2017	8,42	75,5	20,0	3,4	1,0	0,0	0,0
Ледостав							
12.02.2018	0,58	0,0	78,6	14,7	1,3	5,3	0,0
28.03.2018	1,26	0,0	48,5	35,3	7,9	8,2	0,0
После вскрытия озера							
24.04.2018	3,29	0,0	41,7	34,2	10,5	13,7	0,0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
После вскрытия озера							
24.04.2018	3,19	0,0	40,9	31,3	3,7	24,1	0,0
Озеро Мястро							
Ледостав							
27.03.2018	3,50	0,0	11,5	79,0	3,6	5,7	0,2
После вскрытия озера							
26.04.2018	8,70	11,1	13,3	64,0	2,8	8,7	0,1
Озеро Баторино							
Ледостав							
26.03.2018	0,96	0,0	74,7	3,6	3,5	16,4	1,8
После вскрытия озера							
24.04.2018	95,65	75,7	2,0	17,4	1,1	3,6	0,1
Биомасса, мг/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
Накануне ледостава							
08.11.2017	0,89	3,6	84,9	2,9	8,3	0,0	0,4

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Ледостав							
12.02.2018	0,39	0,0	83,2	15,1	1,2	0,1	0,3
28.03.2018	0,78	0,0	54,5	5,1	40,1	0,1	0,2
После вскрытия озера							
24.04.2018	2,29	0,0	47,1	14,0	38,2	0,2	0,5
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
После вскрытия озера							
24.04.2018	1,20	0,0	61,9	12,7	24,4	0,6	0,3
Озеро Мястро							
Ледостав							
27.03.2018	1,44	0,0	13,8	76,6	4,6	0,2	4,7
После вскрытия озера							
26.04.2018	3,83	0,1	33,3	51,5	12,6	1,2	1,4
Озеро Баторино							
Ледостав							
26.03.2018	0,39	0,0	46,1	1,9	3,7	4,6	43,6
После вскрытия озера							
24.04.2018	7,35	5,0	8,6	36,2	21,7	11,1	17,4

Сравнение абсолютных значений показателей количественного развития осенне-зимнего и весеннего фитопланктона оз. Нарочь в 2017–2018 гг. (табл. 1.8) с аналогичными показателями в 2016–2017 гг. (табл. 1.8, стр. 10–12 [6]) показывает, что в 2017–2018 гг. количественные показатели выражались следующими величинами: общая плотность организмов в 2017–2018 гг. в пределах 0,52–2,80 млн/л против 0,86–1,39 в 2016–2017 гг., плотность клеток – от 0,58 до 8,42 против 0,91–19,23 млн/л, общая биомасса – от 0,39 до 2,29 против 0,75–0,84 мг/л в 2016–2017 гг. Нижние значения отмечены для подледного периода, верхние, как правило, после вскрытия озера. В оз. Мястро общая плотность организмов в 2017–2018 гг. в период ледостава и после вскрытия озера составила 2,98 и 7,19 млн/л соответственно (в 2016–2017 гг. имеются данные только для периода ледостава – плотность организмов была почти в 17 раз больше – 49,95 млн/л за счет интенсивного подледного развития одноклеточного представителя золотистых водорослей *Chrysidalis peritaphrena* (диам. 7,5 мкм), определившего 98 % численности и 94,4 % биомассы); плотность клеток в текущем году – 3,50 и 8,70 млн/л (в предшествовавшем году подо льдом – 49,96 млн/л, т. е. в 14 раз больше); общая биомасса – 1,44 и 3,83 мг/л (в текущем) и 11,42 мг/л (в предшествовавшем году) соответственно.

В оз. Баторино общая плотность организмов в 2017–2018 гг. составила меньшую величину, чем в оз. Мястро, а именно 0,89 млн/л подо льдом, но большую – 21,13 млн/л – в период ледостава. Плотность организмов и клеток подо льдом в оба года в оз. Баторино была сходной: организмов – 0,89 и 0,92, клеток – 0,96 и 0,92 млн/л. После вскрытия в текущем году плотность организмов достигла 21,13, плотность клеток – 95,65 млн/л; общая биомасса подо льдом в оба сравниваемых года была близкой – 0,39 и 0,32 мг/л, после вскрытия озера она достигла значительной величины – 7,35 мг/л.

Долевой вклад основных отделов водорослей в общие величины количественных показателей в рассматриваемые периоды соответствует вкладу видов-доминантов, описанному выше. В оз. Нарочь это преимущественно криптофитовые, иногда вместе с золотистыми, в оз. Мястро – золотистые, в оз. Баторино – те и другие.

1.4. Зоопланктон

1.4. Zooplankton

Видовой состав зоопланктона Нарочанских озер в 2018 г. в подледный период представлен в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Видовой состав зоопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино (подледный период)

Table 1.9

The species composition of zooplankton of the lakes Naroch, Myastro, Batorino (ice period)

Вид	Нарочь	Мястро	Баторино
Cladocera			
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1837)	–	–	+
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	–	–	+
<i>B. longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)	+	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1785)	–	+	+
<i>Daphnia</i> O. F. Müller, 1785 sp.	+	–	+
<i>D. cristata</i> (Sars, 1862)	+	–	–
<i>D. cucullata</i> (Sars, 1862)	+	–	–
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	+	–	–
Copepoda			
<i>Cyclops</i> O. F. Müller, 1776 sp.	+	–	+
<i>C. vicinus</i> (Uljanin, 1875)	+	–	–
<i>C. scutifer</i> (Sars, 1863)	+	–	–
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+	–	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	–	–	+
<i>Metacyclops planus</i> (Gurney, 1909)	+	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	+	+
Rotifera			
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	–	+
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	–	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (O. F. Müller, 1786)	+	+	+
<i>Polyarthra</i> Ehrenberg, 1834 sp.	+	+	+
<i>Synchaeta</i> Ehrenberg, 1832 sp.	+	–	–

Состав зоопланктона в подледный период в озерах был представлен 18 видами в оз. Нарочь, 9 – в оз. Мястро и 16 – в оз. Баторино. Отмечены в основном эвритермные представители, присутствующие в водоемах в течение всего года, зарегистрированы также и холодолюбивые, развитие которых происходит зимой и ранней весной до начала интенсивного прогрева воды (*C. vicinus*).

Подледный период в целом характеризуется низкими показателями суммарной численности и биомассы зоопланктона.

Величины численности и биомассы зоопланктона в подледный период представлены в табл. 1.10.

Численность (*N*, тыс. экз/м³) и биомасса (*B*, г/м³) зоопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино (подледный период)

Table 1.10

The abundance (*N*, thousand ind/m³) and biomass (*B*, g/m³) of zooplankton of the lakes Naroch, Myastro, Batorino (ice period)

Месяц	Классосера		Сорерода		Rotifera		Суммарная	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1								
XI	8,0	0,117	12,5	0,440	6,0	0,110	26,5	0,667
II	1,0	0,017	14,0	0,562	0,0	0,0	15,0	0,579
III	2,1	0,024	56,0	2,209	4,2	0,006	62,3	2,239
IV	0,0	0,0	45,6	0,214	6,0	0,021	51,6	0,235
<i>X</i> ± <i>SD</i>	2,8 ± 3,6	0,040 ± 0,053	32,0 ± 22,1	0,856 ± 0,913	4,1 ± 2,8	0,034 ± 0,051	38,9 ± 21,9	0,930 ± 0,892
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2								
IV	0,1	0,001	49,0	0,369	19,0	0,005	68,1	0,375
Озеро Мястро, пелагиаль								
III	0,0	0,0	2,0	0,001	21,0	0,006	23,0	0,007
IV	2,0	0,022	25,0	0,107	65,0	0,017	92,0	0,146
<i>X</i> ± <i>SD</i>	1,0 ± 1,4	0,011 ± 0,015	13,5 ± 16,3	0,054 ± 0,075	43,0 ± 31,1	0,012 ± 0,008	57,5 ± 48,8	0,077 ± 0,098
Озеро Баторино, пелагиаль								
III	0,0	0,0	23,0	0,173	10,0	0,003	33,0	0,176
IV	11,0	0,154	105,0	1,146	151,0	0,140	267,0	1,440
<i>X</i> ± <i>SD</i>	5,5 ± 7,8	0,077 ± 0,109	64,0 ± 57,9	0,660 ± 0,688	80,5 ± 99,7	0,071 ± 0,097	150,0 ± 165,5	0,808 ± 0,893

Примечание. Здесь и далее *X* – среднее значение; *SD* – стандартное отклонение.

В оз. Нарочь численно преобладали и создавали биомассу представители подкласса Copepoda (веслоногие ракообразные). Средняя численность зоопланктона в озере в подледный сезон составила $40,9 \pm 23,8$ тыс. экз/м³, биомасса изменялась в пределах от 0,305 до 2,239 г/м³ ($0,947 \pm 0,875$ г/м³), высокие значения биомассы в марте вызваны преобладанием в численности взрослых форм *Eudiaptomus graciloides* (46 тыс. экз/м³), снижение биомассы обусловлено преобладанием в апреле веслоногих ракообразных на ранних стадиях развития. В оз. Мястро средняя численность зоопланктона составила $57,5 \pm 48,8$ тыс. экз/м³, доминировали коловратки рода *Polyarthra* (март – апрель) и *Keratella cochlearis* (апрель). Биомасса к апрелю возросла до 0,146 г/м³ за счет развития веслоногих ракообразных. В оз. Баторино по численности доминировали веслоногие ракообразные ($64,0 \pm 57,9$ тыс. экз/м³) и коловратки ($80,5 \pm 99,7$ тыс. экз/м³), по биомассе – веслоногие ракообразные ($0,660 \pm 0,688$ г/м³).

Распределение доминирующих групп зоопланктона по численности и биомассе на протяжении подледного периода исследований представлено в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Доля отдельных групп зоопланктона (%) в общей его численности и биомассе в озерах Нарочь, Мястро, Баторино (подледный период)

Table 1.11

The share of individual groups of zooplankton (%) in its total abundance and biomass in the lakes Naroch, Myastro, Batorino (ice period)

Месяц	Cladocera		Copepoda		Rotifera	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
XI	30,2	17,5	47,2	66,0	22,6	16,5
II	6,7	3,0	93,3	97,0	0,0	0,0
III	3,4	1,1	89,9	98,7	6,7	0,2
IV	0,0	0,0	88,4	90,9	11,6	9,1
<i>X ± SD</i>	10,1 ± 13,7	5,4 ± 8,2	79,7 ± 21,8	88,2 ± 15,2	10,2 ± 9,5	6,4 ± 7,9
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
IV	0,1	0,3	72,0	98,4	27,9	1,3
Озеро Мястро						
III	0,0	0,0	8,7	12,3	91,3	87,7
IV	2,2	15,2	27,2	73,4	70,6	11,4
<i>X ± SD</i>	1,1 ± 1,5	7,6 ± 10,7	18,0 ± 13,1	42,8 ± 43,2	80,9 ± 14,6	49,6 ± 53,9
Озеро Баторино						
III	0,0	0,0	69,7	98,1	30,3	1,9
IV	4,1	10,7	39,3	79,6	56,6	9,7
<i>X ± SD</i>	2,1 ± 2,9	5,4 ± 7,6	54,5 ± 21,5	88,8 ± 13,1	43,4 ± 18,6	5,8 ± 5,5

В среднем за сезон в оз. Нарочь доля веслоногих ракообразных превышала доле-вые значения других групп зоопланктонных организмов как по численности (77,6 %), так и по биомассе (89,1 %). В оз. Мястро основной вклад в численность вносили коловратки (80,9 %), в биомассу – в равной степени веслоногие ракообразные (42,8 %) и коловратки (49,6 %). В оз. Баторино в доле-вом соотношении по численности преобла-дали веслоногие ракообразные (54,5 %) и коловратки (43,4 %), по биомассе – весло-ногие ракообразные (88,8 %).

1.5. Бактериопланктон

1.5. Bacterioplankton

В ноябре 2017 г. и феврале 2018 г. исследование бактериального сообщества проводили на Малом плесе оз. Нарочь, в марте 2018 г. – на пелагических станциях озер Нарочь (Малый плес), Мястро и Баторино, в апреле – на двух плесах оз. Нарочь и озерах Мястро и Баторино. Полученные данные по численности, биомассе и морфометрическим параметрам бактериопланктона представлены в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Численность, биомасса бактерий и их морфометрические параметры в озерах Нарочанской группы в осенний период 2017 г. и зимне-весенний период 2018 г.

Table 1.12

The abundance, biomass of bacteria and their morphometric parameters in the lakes of the Naroch group in the autumn of 2017 and the winter-spring period of 2018

Дата	Численность, млн кл/мл		Площадь, мкм ²		Отношение длины к ширине		Длина, мкм			
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$		
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1										
08.11.2017	1,64	0,34	0,26	0,05	1,26	0,07	0,64	0,07		
12.02.2018	1,86	0,24	0,26	0,05	1,23	0,07	0,63	0,08		
28.03.2018	1,98	0,30	0,26	0,03	1,24	0,05	0,63	0,05		
24.04.2018	2,71	0,23	0,27	0,04	1,32	0,07	0,68	0,06		
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2										
24.04.2018	2,64	0,35	0,29	0,04	1,32	0,07	0,70	0,06		
Озеро Мястро										
27.03.2018	1,74	0,33	0,41	0,11	1,41	0,13	0,87	0,14		
26.04.2018	1,77	0,25	0,29	0,06	1,34	0,10	0,72	0,09		
Озеро Баторино										
26.03.2018	1,90	0,43	0,30	0,08	1,34	0,06	0,74	0,10		
25.04.2018	2,87	0,38	0,28	0,05	1,51	0,10	0,73	0,08		
Дата	Ширина, мкм		Диаметр, мкм		Периметр, мкм		Объем, мкм ³		Биомасса, мг/л	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1										
08.11.2017	0,50	0,05	0,53	0,05	1,74	0,18	0,076	0,020	0,126	0,044
12.02.2018	0,50	0,05	0,53	0,06	1,74	0,20	0,077	0,026	0,144	0,052
28.03.2018	0,51	0,03	0,52	0,03	1,73	0,13	0,073	0,013	0,144	0,032
24.04.2018	0,50	0,04	0,55	0,05	1,81	0,16	0,081	0,018	0,222	0,062
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2										
24.04.2018	0,51	0,03	0,56	0,04	1,87	0,14	0,088	0,018	0,232	0,055
Озеро Мястро										
27.03.2018	0,58	0,08	0,68	0,11	2,33	0,39	0,159	0,062	0,285	0,119
26.04.2018	0,52	0,05	0,57	0,06	1,92	0,22	0,094	0,026	0,166	0,055
Озеро Баторино										
26.03.2018	0,53	0,07	0,58	0,08	1,94	0,29	0,101	0,042	0,186	0,076
25.04.2018	0,48	0,05	0,57	0,06	1,89	0,20	0,088	0,024	0,252	0,068

Численность и биомасса бактериопланктона в осенний период 2016 г. на Малом плесе оз. Нарочь составила соответственно $1,64 \pm 0,34$ млн кл/мл и $0,126 \pm 0,04$ мг/л. В феврале (подледный период) концентрация и биомасса бактерий была чуть выше – $1,86 \pm 0,24$ и $0,144 \pm 0,052$. В марте численность составила соответственно для озер Нарочь (Малый плес), Мястро и Баторино $1,98 \pm 0,30$; $1,74 \pm 0,33$ и $1,90 \pm 0,43$ млн кл/мл. В апреле концентрация бактериопланктона возросла во всех трех озерах.

Размерный спектр бактериопланктона в подледный период (март) представлен на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Размерный спектр бактериопланктона
 Fig. 1.1. Bacterioplankton size spectrum

Максимальное количество бактерий во всех озерах в зимний период принадлежит мелким кокковидным клеткам объемом $0,05–0,06 \mu\text{м}^3$ (соотношение их длины к ширине приближается к единице).

2. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР

В ВЕГЕТАЦИОННОМ СЕЗОНЕ 2018 г.

2. HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NAROCH LAKES IN THE VEGETATION SEASON OF 2018

2.1. Температурный режим

2.1. Water temperature

Представленные на рис. 2.1 многолетние данные о температуре воздуха в районе Нарочанской биостанции (измеряется трижды в сутки) являются основой для анализа особенностей текущего вегетационного сезона (показаны средние многолетние значения и стандартное отклонение для периода 2008–2014 гг. и данные последних четырех лет). Как видно из приведенных на рисунке результатов, среднемесячные температуры в течение всего вегетационного сезона 2018 г. были, как правило, выше среднемесячных многолетних значений.

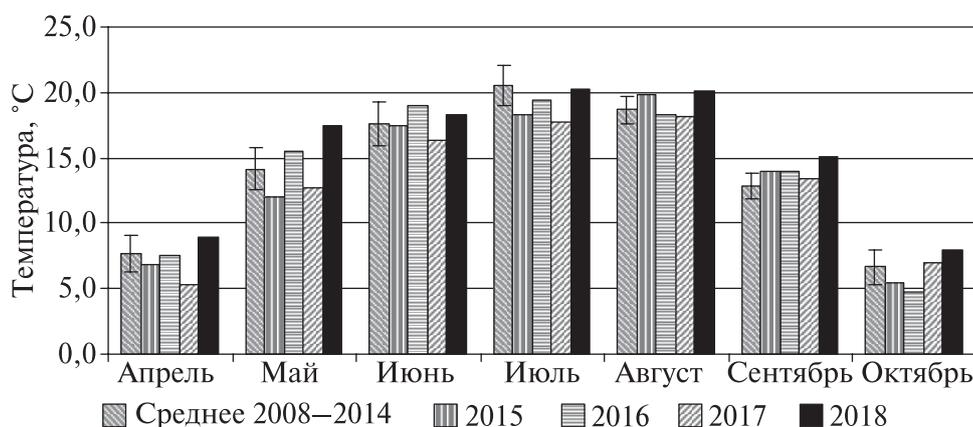


Рис. 2.1. Динамика среднемесячной температуры воздуха в районе биостанции в апреле – октябре 2008–2018 гг.

Fig. 2.1. Dynamics of average monthly air temperature in the area of the biological station in April – October 2008–2018

Данные о температуре воды в Нарочанских озерах (наблюдения по всей толще воды один раз в месяц на пелагических станциях постоянного многолетнего мониторинга – 2-я сторона обложки) представлены в табл. 2.1.

В середине мая в оз. Нарочь наблюдалась прямая температурная стратификация с градиентом между поверхностным и придонным слоями 7,0–8,5 °С. Равномерный прогрев водного столба сохранялся до глубины около 6–7 м. Температурная стратификация продолжалась в течение июня – августа, что нередко наблюдалось в отдельные годы. В дальнейшем температурная стратификация начала разрушаться, сменившись гомотермией по всей глубине водного столба в конце вегетационного сезона.

Таблица 2.1

Температура воды (°С) в озерах (вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.1

Water temperature (°C) in the lakes (the vegetative season of 2018)

Озеро	Горизонт, м	Месяц						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	
Нарочь, Малый плес	0,5	17,4	18,8	19,7	21,9	20,0	н	
	3,0	17,4	18,6	18,6	21,8	20,0	н	
	6,0	17,2	17,5	18,5	21,8	20,0	12,2	
	8,0	11,8	16,4	18,3	21,7	20,0	12,2	
	12,0	9,6	13,2	16,4	20,5	19,5	12,1	
	16,0	8,9	11,8	13,2	15,9	17,1	12,0	
	Большой плес	0,5	16,2	17,9	18,9	21,5	19,9	н
		3,0	16,2	18,0	18,8	21,6	19,8	н
		6,0	16,0	18,3	18,5	21,4	19,9	12,0
		8,0	12,8	17,8	18,3	21,4	19,8	11,9
		12,0	12,1	13,1	18,2	19,8	19,7	11,9
		16,0	9,2	11,7	16,0	16,4	16,5	12,0
Мястро, пелагиаль	0,5	17,7	21,0	21,3	22,0	19,5	11,4	
	4,0	17,4	19,2	20,3	21,8	19,5	11,1	
	7,0	11,8	18,6	18,9	21,2	19,5	11,0	
	9,0	11,5	18,6	18,7	20,2	19,4	11,2	
Баторино, пелагиаль	0,5	18,8	20,2	20,5	21,8	19,6	10,4	
	3,0	17,9	20,0	20,0	21,6	19,1	10,4	
	5,0	14,6	19,7	19,9	19,8	19,3	10,6	

Близкий по характеру, хотя и менее выраженный по вертикальному градиенту температурный режим, наблюдался и в более мелководном оз. Мястро, где гомотермия наблюдалась уже с августа – сентября. В оз. Баторино, самом мелководном в системе, кратковременная температурная стратификация наблюдалась лишь в мае, сменяясь на протяжении вегетационного сезона гомотермией (см. табл. 2.1).

Вследствие климатических особенностей в вегетационном сезоне 2018 г. среднемесячные значения температуры воды, особенно в поверхностном слое, были несколько выше многолетних данных, как следует из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Среднесезонные величины температуры (°С) воды в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2017 гг.

Table 2.2

The average seasonal water temperature (°C) in the lakes in 2018 in comparison with the multi-year data for the period 2006–2017

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Нарочь	16,2	4,3	17,0	4,0	16,7	3,2	15,4	4,5	19,2	1,8
	13,6	3,0	13,1	3,4	14,8	3,7	14,2	4,0	13,4	2,9
Мястро	16,8	4,9	17,7	4,7	16,9	4,0	16,2	4,3	18,8	3,9
	14,6	3,6	15,2	3,7	16,1	4,0	15,0	4,4	16,6	4,1
Баторино	16,6	5,3	17,3	5,0	16,3	4,5	16,6	4,9	18,6	4,1
	15,5	4,4	16,2	4,4	16,1	4,0	15,0	5,1	17,3	3,9

Примечание. Для оз. Нарочь среднее для двух станций наблюдений. В числителе – показатели для поверхностного слоя, в знаменателе – для придонного.

Исходя из климатических особенностей температурного режима в вегетационном сезоне 2018 г. среднемесячные значения температуры воды, особенно в поверхностном слое, были несколько выше многолетних данных, как следует из табл. 2.2.

2.2. Прозрачность воды

2.2. Water transparency

Прозрачность воды в вегетационном сезоне 2018 г. в двух плесах оз. Нарочь различалась незначительно, как свидетельствуют представленные в табл. 2.3 результаты. Высокие значения, превышающие 7 м, наблюдались в Большом плесе в июне, а начиная с июля – августа прозрачность воды до конца вегетационного сезона в обоих плесах постепенно снижалась до 5,20–5,60 м. В среднем для вегетационного сезона прозрачность составила $5,9 \pm 0,7$ и $6,0 \pm 0,9$ м в Малом и Большом плесах соответственно. В оз. Мястро размах колебаний значений на протяжении сезона составил от 1,90 м в сентябре до 3,10–3,20 м в первую половину и в конце сезона. В оз. Баторино в соответствии с более высоким уровнем трофности прозрачность воды была значительно ниже, изменяясь от 0,90 м в августе до 1,80 м в начале и в конце сезона. Средние величины прозрачности составили соответственно $2,82 \pm 0,54$ (Мястро) и $1,45 \pm 0,36$ м (Баторино).

Таблица 2.3

Прозрачность воды (м) в озерах (вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.3

Water transparency (m) in the lakes (2018 vegetative season)

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	6,40	6,90	5,30	6,30	5,20	5,40
	Большой плес	5,70	7,80	6,00	5,40	5,30
Мястро	3,10	3,20	3,20	2,40	1,90	3,10
Баторино	1,80	1,20	1,40	0,90	1,60	1,80

Таблица 2.4

Среднесезонные величины прозрачности воды (м) в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2017 гг.

Table 2.4

Mean seasonal water transparency values (m) in the lakes in 2018 in comparison with the multi-year data for the period 2006–2017

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Нарочь	7,02	0,87	6,96	1,13	6,05	0,80	6,24	1,25	5,94	0,79
Мястро	3,80	0,95	4,01	0,93	3,50	0,67	3,08	0,43	2,82	0,54
Баторино	1,47	0,42	1,38	0,36	1,30	0,24	1,53	0,32	1,45	0,36

Как свидетельствуют приведенные в табл. 2.4 данные, средние для вегетационного сезона 2018 г. величины прозрачности воды в озерах Нарочь и Мястро были ниже средних многолетних, а в оз. Баторино находились в пределах многолетних колебаний.

2.3. Растворенный в воде кислород

2.3. Dissolved oxygen

Материалы, характеризующие кислородный режим в Нарочанских озерах в вегетационный сезон 2018 г., представлены в табл. 2.5. В оз. Нарочь в мае в обоих плесах озера содержание кислорода было близко к 100 % насыщения практически по всей глубине водного слоя. С развитием температурной стратификации постепенно развивается кислородное расслоение водной массы. В Малом плесе озера в июле содержание кислорода на глубине 12 м снизилось до 70,1 % насыщения, в придонном слое – до 45,7 %, в августе соответственно до 19,9 и 6,5 %. В сентябре с разрушением температурной стратификации низкое содержание кислорода (11,4 %) сохранилось лишь в придонном слое. В результате более глубокого перемешивания водной массы несколько снизилось содержание кислорода по глубине водного столба в целом. В конце вегетационного сезона наблюдалась гомоокисигения по всему водному слою с небольшим недонасыщением. Сходный характер изменений кислородного режима имел место в более глубоком Большом плесе озера. Низкое содержание кислорода в придонном слое на станции с глубиной 16 м отмечено в августе и сентябре (11,4; 13,3 % соответственно). В пелагиали оз. Мястро температурная стратификация в мае – июне сопровождалась снижением содержания кислорода в придонном слое до 66,0 и 18,1 % соответственно при небольшом пересыщении в поверхностных слоях. В июле во всем столбе воды содержание кислорода повысилось – в поверхностном слое до 118,5 % и до 55,7 % в придонном. Однако в августе наблюдалось снижение содержания кислорода во всей водной массе до 82,3 % у поверхности и 28,8 % у дна. К концу вегетационного сезона (в сентябре и октябре) распределение кислорода было равномерным, с небольшим недонасыщением по всей глубине водного слоя. В мелководном оз. Баторино на протяжении вегетационного сезона содержание кислорода в столбе воды распределялось равномерно. Лишь в мае при возникшей кратковременной температурной стратификации в результате высокого потребления кислорода донными отложениями его содержание в придонном слое снизилось до 31 %.

Таблица 2.5

Содержание кислорода (мг/л, % насыщения) в толще воды в озерах (вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.5

The oxygen content (mg/l, % of saturation) in the lakes water column (vegetative season 2018)

Показатель	Горизонт, м	Месяц					
		V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	10,25	10,15	10,01	9,17	8,75	10,08
	3,0	10,25	10,18	9,74	9,31	8,72	10,33
	6,0	10,34	10,06	9,53	9,34	8,66	10,42
	8,0	11,79	10,06	9,11	8,99	8,60	10,33
	12,0	11,61	10,15	6,82	1,78	7,00	10,23
	15,5	11,32	10,00	4,78	0,64	1,10	10,26
Насыщение, %	0,5	107,6	109,7	110,2	105,6	97,0	н
	3,0	107,6	109,6	104,8	107,1	96,6	н
	6,0	108,1	105,9	102,5	107,4	96,0	97,3
	8,0	109,2	103,4	97,5	103,1	95,4	96,5
	12,0	102,0	97,1	70,1	19,9	76,8	95,5
	15,5	97,7	92,6	45,7	6,5	11,4	95,5

Показатель	Горизонт, м	Месяц					
		V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	10,19	9,85	9,62	8,41	8,86	10,39
	3,0	10,19	9,82	9,50	8,47	8,86	10,20
	6,0	10,45	9,76	9,41	8,44	8,80	10,26
	8,0	11,61	9,68	9,29	8,38	8,69	10,23
	12,0	11,73	9,88	9,08	4,18	7,48	10,26
	16,0	11,46	9,68	7,61	1,11	1,29	10,33
Насыщение, %	0,5	104,3	104,6	104,2	96,1	98,0	н
	3,0	104,3	104,5	102,7	96,9	97,8	н
	6,0	106,5	104,5	101,2	96,2	97,4	95,5
	8,0	110,1	102,5	99,4	95,6	95,9	95,0
	12,0	109,4	94,3	97,0	46,1	82,4	95,3
	16,0	99,8	89,4	77,4	11,4	13,3	96,1
Озеро Мястро, пелагиаль							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	9,80	9,45	10,42	7,13	8,11	9,48
	4,0	9,74	8,74	10,37	6,68	8,09	9,49
	7,0	8,31	6,69	7,10	6,13	8,01	9,30
	9,0	7,18	1,68	5,16	2,59	7,69	9,16
Насыщение, %	0,5	103,6	106,9	118,5	82,3	88,9	87,0
	4,0	102,3	95,3	115,6	76,8	88,8	86,5
	7,0	76,9	72,0	76,9	69,5	87,8	84,5
	9,0	66,0	18,1	55,7	28,8	84,2	83,7
Озеро Баторино, пелагиаль							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	9,86	8,83	9,30	8,04	9,14	10,79
	3,0	8,78	8,68	9,24	7,82	8,49	10,83
	5,0	3,12	8,04	8,82	7,68	7,61	10,77
Насыщение, %	0,5	106,6	98,3	104,2	92,4	100,4	96,7
	3,0	93,2	96,2	102,5	89,5	92,4	97,1
	5,0	30,8	88,6	97,6	83,0	83,1	97,0

Таблица 2.6

**Среднесезонные величины насыщения воды кислородом (%) в озерах в 2018 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.**

Table 2.6

**Mean seasonal oxygen saturation of water (%) in the lakes in 2018
in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018**

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Нарочь	<u>102,3</u>	<u>6,3</u>	<u>102,2</u>	<u>8,5</u>	<u>94,9</u>	<u>5,9</u>	<u>97,5</u>	<u>8,2</u>	<u>103,7</u>	<u>5,1</u>
	80,4	26,4	73,5	28,2	82,7	20,5	80,9	25,2	61,4	40,2
Мястро	<u>101,1</u>	<u>10,9</u>	<u>100,8</u>	<u>10,7</u>	<u>93,3</u>	<u>7,2</u>	<u>98,6</u>	<u>10,8</u>	<u>97,9</u>	<u>14,0</u>
	70,4	28,9	66,8	30,9	82,6	7,7	75,1	17,8	56,1	27,7
Баторино	<u>100,6</u>	<u>7,4</u>	<u>97,6</u>	<u>9,2</u>	<u>93,1</u>	<u>8,4</u>	<u>98,5</u>	<u>14,5</u>	<u>99,8</u>	<u>5,2</u>
	89,8	17,6	83,4	15,5	85,9	8,5	93,0	9,1	80,0	25,0

Примечание. В числителе – показатели для поверхностного слоя, в знаменателе – для придонного.

В целом кислородный режим в текущем сезоне, по наблюдениям в поверхностном слое, в сопоставлении с многолетними среднесезонными величинами, как представлено в табл. 2.6, находился в пределах естественных многолетних колебаний, а в придонном слое был заметно ниже, что обусловлено особенностями температурного режима озер в текущем сезоне.

2.4. Концентрация водородных ионов (pH)

2.4. The concentration of hydrogen ions (pH)

Активная реакция среды в Нарочанских озерах слабощелочная. В оз. Нарочь пределы колебаний показателя рН на протяжении сезона составили 8,39–8,60 ед. в Малом плесе и 8,41–8,67 ед. в Большом и в среднем для вегетационного сезона были равны соответственно $8,49 \pm 0,09$ и $8,49 \pm 0,11$ ед. В воде оз. Мястро среднесезонная величина равна $8,41 \pm 0,11$ ед. (пределы колебаний 8,28–8,58 ед.) и в воде оз. Баторино – $8,56 \pm 0,11$ ед. (пределы колебаний 8,49–8,76 ед.) (табл. 2.7).

Таблица 2.7

**Концентрация водородных ионов (pH) в озерах
(интегральная проба воды, вегетационный сезон 2018 г.)**

Table 2.7

**The concentration of hydrogen ions (pH) in the lakes
(integral water sample, the vegetative season 2018)**

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	8,47	8,60	8,60	8,43	8,39	8,44
	8,45	8,58	8,67	8,41	8,41	8,42
Мястро	8,41	8,47	8,58	8,32	8,40	8,28
Баторино	8,50	8,62	8,76	8,49	8,51	8,49

Значения этого показателя в многолетнем ряду представлены в табл. 2.8 и свидетельствуют о небольшом повышении рН в текущем году, что, вероятно, связано с особенностями термического режима, вызвавшими увеличение продукционных процессов.

Таблица 2.8

**Среднесезонные величины концентрации водородных ионов (pH) в озерах в 2018 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.**

Table 2.8

**Average seasonal concentrations of hydrogen ions (pH) in the lakes in 2018
in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018**

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$
Нарочь	8,19	0,37	8,21	0,43	8,30	0,09	8,30	0,05	8,49	0,09
Мястро	8,37	0,23	8,36	0,24	8,31	0,08	8,29	0,10	8,41	0,11
Баторино	8,43	0,31	8,45	0,22	8,41	0,11	8,47	0,06	8,56	0,11

2.5. Углерод органический общий и взвешенный

2.5. Total, suspended and organic carbon

В оз. Нарочь пределы колебаний содержания общего органического вещества во время вегетационного сезона составили 3,61–6,97 мг С/л (средняя концентрация $5,56 \pm 0,94$ мг С/л в Малом плесе и $5,57 \pm 1,19$ мг С/л – в Большом плесе). Доля взвешенной фракции в общем пуле органического вещества невелика (соответственно $5,8 \pm 0,6$ и $6,3 \pm 1,3$ %), как следует из данных, представленных в табл. 2.9. В воде оз. Мястро средняя для сезона концентрация органического вещества составила $9,46 \pm 1,17$ мг С/л (пределы содержания 7,92–11,31 мг С/л). В воде оз. Баторино соответствующие показатели равны $12,31 \pm 1,43$ и 10,59–14,43 мг С/л. Доля взвешенной фракции повышается согласно увеличению трофического статуса: от $7,8 \pm 1,6$ % в оз. Мястро до $18,3 \pm 6,1$ % в оз. Баторино.

Таблица 2.9

Концентрация общего ($C_{\text{общ}}$) и взвешенного ($C_{\text{взвеш}}$) органического углерода (мг С/л) в озерах (интегральная проба воды, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.9

Concentration of total (C_{total}) and suspended (C_{susp}) organic carbon (mg C/l) in the lakes (integral water sample, the vegetative season 2018)

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
$C_{\text{общ}}$	6,20	3,92	6,06	5,86	6,36	4,98
$C_{\text{взвеш}}$	0,35	0,24	0,33	0,30	0,36	0,33
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
$C_{\text{общ}}$	6,29	3,61	6,97	6,20	5,25	5,11
$C_{\text{взвеш}}$	0,35	0,25	0,33	0,36	0,32	0,43
Озеро Мястро						
$C_{\text{общ}}$	9,34	7,92	9,96	8,57	9,63	11,31
$C_{\text{взвеш}}$	0,68	0,62	0,66	0,67	1,04	0,74
Озеро Баторино						
$C_{\text{общ}}$	11,44	10,59	13,29	14,43	12,73	11,35
$C_{\text{взвеш}}$	н	2,12	1,84	4,06	2,05	1,53

Таблица 2.10

Среднесезонные величины концентрации общего и взвешенного углерода (мг С/л) в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.10

Mean seasonal concentrations of total and suspended carbon (mg C/l) in the lakes in 2018 in comparison with the long-term data for the period 2006–2018

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Нарочь	<u>5,57</u>	<u>0,58</u>	<u>5,76</u>	<u>0,55</u>	<u>5,71</u>	<u>0,51</u>	<u>5,79</u>	<u>0,98</u>	<u>5,57</u>	<u>1,02</u>
	0,25	0,08	0,26	0,08	0,30	0,06	0,29	0,05	0,33	0,05
Мястро	<u>9,22</u>	<u>0,89</u>	<u>8,81</u>	<u>0,57</u>	<u>8,29</u>	<u>0,46</u>	<u>10,20</u>	<u>0,09</u>	<u>9,46</u>	<u>1,17</u>
	0,63	0,31	0,60	0,26	0,61	0,22	0,65	0,11	0,74	0,15
Баторино	<u>12,55</u>	<u>1,46</u>	<u>12,24</u>	<u>1,07</u>	<u>12,59</u>	<u>0,68</u>	<u>13,14</u>	<u>1,23</u>	<u>12,31</u>	<u>1,43</u>
	1,77	0,70	1,87	0,69	2,42	0,58	2,21	1,00	2,32	1,00

Примечание. В числителе – показатели для общего, в знаменателе – для взвешенного органического углерода.

Показатели содержания органического вещества в воде Нарочанских озер в вегетационный сезон текущего года близки к средним многолетним значениям за период 2006–2018 гг. (табл. 2.10).

2.6. Фосфор общий и фосфатный

2.6. Total phosphorus and phosphate

Пределы концентрации общего фосфора в воде оз. Нарочь в течение вегетационного сезона составляли 0,006–0,022 мг Р/л для обоих плесов. Близка была и среднесезонная концентрация: $0,013 \pm 0,005$ и $0,012 \pm 0,004$ мг Р/л соответственно. В воде оз. Мястро средняя для вегетационного сезона концентрация была равна $0,034 \pm 0,021$ мг Р/л (пределы колебаний 0,017–0,069 мг Р/л), в оз. Баторино – $0,033 \pm 0,011$ мг Р/л (пределы колебаний 0,016–0,047 мг Р/л). Фосфаты в воде Нарочанских озер обнаруживаются, как правило, в незначительных количествах (менее 0,005 мг Р/л). Исключение составляет оз. Мястро, где в конце вегетационного сезона концентрация фосфатов обычно повышается (в текущем сезоне до 0,014 мг Р/л в августе и до 0,022 мг Р/л в сентябре), и оз. Баторино (в сентябре 0,009 мг Р/л), как представлено в табл. 2.11. Крайне неожиданными явились высокие величины общего и фосфатного фосфора для оз. Нарочь за сентябрь, что вряд ли можно считать артефактом.

Таблица 2.11

**Концентрация общего фосфора ($P_{\text{общ}}$)
и фосфатов ($P-PO_4^{3-}$) (мг Р/л) в озерах
(интегральная проба воды, вегетационный сезон 2018 г.)**

Table 2.11

**Concentration of total phosphorus (P_{total})
and phosphates ($P-PO_4^{3-}$) (mg P/l) in the lakes
(integral water sample, the vegetative season 2018)**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
$P_{\text{общ}}$	0,016	0,006	0,012	0,012	0,022	0,010
$P-PO_4^{3-}$	0,002	0,003	0,001	0,001	0,012	0,001
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
$P_{\text{общ}}$	0,015	0,007	0,009	0,010	0,018	0,011
$P-PO_4^{3-}$	0,002	0,002	0,002	0,001	0,010	0
Озеро Мястро						
$P_{\text{общ}}$	0,024	0,017	0,020	0,069	0,052	0,024
$P-PO_4^{3-}$	0,002	0,001	0,004	0,014	0,022	0,003
Озеро Баторино						
$P_{\text{общ}}$	0,030	0,040	0,026	0,047	0,037	0,016
$P-PO_4^{3-}$	0,003	0,006	0,002	0,005	0,009	0,000

Среднесезонные величины общего и фосфатного фосфора (мг P/l) в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.12

Mean seasonal values of total and phosphate phosphorus (mg P/l) in the lakes in 2018 in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Нарочь	0,015	0,003	0,012	0,003	0,013	0,003	0,009	0,002	0,012	0,005
	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,004
Мястро	0,042	0,022	0,028	0,010	0,033	0,009	0,023	0,002	0,034	0,021
	0,010	0,014	0,005	0,004	0,005	0,004	0,002	0,003	0,008	0,008
Баторино	0,033	0,007	0,031	0,007	0,041	0,008	0,028	0,006	0,033	0,011
	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,003

Примечание. В числителе – показатели для общего, в знаменателе – для фосфатного фосфора.

Среднесезонные величины концентрации общего фосфора в Нарочанских озерах близки к многолетним значениям. Продолжается тенденция сближения концентраций общего фосфора в воде озер Мястро и Баторино (табл. 2.12).

2.7. Азот общий и минеральный

2.7. Total and mineral nitrogen

Общее содержание азота в воде оз. Нарочь в вегетационный сезон анализируемого года составило в Малом и Большом плесах в среднем соответственно $0,81 \pm 0,13$ и $0,86 \pm 0,06$ мг N/l, в оз. Мястро – $0,90 \pm 0,14$ мг N/l, в оз. Баторино – $1,31 \pm 0,39$ мг N/l. Общий запас азота представлен главным образом органическими соединениями.

Концентрация минерального азота в двух плесах оз. Нарочь была равна соответственно $0,081 \pm 0,014$ и $0,088 \pm 0,016$ мг N/l и состояла практически исключительно за счет аммонийной формы. Содержание нитратного и нитритного азота было ниже уровня аналитического определения. В воде оз. Мястро содержание минерального азота, тоже преимущественно в аммонийной форме, в среднем для сезона составило $0,171 \pm 0,036$ мг N/l. В воде оз. Баторино сумма минеральных форм азота была равна $0,222 \pm 0,030$ мг N/l. В сумме минеральных форм, также как в озерах Нарочь и Мястро, доминировал аммонийный азот, и только в начале и конце сезона нитратный азот определялся в значимых аналитических концентрациях ($0,019$ – $0,025$ мг N/l).

Таблица 2.13

Концентрация общего и минерального азота (мг N/l) в озерах (интегральная проба воды, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.13

Concentration of total and mineral nitrogen (mg N/l) in the lakes (integral water sample, the vegetative season 2018)

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
$N_{\text{общ}}$	1,03	0,78	0,63	0,83	0,77	0,84
$N_{\text{орг}}$	0,92	0,70	0,55	0,76	0,70	0,76

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
$N_{\text{минер}}$	0,110	0,079	0,080	0,075	0,071	0,073
$N-NH_4^+$	0,107	0,079	0,075	0,073	0,068	0,070
$N-NO_3^-$	0,003	0	0,005	0,002	0,003	0,003
$N-NO_2^-$	0	0	0	0	0	0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
$N_{\text{общ}}$	0,89	0,82	н	0,92	0,89	0,79
$N_{\text{орг}}$	0,78	0,74	н	0,82	0,81	0,71
$N_{\text{минер}}$	0,114	0,076	0,071	0,097	0,082	0,086
$N-NH_4^+$	0,112	0,076	0,069	0,094	0,082	0,086
$N-NO_3^-$	0,002	0	0,002	0,003	0	0
$N-NO_2^-$	0	0	0	0	0	0
Озеро Мястро						
$N_{\text{общ}}$	1,03	0,93	0,65	0,88	1,05	0,87
$N_{\text{орг}}$	0,90	0,73	0,51	0,65	0,88	0,70
$N_{\text{минер}}$	0,130	0,192	0,138	0,227	0,173	0,164
$N-NH_4^+$	0,126	0,190	0,136	0,226	0,165	0,139
$N-NO_3^-$	0,004	0,002	0,002	0,001	0,008	0,025
$N-NO_2^-$	0	0	0	0	0	0
Озеро Баторино						
$N_{\text{общ}}$	1,55	1,39	0,54	1,39	1,59	1,39
$N_{\text{орг}}$	1,34	1,12	0,31	1,16	1,38	1,21
$N_{\text{минер}}$	0,216	0,270	0,234	0,226	0,202	0,183
$N-NH_4^+$	0,197	0,270	0,234	0,223	0,195	0,174
$N-NO_3^-$	0,019	0	0	0,003	0,007	0,009
$N-NO_2^-$	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.14

**Среднесезонные величины концентрации азота (мг N/l) в озерах в 2018 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.**

Table 2.14

**The average seasonal concentration of nitrogen (mg N/l) in the lakes in 2018
in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018**

Показатель	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Озеро Нарочь										
$N_{\text{общ}}$	0,81	0,28	0,89	0,43	0,63	0,25	0,59	0,20	0,84	0,10
$N_{\text{минер}}$	0,049	0,037	0,045	0,017	0,029	0,018	0,048	0,040	0,085	0,015
$N-NH_4^+$	0,043	0,038	0,041	0,016	0,027	0,017	0,046	0,040	0,083	0,015
$N-NO_3^-$	0,005	0,005	0,004	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Показатель	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Озеро Мястро										
$N_{\text{общ}}$	1,07	0,31	1,01	0,51	0,63	0,28	0,76	0,30	0,90	0,14
$N_{\text{минер}}$	0,096	0,037	0,092	0,031	0,042	0,010	0,129	0,040	0,171	0,036
$N-NH_4^+$	0,081	0,034	0,081	0,027	0,035	0,006	0,123	0,039	0,164	0,038
$N-NO_3^-$	0,015	0,017	0,015	0,010	0,007	0,006	0,006	0,009	0,007	0,009
Озеро Баторино										
$N_{\text{общ}}$	1,32	0,51	1,28	0,47	0,80	0,24	0,94	0,40	1,31	0,39
$N_{\text{минер}}$	0,183	0,110	0,233	0,155	0,215	0,128	0,290	0,162	0,222	0,030
$N-NH_4^+$	0,134	0,049	0,180	0,106	0,184	0,108	0,223	0,079	0,216	0,034
$N-NO_3^-$	0,049	0,085	0,051	0,102	0,030	0,045	0,066	0,127	0,006	0,007

Доля минерального азота в воде всех трех озер в текущем сезоне была довольно близка и составила $10,1 \pm 1,5 \%$ и $10,5 \pm 1,4 \%$ в двух плесах оз. Нарочь, $19,3 \pm 4,5 \%$ в оз. Мястро и $19,8 \pm 11,8 \%$ в оз. Баторино (табл. 2.13).

Сравнительные данные о концентрациях соединений азота указывают, что в текущем сезоне концентрации общего азота в воде Нарочанских озер находятся в пределах, характерных для двух последних лет. Сумма минеральных форм азота в оз. Баторино близка к средним многолетним, тогда как в озерах Нарочь и Мястро превышала значения последних лет, как представлено в табл. 2.14.

2.8. Сестон (взвешенные вещества), содержание зольных элементов в его составе

2.8. Seston (suspended solids), ash content

Содержание взвешенных в воде веществ (сестона), как указывалось ранее (разд. 1.2), определялось в двух размерных фракциях: общее содержание взвеси, собранное на мембранных фильтрах с диаметром пор 0,4 мкм, где улавливается практически вся взвесь (анализ проводится с 2010 г.), и фракция сестона, задерживаемая на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм (принятый нами стандарт в многолетнем мониторинге). Разность между ними представляет мелкодисперсную фракцию.

В табл. 2.15 приведены результаты, характеризующие изменения концентрации сестона в Нарочанских озерах в вегетационном сезоне 2018 г. Среднее для вегетационного сезона содержание сестона в оз. Нарочь в двух размерных фракциях ($1,5$ и $0,4$ мкм) составило $1,03 \pm 0,13$ мг/л (от $0,83$ до $1,18$ мг/л) и $1,42 \pm 0,15$ мг/л (от $1,23$ до $1,57$ мг/л) в Малом плесе и $1,16 \pm 0,24$ (от $1,03$ до $1,64$ мг/л) и $1,59 \pm 0,19$ мг/л (от $1,44$ до $1,96$ мг/л) в Большом плесе. Мелкоразмерная фракция ($>0,4$, но $<1,5$ мкм) в сестоне оз. Нарочь в течение сезона колебалась в широких пределах (от $16,3$ до $35,7 \%$), составив в среднем $27,0 \pm 5,9 \%$ в воде Малого плеса и $27,7 \pm 6,1 \%$ в воде Большого плеса от общего содержания сестона.

В оз. Мястро концентрация сестона в вегетационном сезоне 2018 г. изменялась от $2,19$ до $4,17$ мг/л на фильтрах $0,4$ мкм и от $1,72$ до $3,63$ мг/л на фильтрах $1,5$ мкм. Средние для вегетационного сезона величины составили соответственно $2,84 \pm 0,79$ и $2,38 \pm 0,75$ мг/л. Среднее содержание мелкоразмерной фракции составило $16,6 \pm 6,4 \%$ при колебаниях от $6,1$ до $23,4 \%$.

Сравнительно высок во время вегетационного сезона был размах колебаний концентрации взвеси в оз. Баторино (от 5,89 до 13,85 мг/л на фильтрах 0,4 мкм и от 5,25 до 13,13 мг/л на фильтрах 1,5 мкм), как следует из данных, представленных в табл. 2.15. Минимальные значения отмечены в конце сезона, максимальные – в августе. Средние для вегетационного сезона величины на двух типах фильтров составили $9,35 \pm 2,91$ мг/л и $8,26 \pm 2,75$ мг/л соответственно. Доля мелкоразмерной фракции в течение сезона изменялась в пределах от 2,8–5,2 % в сентябре – августе до 18,8 % в июле, составив в среднем $11,6 \pm 6,5$ %.

Таблица 2.15

Концентрация сестона (мг/л) и зольных элементов (%) в его составе в озерах (интегральная проба воды, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.15

The concentration of seston (mg/l) and ash elements (%) in its composition in lakes (integral water sample, the vegetative season 2018)

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
$C_{\text{сест}}$, мг/л	$\frac{1,09}{1,50}$	$\frac{0,83}{1,23}$	$\frac{1,01}{1,57}$	$\frac{0,95}{1,23}$	$\frac{1,14}{1,47}$	$\frac{1,18}{1,50}$
Зола, %	36,3	41,0	34,1	37,8	36,0	43,7
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
$C_{\text{сест}}$, мг/л	$\frac{1,13}{1,57}$	$\frac{1,07}{1,60}$	$\frac{1,04}{1,44}$	$\frac{1,04}{1,45}$	$\frac{1,03}{1,53}$	$\frac{1,64}{1,96}$
Зола, %	37,4	53,1	36,0	31,3	37,5	47,2
Озеро Мястро						
$C_{\text{сест}}$, мг/л	$\frac{1,95}{2,42}$	$\frac{1,72}{2,19}$	$\frac{1,77}{2,31}$	$\frac{2,32}{2,47}$	$\frac{3,63}{4,17}$	$\frac{2,88}{3,45}$
Зола, %	30,1	27,9	25,5	41,9	42,6	48,8
Озеро Баторино						
$C_{\text{сест}}$, мг/л	$\frac{9,11}{10,92}$	$\frac{8,33}{9,83}$	$\frac{7,24}{8,92}$	$\frac{13,13}{13,85}$	$\frac{6,48}{6,67}$	$\frac{5,25}{5,89}$
Зола, %	н	49,1	49,3	38,1	36,8	41,8

Примечание. В числителе – взвесь на фильтрах с размером пор 1,5 мкм, в знаменателе – 0,4 мкм.

Минеральная компонента взвеси (зольность сестона) была равна примерно половине общего ее содержания, составив в среднем для сезона $38,2 \pm 3,6$ и $40,4 \pm 8,1$ % в Малом и Большом плесах оз. Нарочь, $36,1 \pm 9,5$ в оз. Мястро и $43,0 \pm 5,9$ % в оз. Баторино.

Таблица 2.16

Среднесезонные величины концентрации сестона, зольных элементов в его составе в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.16

Mean seasonal concentrations of seston, ash elements in its composition in the lakes in 2018 in comparison with the long-term data for the period 2006–2018

Показатель	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Озеро Нарочь										
$C_{\text{сест}}$, мг/л	0,87	0,25	0,93	0,24	1,04	0,22	1,04	0,20	1,10	0,19
Зола, %	41,7	7,6	38,9	6,6	41,7	4,5	44,1	6,4	39,3	6,1

Показатель	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Озеро Мястро										
$C_{\text{сест}}$, мг/л	2,41	1,27	2,38	1,07	2,32	0,76	2,17	0,15	2,38	0,75
Зола, %	44,8	7,6	45,1	7,4	47,6	7,8	40,2	7,9	36,1	9,5
Озеро Баторино										
$C_{\text{сест}}$, мг/л	6,42	2,35	7,33	2,36	8,91	1,51	8,33	3,90	8,26	2,75
Зола, %	46,0	6,9	48,1	6,6	46,0	6,4	46,8	4,6	43,0	5,9

Средние для вегетационного сезона величины концентрации взвешенных в воде веществ и минеральной компоненты сестона (сопоставлены результаты для взвеси, собранной на фильтры с диаметром пор 1,5 мкм) в текущем году были близки к средним многолетним значениям (табл. 2.16).

2.9. Содержание хлорофилла *a* в сестоне

2.9. Chlorophyll *a* in seston

Сезонная динамика содержания хлорофилла *a* в сестоне — важнейшего показателя количественного развития фитопланктона в озерах — в значительной мере определяется продолжительностью ледостава и режимом перемешивания водной массы, который характеризуется наличием или отсутствием температурной стратификации в весенне-летний период. В оз. Нарочь раннее освобождение ото льда сопровождается ранним развитием весеннего максимума фитопланктона. В принятых в многолетнем мониторинге границах вегетационного сезона (май — октябрь) в мае он в такие годы пропускается. Так, например, в 2016 и 2018 гг. в связи с ранним вскрытием оз. Нарочь весенний максимум фитопланктона наблюдался в апреле. Содержание хлорофилла в апреле 2018 г. (см. с. 40) оказалось выше величин, наблюдаемых в летние месяцы. Результаты наблюдений на протяжении вегетационного сезона приведены в табл. 2.17. Длительный период существования температурной стратификации в озере обусловил низкие величины содержания хлорофилла в мае — июле (0,59–0,80 мкг/л на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм и 1,21–1,26 мкг/л на фильтрах с диаметром пор 0,4 мкм). Лишь с началом полного перемешивания водной массы озера в августе — сентябре абсолютное и относительное содержание хлорофилла нарастало, достигнув максимума к концу вегетационного сезона в октябре. Характер сезонной динамики в двух плесах озера сходен с небольшими различиями значений, за исключением крайне высокого превышения уровня хлорофилла в Большом плесе относительно Малого в октябре. Столь большие различия абсолютного содержания хлорофилла в Большом и Малом плесах, как 3,54 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм и 4,44 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм против 1,93 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм и 2,48 на фильтрах 0,4 мкм, практически не встречались. В среднем за вегетационный сезон абсолютное содержание хлорофилла на фильтрах 0,4 мкм составляло $2,03 \pm 1,26$ мкг/л в Большом и $1,68 \pm 0,55$ мкг/л в Малом плесах, на фильтрах 1,5 мкм соответственно — $1,44 \pm 1,10$ и $1,09 \pm 0,52$ мкг/л. Доля хлорофилла в сухой массе сестона в двух плесах практически не различалась с тенденцией несколько более высоких значений на фильтрах 0,4 мкм. В среднем за сезон на фильтрах 1,5 мкм доля хлорофилла в сестоне соста-

вила $0,11 \pm 0,04$ %, на фильтрах 0,4 мкм – $0,13 \pm 0,04$ %. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей компоненты взвеси с небольшими различиями сезонной динамики в плесах в среднем за сезон оказалась близкой $33,8 \pm 11,2$ и $30,1 \pm 11,3$ %.

Таблица 2.17

**Абсолютное и относительное содержание хлорофилла а
в сестоне Нарочанских озер в вегетационном сезоне 2018 г.**

Table 2.17

**Absolute and relative content of chlorophyll a
in the seston of the Naroch lakes in the vegetative season 2018**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
$C_{хл}$, мкг/л (1,5 мкм)	0,72	0,59	0,80	0,99	1,52	1,93
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,07	0,07	0,08	0,12	0,13	0,16
$C_{хл}$, мкг/л (0,4 мкм)	1,28	1,21	1,26	1,64	2,22	2,48
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,09	0,10	0,08	0,13	0,15	0,17
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
$C_{хл}$, мкг/л (1,5 мкм)	0,72	0,63	0,89	1,17	1,71	3,54
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,06	0,06	0,09	0,11	0,17	0,22
$C_{хл}$, мкг/л (0,4 мкм)	1,08	1,02	1,53	1,99	2,12	4,44
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,09	0,06	0,11	0,14	0,14	0,23
Озеро Мястро						
$C_{хл}$, мкг/л (1,5 мкм)	5,01	4,68	3,22	5,37	9,77	9,87
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,26	0,27	0,18	0,23	0,27	0,34
$C_{хл}$, мкг/л (0,4 мкм)	6,78	5,85	4,65	6,63	11,34	10,69
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,28	0,27	0,20	0,27	0,27	0,31
Озеро Баторино						
$C_{хл}$, мкг/л (1,5 мкм)	8,40	8,82	3,94	12,17	5,63	7,22
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,09	0,11	0,05	0,09	0,09	0,14
$C_{хл}$, мкг/л (0,4 мкм)	11,81	10,93	5,42	15,12	7,23	8,28
$C_{хл}$, % в сух. массе	0,11	0,11	0,06	0,11	0,11	0,14

Сезонная динамика содержания хлорофилла в пелагиали оз. Мястро в сезоне 2018 г. имела сходные черты с динамикой, наблюдаемой в оз. Нарочь. Весенний максимум наблюдался в апреле – 8,93 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм и 7,29 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм. Температурная стратификация водного слоя с градиентом температуры между поверхностным и придонным слоями около 6 °С сохранялась до августа, хотя и с небольшим градиентом (см. разд. 2.1). Следовательно, полное перемешивание водной массы произошло в августе – сентябре. Режим перемешивания водного слоя в озере определил ход сезонной динамики развития фитопланктона. Как и в оз. Нарочь, минимальное содержание хлорофилла наблюдалось в июле – 3,22 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм и 4,65 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм, максимальное – в сентябре – 9,8 и 11,3 мкг/л соответственно (табл. 2.17).

В среднем для вегетационного сезона 2018 г. абсолютное содержание хлорофилла в оз. Мястро составило $7,66 \pm 2,72$ и $6,28 \pm 2,83$ мкг/л на фильтрах 0,4 и 1,5 мкм. Относительное содержание хлорофилла в сухой массе сестона на протяжении сезона оставалось достаточно высоким (0,18–0,34 % на фильтрах 1,5 мкм и 0,20–0,31 % на фильтрах 0,4 мкм) с минимальными значениями в июле и максимальными в октябре. За весь период наблюдений (ноябрь 2017 г. – октябрь 2018 г.) величины данного показателя были значительно выше, чем в озерах Нарочь и Баторино (см. табл. 2.17). Относительная доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Мястро оказалась значительно ниже, чем в оз. Нарочь, – в среднем за сезон $20,2 \pm 8,4$ % против $30,2 \pm 10,9$ %. С мая по август доля данной фракции колебалась в пределах от 20,0 до 30,8 %, но резко снизилась в сентябре (13,8 %) и октябре (7,6 %).

В оз. Баторино с конца апреля по июнь абсолютное содержание хлорофилла оставалось достаточно ровным – от 10,48 до 11,81 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм и от 8,14 до 8,82 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм. После резкого снижения в июле (до 5,42 и 3,94 мкг/л) в августе наблюдался летний максимум – 15,12 и 12,7 мкг/л на указанных фильтрах. Относительное содержание хлорофилла в сестоне на протяжении всего сезона было низким – 0,05 % в июле и 0,14 % в октябре. Средние за сезон величины абсолютного содержания хлорофилла в оз. Баторино ($9,81 \pm 3,50$ и $7,70 \pm 2,84$ мкг/л) оказались немногим выше, чем в оз. Мястро, а относительные значения ($0,10 \pm 0,03$ %) – намного ниже. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Баторино изменялась на протяжении сезона от 12,8 % (в октябре) до 28,8 % (в мае). Среднесезонные величины данного показателя в двух озерах практически совпали.

Таблица 2.18

Среднесезонные величины абсолютного и относительного содержания хлорофилла а в сестоне озер в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2017 гг.

Table 2.18

Mean seasonal absolute and relative chlorophyll a content in the lakes seston in 2018 in comparison with the long-term data for the period 2006–2017

Показатель	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Озеро Нарочь										
$C_{\text{хл}}$, мкг/л	1,24	0,21	1,29	0,19	1,05	0,55	1,54	0,84	1,27	0,46
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,14	0,02	0,14	0,01	0,10	0,05	0,15	0,05	0,13	0,04
Озеро Мястро										
$C_{\text{хл}}$, мкг/л	4,48	1,68	4,55	1,17	3,92	1,91	5,36	1,45	6,28	2,83
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,18	0,02	0,19	0,04	0,15	0,06	0,25	0,07	0,26	0,05
Озеро Баторино										
$C_{\text{хл}}$, мкг/л	9,18	1,47	8,00	2,25	12,29	5,11	9,84	6,48	7,70	2,84
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,17	0,06	0,11	0,03	0,14	0,07	0,11	0,03	0,10	0,03

В ряду многолетних наблюдений, как следует из представленных в табл. 2.18 данных, полученные в вегетационном сезоне 2018 г. средние значения показателей в озерах Нарочь и Баторино остались в пределах многолетних межгодовых колебаний. Напротив, в оз. Мястро в последние два года отмечается увеличение как абсолютного, так и относительного содержания хлорофилла в сестоне. Обращает на себя внимание близкий уровень среднесезонных абсолютных величин хлорофилла в озерах Мястро и Баторино в 2018 г., что может свидетельствовать о тенденции возрастания трофии оз. Мястро.

2.10. Потенциальный фотосинтез планктона

2.10. Photosynthesis of plankton

В вегетационном сезоне анализируемого года исследований скорость потенциального фотосинтеза на оптимальной глубине в озерах Нарочь (Малый и Большой плесы), Мястро и Баторино составила в среднем соответственно $0,24 \pm 0,07$, $0,22 \pm 0,08$, $1,04 \pm 0,62$ и $1,24 \pm 0,54$ мг O_2 /л·сут, а скорость аэробной деструкции, как будет показано в разд. 2.11, была равна соответственно $0,17 \pm 0,07$, $0,17 \pm 0,07$, $0,32 \pm 0,08$ и $0,63 \pm 0,16$ мг O_2 /л·сут. Таким образом, в толще воды на оптимальной для фотосинтеза глубине продукционные процессы, как правило, преобладают над деструкционными. В оз. Нарочь максимальный уровень потенциального фотосинтеза отмечен в августе, а минимальный – в начале вегетационного сезона. В оз. Мястро высокий продукционный потенциал также отмечен в августе, а минимальный – в начале сезона. В оз. Баторино максимальные величины наблюдались в августе, минимальные – в конце сезона, как показано в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Потенциальный фотосинтез (мг O_2 /л·сут) в озерах (интегральная проба, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.19

Potential photosynthesis (mg O_2 /l per day) in the lakes (in the integral samples, the vegetative season 2018)

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	0,18 (15,2–16,8 °C)	0,19 (19,9–19,9 °C)	0,20 (19,9–19,9 °C)	0,36 (19,6–21,8 °C)	0,28 (17,0–17,2 °C)	0,22 (10,3–10,5 °C)
	0,07 (15,2–16,8 °C)	0,22 (19,9–19,9 °C)	0,26 (19,9–19,9 °C)	0,32 (19,6–21,8 °C)	0,21 (17,0–17,2 °C)	0,26 (10,3–10,5 °C)
Мястро	0,40 (14,8–16,2 °C)	0,70 (19,6–21,0 °C)	0,72 (19,2–21,0 °C)	2,12 (21,0–21,2 °C)	1,40 (15,1–17,4 °C)	0,89 (9,9–10,5 °C)
Баторино	0,94 (14,8–14,8 °C)	1,77 (18,7–20,0 °C)	1,04 (17,0–19,0 °C)	2,05 (18,0–20,0 °C)	0,86 (18,6–18,9 °C)	0,75 (9,8–9,9 °C)

Примечание. В скобках указан размах колебаний температуры воды в озере в период экспозиции склянок.

Таблица 2.20

Среднесезонные величины потенциального фотосинтеза (мг O_2 /л·сут) в озерах в 2018 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.20

Mean seasonal values of potential photosynthesis (mg O_2 /l per day) in the lakes in 2018 in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$
Нарочь	0,27	0,10	0,28	0,10	0,26	0,08	0,20	0,15	0,23	0,07
Мястро	0,78	0,46	0,71	0,35	0,75	0,21	0,85	0,65	1,04	0,62
Баторино	1,33	0,52	1,16	0,56	1,64	0,39	1,08	0,45	1,24	0,54

Среднесезонные значения скорости потенциального фотосинтеза в текущем году во всех трех озерах, за исключением более высоких величин в оз. Мястро, не выходили за пределы многолетних колебаний (табл. 2.20).

2.11. Аэробная деструкция органического вещества и биохимическое потребление кислорода (БПК)

2.11. Aerobic destruction of organic matter and biochemical oxygen demand (BOD)

В текущем году средняя для вегетационного сезона скорость аэробной деструкции в озерах Нарочь (Малый и Большой плесы), Мястро и Баторино составила соответственно $0,17 \pm 0,07$, $0,17 \pm 0,07$, $0,32 \pm 0,08$ и $0,63 \pm 0,16$ мг O_2 /л·сут. Минимальные величины в оз. Нарочь зарегистрированы в начале и конце сезона, максимальные – в июле – сентябре. В оз. Мястро минимальные величины наблюдали в конце вегетационного сезона, максимальные – в августе. В воде оз. Баторино минимальные значения приходились на начало вегетационного сезона, высокие – в течение сезона, как показано в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Скорость деструкции (мг O_2 /л·сут) в озерах
(интегральная проба, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.21

Decomposition rate (mg O_2 /l per day) in the lakes
(integral sample, the vegetative season 2018)

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь , Малый плес	0,20 (15,2–16,8 °C)	0,13 (19,9–19,9 °C)	0,17 (19,9–19,9 °C)	0,21 (19,6–21,8 °C)	0,26 (17,0–17,2 °C)	0,07 (10,3–10,5 °C)
	0,16 (15,2–16,8 °C)	0,10 (19,9–19,9 °C)	0,23 (19,9–19,9 °C)	0,20 (19,6–21,8 °C)	0,23 (17,0–17,2 °C)	0,08 (10,3–10,5 °C)
Мястро	0,32 (14,8–16,2 °C)	0,38 (19,6–21,0 °C)	0,30 (19,2–21,0 °C)	0,43 (21,0–21,2 °C)	0,21 (15,1–17,4 °C)	0,25 (9,9–10,5 °C)
Баторино	0,34 (14,8–14,8 °C)	0,80 (18,7–20,0 °C)	0,69 (17,0–19,0 °C)	0,58 (18,0–20,0 °C)	0,63 (18,6–18,9 °C)	0,72 (9,8–9,9 °C)

Примечание. В скобках указан размах колебаний температуры воды в озере в период экспозиции склянок.

Средние значения уровня деструкции в водной массе озер Нарочь и Мястро в вегетационный сезон 2018 г. находились в пределах многолетних значений, за исключением более высокого уровня в оз. Баторино (табл. 2.22).

Скорости биохимического потребления кислорода (БПК) при экспозиции в темноте при температуре 20 °C в течение 1 и 5 суток для вегетационного сезона представлены в табл. 2.23. Потребление кислорода в течение первых суток составляет $21,2 \pm 12,7$ % в оз. Нарочь, $26,3 \pm 7,3$ % в оз. Мястро и $30,7 \pm 12,5$ % в оз. Баторино в сопоставлении с потреблением кислорода в течение 5 суток.

Таблица 2.22

Среднесезонные величины деструкции (мг O₂/л · сут) в озерах в 2018 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.22

Mean seasonal destruction values (mg O₂/l per day) in lakes in 2018
in comparison with the multi-year data for the period 2006–2018

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Нарочь	0,21	0,16	0,17	0,10	0,17	0,08	0,13	0,06	0,17	0,06
Мястро	0,31	0,17	0,26	0,12	0,33	0,18	0,33	0,14	0,32	0,08
Баторино	0,52	0,27	0,47	0,27	0,53	0,09	0,39	0,17	0,63	0,16

Таблица 2.23

Величины БПК₁ и БПК₅ (мг O₂/л) в озерах
(интегральная проба, вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.23

BOD₁ and BOD₅ values (mg O₂/l) in the lakes (integral sample, the vegetative season 2018)

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь , Малый плес	<u>0,12</u> 0,78	<u>0,10</u> 0,95	<u>0,13</u> 0,72	<u>0,18</u> 0,73	<u>0,38</u> 0,78	<u>0,17</u> 0,86
	<u>0,05</u> 0,87	<u>0,13</u> 0,89	<u>0,13</u> 0,76	<u>0,23</u> 0,94	<u>0,38</u> 0,89	<u>0,12</u> 0,96
Мястро	<u>0,45</u> 1,55	<u>0,33</u> 1,59	<u>0,45</u> 1,84	<u>0,48</u> 1,21	<u>0,35</u> 1,49	<u>0,23</u> 1,14
Баторино	<u>0,31</u> 2,04	<u>0,86</u> 1,94	<u>н</u> 2,11	<u>0,64</u> 2,77	<u>0,60</u> 2,09	<u>0,78</u> 1,84

Примечание. В числителе – показатели для БПК₁, в знаменателе – для БПК₅.

Средние для вегетационного сезона величины БПК₁ и БПК₅ равны 0,18 ± 0,10 и 0,80 ± 0,09 мг O₂/л в Малом плесе, 0,17 ± 0,12 и 0,89 ± 0,07 мг O₂/л в Большом плесе оз. Нарочь, 0,38 ± 0,10 и 1,47 ± 0,26 мг O₂/л в оз. Мястро и 0,64 ± 0,21 и 2,13 ± 0,33 мг O₂/л в оз. Баторино, как следует из данных, представленных в табл. 2.23.

Среднесезонные величины БПК₅ в вегетационный сезон 2018 г. близки к многолетним данным (табл. 2.24).

Таблица 2.24

Среднесезонные величины БПК₅ (мг O₂/л) в озерах в 2018 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2018 гг.

Table 2.24

The average seasonal BOD₅ (mg O₂/l) in the lakes in 2018
compared with the long-term data for the period 2006–2018

Озеро	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Нарочь	0,95	0,42	0,73	0,25	0,69	0,18	0,68	0,19	0,84	0,09
Мястро	1,37	0,49	1,15	0,43	1,31	0,31	1,41	0,29	1,47	0,26
Баторино	2,06	0,44	1,79	0,51	2,51	1,14	1,79	0,34	2,13	0,33

В целом показатели качества воды во время вегетационного сезона 2018 г. были близки к средним многолетним значениям, учитывая наблюдаемую их межгодовую вариабельность.

В заключение можно сделать вывод, что гидрохимический режим в озерах Нарочанской группы в течение вегетационного сезона 2018 г. находился в пределах межгодовых колебаний последних лет.

2.12. Фитопланктон

2.12. Phytoplankton

Видовой состав фитопланктона озер в анализируемом году приводится, как и в предыдущем, на основании камеральной обработки количественных осадочных интегральных мониторинговых проб, отбирившихся на протяжении вегетационного сезона и в осенний, зимний и весенний периоды, а также вертикальных серий на семи горизонтах в оз. Нарочь и на четырех-пяти горизонтах в оз. Мястро. Результаты приведены в табл. 2.25.

Таблица 2.25

Число видов в разных отделах водорослей, обнаруженных в течение вегетационного сезона (май – октябрь) 2018 г.

Table 2.25

The number of species in different divisions of algae found during the vegetative season (may – october) 2018

Отделы водорослей	Озеро Нарочь	Озеро Мястро	Озеро Баторино
Синезеленые (=цианобактерии)	14	12	19
Криптофитовые	7	7	5
Динофитовые	3	4	4
Золотистые	9	12	16
Диатомовые	18	14	16
Эвгленовые	1	–	–
Желтозеленые	1	–	1
Зеленые:	20	14	38
вольвоксовые	1	–	–
хлорококковые	15	14	33
десмидиевые	3	–	3
улотриксковые	–	–	2
конъюгаты	1	–	–
Всего	73	63	99

В отличие от предыдущего года в 2018 г. в оз. Мястро выявлено меньшее количество видов (63 против 97). Оно оказалось более низким, чем в двух других озерах, – 73 вида в Нарочи и наибольшее – (99) в оз. Баторино. Во всех озерах первое место по числу видов заняли зеленые водоросли (преимущественно хлорококковые). В 2017 г. в оз. Нарочь зеленые были на втором месте за счет всего двух представителей диатомовых. Диатомовые были в текущем году более широко представлены в оз. Мястро, а в оз. Баторино – цианопрокариоты (19 видов). Число выявленных в 2018 г. в оз. Баторино видов диато-

мовых и золотистых водорослей, деливших второе место, было таким же, как в 2017 г. (по 16 представителей).

Как и в 2017 г., выявлено несколько видов (7), не отмечавшихся ранее в Нарочанских озерах и во флоре Беларуси (табл. 2.26).

Таблица 2.26

Виды водорослей, впервые отмеченные в фитопланктоне озер в 2018 г.

Table 2.26

Species of algae first noted in the phytoplankton of the lakes in 2018

Отделы водорослей	Виды
Озеро Баторино	
Зеленые (хлорококковые)	<i>Tetraëdron regulare</i> Kützing
Озеро Мястро	
Зеленые (хлорококковые)	<i>Diplochloris dichotomococcoides</i> B. Fott
Золотистые	<i>Dinobryon mucicolum</i> (Balogh) Bourrelly
Озеро Нарочь	
Зеленые (хлорококковые)	<i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek
хлорококковые	<i>Siderocelis ornata</i> (Fott) Fott (<i>Oocystis ornata</i> Fott)
хлорококковые	<i>Gloeocystis gigas</i> (Kützing) Lagerheim
(конъюгаты)	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary

Из приведенных в табл. 2.26 новыми для флоры Беларуси являются три вида. Это два представителя зеленых (хлорококковых) водорослей *Gloeocystis gigas* (Kützing) Lagerheim и *Diplochloris dichotomococcoides* B. Fott и один представитель золотистых *Dinobryon mucicolum* (Balogh) Bourrelly.

В табл. 2.27 приведен помесячно состав видов, входивших в доминировавшие комплексы по численности организмов и по биомассе на протяжении вегетационного сезона 2018 г.

Таблица 2.27

Доминирующий комплекс видов фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в течение вегетационного периода 2018 г.

Table 2.27

The dominant phytoplankton species complex of the lakes Naroch, Myastro, Batorino during the vegetative season 2018

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1				
17.05.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i>	31,4	<i>Dinobryon sociale</i>	73,6
	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	29,1	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	14,7
	<i>Cyclotella</i> sp.	15,7		
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	12,3		
	<i>Dinobryon sociale</i>	7,2		
11.06.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i>	31,9	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	59,0
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	26,6	<i>Anabaena lemmermannii</i>	14,2
	<i>Pseudokephyrion entzii</i>	16,0	<i>Woloszynskia ordinata</i>	8,4
	<i>Cyclotella</i> sp.	10,6	<i>Rhodomonas pusilla</i>	8,0
	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	5,3		
	<i>Oocystis pusilla</i>	5,3		

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
10.07.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cryptomonas marssonii</i>	44,8 27,4 10,0 7,5	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	44,4 26,4 9,0 8,2
20.08.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cryptomonas marssonii</i>	68,1 14,6 7,3	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp.	24,9 24,1 19,7 8,8 7,5 5,4
11.09.2018	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	38,3 36,2 14,9	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Gloeocapsa turgida</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Anabaena lemmermannii</i>	37,4 12,5 9,5 7,9 7,7 7,4 5,1
15.10.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Aphanothece clathrata</i>	63,5 7,3 5,4 5,4	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp.	26,6 17,0 15,5 15,5 7,5
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2				
17.05.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp.	39,7 32,8 11,2	<i>Dinobryon sociale</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	80,0 5,0
11.06.2018	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Pseudokephyrion entzii</i>	41,5 36,0 8,3 5,5	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	70,5 12,5 6,5
10.07.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	48,5 20,4 15,3 15,3	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Cyclotella</i> sp.	32,0 12,0 11,4 7,9 4,1
20.08.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	49,9 19,2 7,7 7,7	<i>Volvox polychlamys</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Scenedesmus disciformis</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Navicula</i> sp.	22,1 19,8 14,7 11,0 10,5 7,5 5,8
11.09.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cryptomonas marssonii</i>	62,2 23,3 5,2	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	41,4 16,4 12,1 6,7

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
15.10.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Cyclotella</i> sp.	48,9 19,8 9,3 5,3 5,3	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cryptomonas ovata</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	29,2 22,6 15,1 8,3 8,3 6,2 6,0
Озеро Мястро				
15.05.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Kephyrion sphaericum</i>	35,0 31,9 10,4 7,6	<i>Dinobryon sociale</i>	85,4
18.06.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	59,7 8,4	<i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Anabaena planctonica</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Anabaena circinalis</i> <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Anabaena lemmermannii</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>	17,1 12,4 11,9 11,3 9,5 9,4 7,6 6,8
12.07.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chromulina</i> sp.	71,6 11,6	<i>Dinobryon sociale</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	27,2 18,4 13,5 9,7
15.08.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Aphanothece clathrata</i>	56,8 7,9 6,3 6,3 6,3	<i>Anabaena spiroides</i> <i>Aulacoseira distans</i> <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	23,0 17,5 17,2 8,3 7,3 6,9 6,4
13.09.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Gloeocapsa minor</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Cryptomonas ovata</i>	49,7 22,6 5,6 5,6	<i>Anabaena circinalis</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> Циста динофитовых <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aulacoseira distans</i> <i>Cryptomonas ovata</i> <i>Dinobryon sociale</i>	15,9 14,2 12,2 11,1 10,8 6,9 5,7 5,5 5,4
17.10.2018	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Asterionella formosa</i>	62,6 10,4 9,2	<i>Asterionella formosa</i> <i>Sphaerocystis planctonica</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas pusilla</i>	28,7 18,1 16,0 9,6 8,2

Дата	Виды – доминанты по численности организмов	%	Виды – доминанты по биомассе	%
Озеро Баторино				
14.05.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Aphanothece clathrata</i>	39,4 6,1 6,1 6,1	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Tetraëdron minimum</i> <i>Kephyrion sphaericum</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	15,2 12,7 7,9 6,1 5,4 5,2
13.06.2018	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Crucigenia tetrapedia</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	37,5 12,5 9,4 6,2 6,2	<i>Melosira varians</i>	73,4
09.07.2018	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	36,4 15,3 9,6	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Melosira varians</i>	19,0 17,5 13,7 11,0 8,4
13.08.2018	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Scenedesmus quadricauda</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Crucigenia fenestrata</i>	29,2 12,0 8,6 5,2 5,2 5,2 5,2	<i>Melosira varians</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Pinnularia</i> sp. <i>Microcystis wesenbergii</i>	45,3 21,8 5,3 5,3
10.09.2018	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	42,3 16,0 14,6	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Anabaena circinalis</i>	31,3 15,6 8,7 6,5
18.10.2018	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Oocystis pusilla</i> <i>Didymocystis planctonica</i>	20,4 14,6 10,2 10,2 5,8	<i>Melosira varians</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cryptomonas woloszynskae</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	39,4 9,9 7,3 6,6

Анализируя состав доминирующего комплекса видов на протяжении вегетационного сезона 2018 г., можно отметить, что в оз. Нарочь и в Малом, и в Большом плесах на протяжении всего сезона доминирующим по численности организмом, как и в подледный период, был представитель криптононад *Rh. pusilla*. Его относительное участие в общей численности организмов в Малом плесе варьировало от 31,4 (в мае) до 68,1 % (в августе), в Большом – от 36,0 (в июне) до 62,2 % (в сентябре), при этом ввиду своей мелко-клеточности его вклад в общую биомассу фитопланктона находился чаще всего в пределах 5–15 %, и только в августе в Малом плесе он достиг 25 %. Напомним (см. разд. 1.3), что в осенне-зимний и весенний периоды его вклад в биомассу был примерно таким же, по биомассе его существенно опережал другой представитель криптононад – *Rh. lens* (от 38,9 до 76,5 %). В 2017 г. около 60 % численности и биомассы доминировавших в мае видов определяли диатомовые водоросли, преимущественно из рода *Cyclotella*. В мае 2018 г. наибольший вклад в биомассу вносил крупноклеточный представитель золотистых *D. sociale*

(73,6 % в Малом плесе и 80,0 % в Большом). Вклад диатомовых в 2018 г. был выше не в мае, как в 2017 г., а в июне (в Малом плесе 59 %, в Большом 70,5 %) и июле (44,4 % в Малом плесе и 32 % в Большом). С июля в Большом плесе (12 %) и с августа в Малом (7,5 %) в составе доминантов появляется представитель цианобактерий *Aph. clathrata*. Его относительное участие в биомассе в Большом плесе было выше, чем в Малом, — 12,0–22,6 % против 7,5–15,5 в Большом. В августе — сентябре состав видов-доминантов расширяется до 6–7. От 11,0 до 41,4 % вносит в биомассу крупноклеточный представитель динофитовых *Ceratium hirundinella*. В сентябре и особенно в октябре снова возрастает доля диатомовых в биомассе — в Малом плесе до 34,1 %, из них 26,6 % за счет *C. meneghiniana*, в Большом — до 52,6 %, из которых 29,2 % определяет *Fragilaria crotonensis*.

В оз. Мястро, как и в оз. Нарочь, в 2018 г. самым многочисленным на протяжении всего вегетационного сезона был также представитель криптоноад *Rh. pusilla*. В мае он определял 35,0 % численности организмов, а в дальнейшем его значимость только увеличивалась — в июне уже достигла 68,1 % и на протяжении июля — октября оставалась в пределах 49,7–71,6 %. Тем не менее по биомассе в майском фитопланктоне ни один представитель криптоноад не вошел в состав доминировавшего комплекса. Доминировал, как и в оз. Нарочь, представитель золотистых *D. sociale* (85,4 %). В дальнейшем в июне — сентябре доленое участие криптоноад в оз. Мястро в разные месяцы различалось в два раза: 29 % — в июне, 32 — в сентябре, 18,4 — в июле, 15,6 — в августе, еще ниже — 8,2 % — в октябре. В июне — сентябре сходный с криптофитовыми суммарный вклад в состав видов-доминантов вносили представители цианопрокариот: в июне это были виды рода *Anabaena*, в июле — крупноколониальная *Gloeotrichia echinulata* (13,5 %) и *Aphanizomenon flos-aquae* (9,7 %). Спектр доминирующего комплекса видов в июне — сентябре, исключая июль, расширился до 6–8, среди цианопрокариот добавились *Microcystis aeruginosa* и *Aphanothece clathrata*. В августе и октябре наибольшее относительное участие в биомассе имели диатомовые: в августе — представители рода *Aulacoseira* (41,6 %), в октябре — *Asterionella formosa* (28,7 %) и представители рода *Cyclotella* (25,6 %).

В оз. Баторино в 2018 г. состав доминирующих видов был сходным с таковым 2017 г. Однако степень доминирования каждого из них в отдельные месяцы вегетационного сезона несколько различалась. В мае, как и в 2017 г., основным доминантом был представитель золотистых *Chr. peritaphrena* (39,4 % от общей численности и 15,2 % от биомассы). Субдоминантами являлись представители других отделов: криптофитовых (*Rh. pusilla*), диатомовых (*Cyclotella* sp.), цианопрокариот (*Aph. clathrata*). В июне на первое место по плотности организмов вышла одноклеточная *Cyclotella* sp. (37,5 %), а по значимости в биомассе — многоклеточная *Melosira varians* (73,4 %). Напомним, что в 2017 г. первое место в биомассе занимала *Cyclotella meneghiniana* (35,8 %). Представитель цианопрокариот *Aph. clathrata*, появившись еще в мае (6–8 %), постоянно входил в состав доминировавшего комплекса видов на протяжении вегетационного сезона, достигнув максимальных значений численности 42,3 % и биомассы 31,3 % в сентябре. В октябре снова основным доминантом по численности стал *Chr. peritaphrena* (20,4 %). В августе спектр видов-доминантов был наиболее широким — 7 видов. В биомассе *M. varians* в 2018 г. была преимущественным доминантом на протяжении сезона, за исключением сентября, когда диатомовых переместили на второе место цианопрокариоты (*Aph. clathrata*, *Cyanodictyon planctonicum*, *Anabaena circinalis*). Приводимое доленое участие разных видов в 2018 и 2017 гг., как уже говорилось выше, особенно в конце вегетационного сезона, несколько различалось (ср. табл. 2.27 в настоящем выпуске и табл. 2.12.3 в Бюллетене за 2017 г. [7, с. 36–39]).

Суммарный вклад основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу во всех озерах на протяжении вегетационного сезона 2017 г. приведен в табл. 2.28.

Таблица 2.28

Абсолютные значения показателей количественного развития общего фитопланктона и долевой вклад (в %) основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу в озерах Нарочь, Мястро, Баторино на протяжении вегетационного периода 2018 г.

Table 2.28

The absolute values of the quantitative development indicators of total phytoplankton and the share contribution (in %) of the main divisions of algae to their total abundance and biomass in the lakes Naroch, Myastro, Batorino for vegetative season 2018

Дата	Общие величины	Долевой вклад, %					
		синезеленых	криптофитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Численность организмов, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
17.05.2018	1,03	0,0	32,5	38,1	29,2	0,0	0,3
11.06.2018	0,99	2,7	31,9	21,3	37,3	5,3	1,5
10.07.2018	0,65	5,0	52,3	0,0	37,4	5,0	0,3
20.08.2018	1,34	7,3	75,4	0,0	17,2	0,0	0,1
11.09.2018	1,48	22,3	36,2	0,1	39,0	2,1	0,3
15.10.2018	1,48	5,4	74,4	7,3	12,9	0,0	0,0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
17.05.2018	2,38	0,0	41,4	40,2	18,3	0,0	0,1
11.06.2018	0,59	0,0	36,0	13,8	47,1	0,0	3,1
10.07.2018	1,06	15,4	48,5	0,3	35,8	0,0	0,1
20.08.2018	0,80	11,5	53,7	7,8	23,1	3,8	0,1
11.09.2018	1,35	3,9	70,0	0,1	23,7	1,9	0,3
15.10.2018	1,34	9,3	59,5	0,0	31,2	0,0	0,0
Озеро Мястро							
15.05.2018	3,21	0,0	42,6	53,0	2,6	0,0	1,9
18.06.2018	2,33	9,5	71,6	11,1	1,2	3,6	3,0
12.07.2018	3,81	3,2	72,8	14,3	5,2	3,8	0,8
15.08.2018	2,06	8,7	63,1	7,9	17,1	2,4	0,8
13.09.2018	3,16	25,7	62,1	7,9	2,3	1,7	0,3
17.10.2018	2,16	1,7	67,8	1,7	25,2	3,5	0,0
Озеро Баторино							
14.05.2018	7,92	8,2	7,6	59,9	11,1	12,4	0,8
13.06.2018	5,09	13,3	3,1	22,8	40,4	20,3	0,1
09.07.2018	4,85	42,7	1,9	9,8	23,0	22,5	0,1
13.08.2018	18,16	36,9	13,7	15,5	8,2	25,4	0,3
10.09.2018	9,09	60,7	15,3	4,4	7,7	11,8	0,2
18.10.2018	5,40	13,8	8,7	27,5	21,4	28,6	0,0
Численность клеток, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
17.05.2018	2,58	0,0	12,9	74,4	12,6	0,0	0,1
11.06.2018	1,77	45,4	17,9	11,9	21,0	3,0	0,8
10.07.2018	3,23	75,7	10,6	0,0	7,6	6,0	0,1
20.08.2018	15,83	92,4	5,7	0,0	1,8	0,0	0,0
11.09.2018	54,54	97,4	1,0	0,1	1,3	0,2	0,0
15.10.2018	38,95	96,2	2,8	0,3	0,8	0,0	0,0

Дата	Общие величины	Долевой вклад, %					
		синезеленых	криптофитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
17.05.2018	4,62	0,0	21,3	67,9	10,7	0,0	0,1
11.06.2018	0,59	0,0	36,0	13,8	47,1	0,0	3,1
10.07.2018	25,88	96,3	2,0	0,2	1,5	0,0	0,0
20.08.2018	25,49	96,1	1,7	0,3	0,8	1,1	0,0
11.09.2018	47,12	96,6	2,0	0,1	0,7	0,6	0,0
15.10.2018	73,02	97,2	1,1	0,0	1,7	0,0	0,0
Озеро Мястро							
15.05.2018	9,61	0,0	14,2	83,7	1,5	0,0	0,6
18.06.2018	8,44	67,9	19,7	4,9	0,3	6,3	0,8
12.07.2018	21,21	74,1	13,1	7,5	1,0	4,1	0,1
15.08.2018	46,44	92,8	2,8	0,3	3,4	0,6	0,0
13.09.2018	12,57	77,2	15,6	2,0	1,7	3,4	0,1
17.10.2018	32,72	80,2	4,5	0,1	6,5	8,7	0,0
Озеро Баторино							
14.05.2018	59,78	85,5	1,0	8,1	1,5	3,8	0,1
13.06.2018	46,14	80,1	0,3	2,8	8,4	8,4	0,0
09.07.2018	296,78	97,9	0,0	0,2	1,0	0,9	0,0
13.08.2018	1578,96	98,1	0,2	0,2	0,4	1,1	0,0
10.09.2018	532,36	98,3	0,3	0,1	0,3	1,1	0,0
18.10.2018	73,86	92,4	0,6	1,8	2,0	3,2	0,0
Биомасса, мг/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1							
17.05.2018	2,64	0,0	2,8	77,0	18,3	0,0	1,8
11.06.2018	0,79	14,2	8,0	2,4	62,3	0,2	12,9
10.07.2018	0,71	1,8	17,2	0,0	46,4	7,4	27,1
20.08.2018	0,65	10,5	44,7	0,0	20,6	0,1	24,1
11.09.2018	1,39	32,4	7,7	3,0	19,3	0,3	37,4
15.10.2018	1,21	15,5	43,5	0,8	40,2	0,0	0,0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2							
17.05.2018	3,76	0,0	6,2	82,0	10,4	0,0	1,4
11.06.2018	0,65	0,0	6,5	1,1	72,3	0,0	20,1
10.07.2018	0,90	34,7	11,4	7,9	37,0	0,0	9,0
20.08.2018	0,54	22,1	22,2	3,1	9,0	32,6	11,0
11.09.2018	1,39	16,4	25,9	3,3	6,1	6,9	41,4
15.10.2018	1,57	22,6	21,6	0,0	55,9	0,0	0,0
Озеро Мястро							
15.05.2018	10,25	0,0	7,5	88,5	1,4	0,0	2,6
18.06.2018	2,34	34,0	32,8	11,6	6,8	3,3	12,0
12.07.2018	2,97	30,5	21,4	32,8	3,5	4,0	7,7
15.08.2018	3,19	33,4	15,7	1,1	43,0	0,7	6,1
13.09.2018	2,57	35,0	33,1	6,7	9,5	0,6	15,1
17.10.2018	3,30	4,0	13,7	0,1	62,5	19,7	0,0

Дата	Общие величины	Долевой вклад, %					
		синезеленых	криптофитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Озеро Баторино							
14.05.2018	2,27	10,3	10,1	36,4	19,1	22,2	2,0
13.06.2018	7,65	3,4	0,4	5,1	79,7	9,7	1,8
09.07.2018	5,51	39,5	2,2	3,1	47,6	6,4	1,2
13.08.2018	32,26	30,9	4,7	1,3	52,6	5,6	4,9
10.09.2018	5,51	54,0	5,7	0,8	19,0	14,9	5,6
18.10.2018	3,17	12,5	17,1	9,3	50,0	11,1	0,0

Величины абсолютных значений показателей количественного развития общего фитопланктона и относительного вклада в эти величины разных отделов водорослей на протяжении вегетационного сезона 2018 г. (табл. 2.28) в полной мере определяются вкладом видов, входящих в приведенные (табл. 2.27) и описанные выше доминирующие комплексы фитопланктона в каждом из озер.

В табл. 2.29 для удобства читателей и большей наглядности представляемых характеристик в кратком виде сведены помесечно абсолютные значения трех показателей (численность организмов, численность клеток и биомассы), характеризующих степень количественного развития общего фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в течение вегетационного сезона 2018 г.

Таблица 2.29

Среднемесячные показатели степени количественного развития общего фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в течение вегетационного сезона 2018 г.

Table 2.29

Monthly average indicators of quantitative development of the total phytoplankton in the Naroch, Myastro, Batorino lakes during the vegetative season of 2018

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Общая численность организмов, млн орг/л						
Нарочь , Малый плес	1,03	0,99	0,65	1,34	1,48	1,47
Большой плес	2,38	0,59	1,06	0,80	1,35	1,34
Мястро	3,21	2,33	3,81	2,06	3,16	2,16
Баторино	7,92	5,09	4,85	18,16	9,09	5,40
Общая численность клеток, млн кл/л						
Нарочь , Малый плес	2,58	1,77	3,23	15,83	54,54	38,95
Большой плес	4,62	0,59	25,88	25,49	47,12	73,02
Мястро	9,61	8,44	21,21	46,44	12,57	32,72
Баторино	59,78	46,14	296,78	1578,96	532,36	73,86
Общая биомасса, мг/л						
Нарочь , Малый плес	2,64	0,79	0,71	0,65	1,39	1,21
Большой плес	3,76	0,65	0,89	0,54	1,39	1,57
Мястро	10,25	2,34	2,97	3,18	2,57	3,30
Баторино	2,26	7,65	5,51	32,26	5,51	3,17

Сравнивая величины количественного развития фитопланктона в озерах в 2018 г. с таковыми 2017 г. [7] на протяжении вегетационного сезона, можно отметить несовпадение сроков, когда отмечались минимальные и максимальные значения. Так, в 2018 г. в Ма-

лом плесе оз. Нарочь для численности организмов это был июль (для численности клеток – июнь) и сентябрь – октябрь соответственно, в Большом плесе для организмов – июнь и май, для клеток – июнь и октябрь, для биомассы в обоих плесах минимальные значения отмечены в августе, максимальные – в мае (табл. 2.29). В 2017 г. для соответствующей численности организмов сроки пришлись в Малом плесе Нарочи на сентябрь и май, для численности клеток – на сентябрь и октябрь, для биомассы – на июнь и август, в Большом плесе – на июль, сентябрь; май, сентябрь и июнь, август соответственно.

В оз. Мястро минимальная плотность организмов в 2018 г. отмечена в августе, максимальная – в июле; плотность клеток – в июне и августе; биомасса – в июне и мае. В 2017 г. – соответственно в октябре и мае; в октябре и августе; в июне и августе.

В оз. Баторино минимальная численность организмов в 2018 г. зафиксирована в июле, максимальная – в августе, в 2017 г. – в июне и мае; численность клеток в 2018 г. – в мае и августе, в 2017 г. – в июне и августе; биомасса в 2018 г. – в мае и августе, в 2017 г. – в июне и августе.

Сезонная динамика общей биомассы и общей численности организмов фитопланктонных сообществ и изменения в их структурном составе на протяжении периода наблюдений в озерах представлены на рис. 2.2 и 2.3.

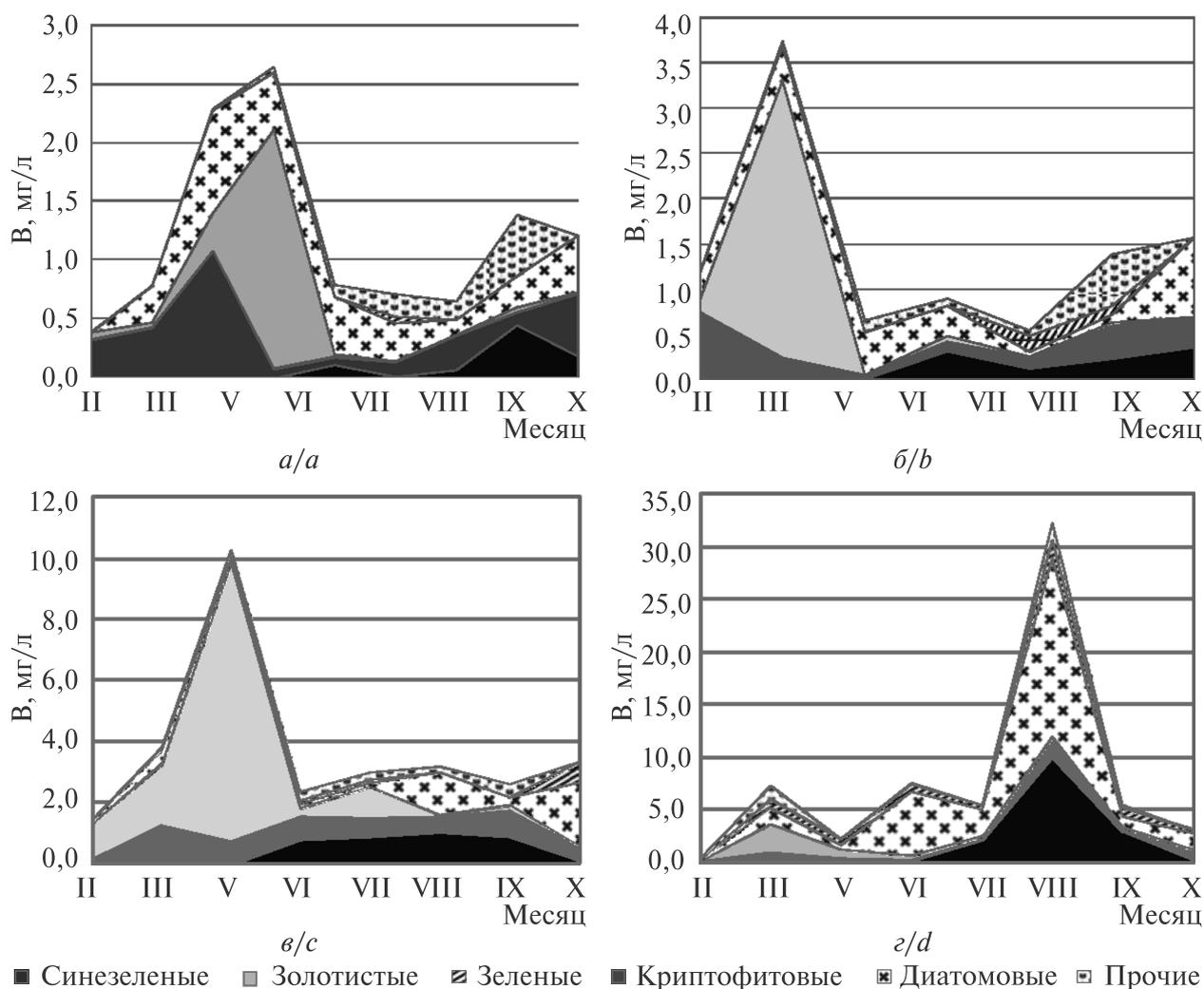


Рис. 2.2. Сезонная динамика и структурный состав фитопланктонного сообщества (B , мг/л) в 2018 г.: a – оз. Нарочь, Малый плес; $б$ – оз. Нарочь, Большой плес; $в$ – оз. Мястро; $г$ – оз. Баторино

Fig. 2.2. Seasonal dynamics and structural composition of the phytoplankton community (B , mg/l) in 2018: a – Naroch L., Small reach; b – Naroch L, Large reach; c – Myastro L; d – Batorino L.

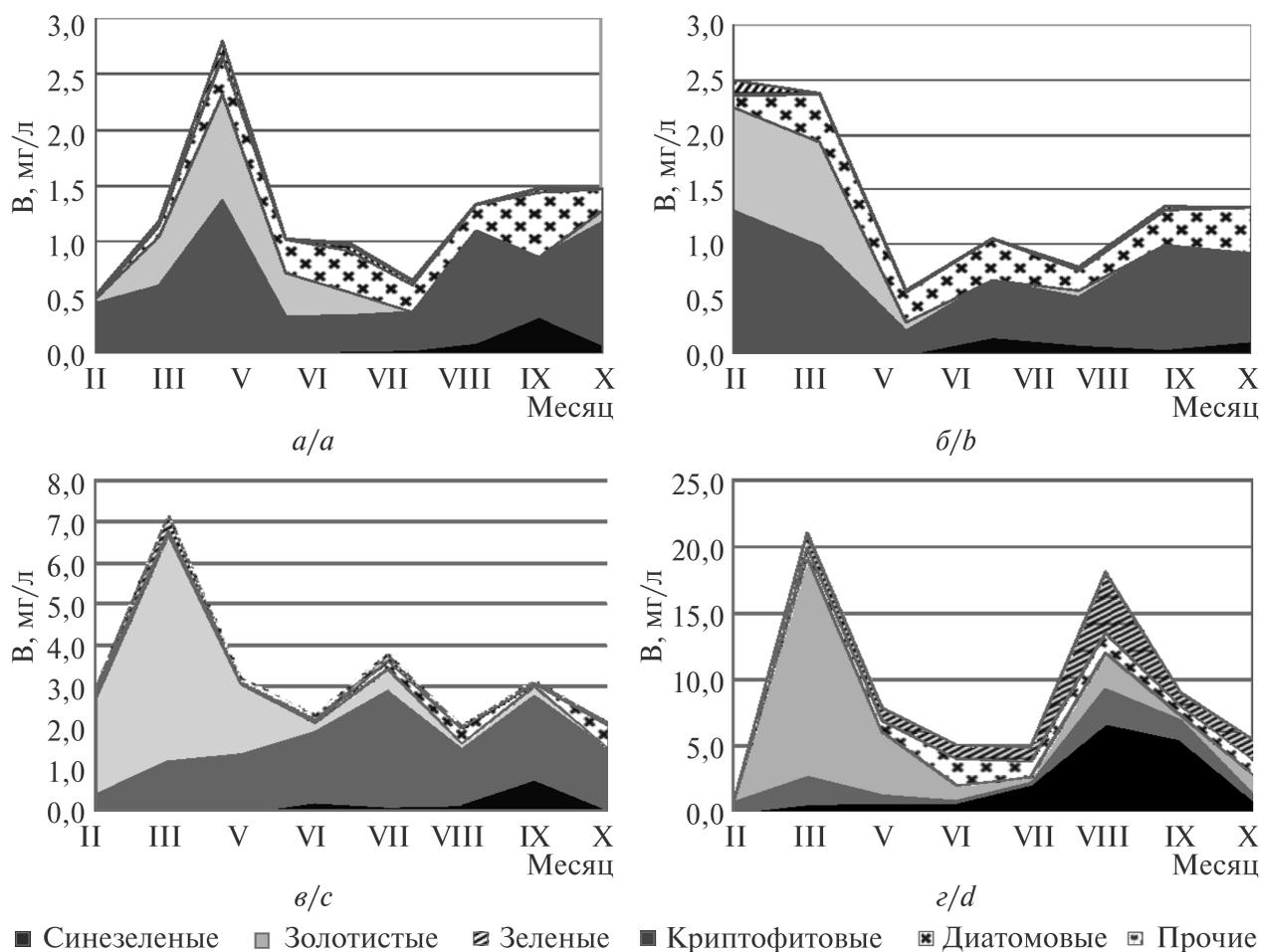


Рис. 2.3. Сезонная динамика и структурный состав
 фитопланктонного сообщества ($N_{\text{орг}}$, млн орг/л) в 2018 г.:
 а – оз. Нарочь, Малый плес; б – оз. Нарочь, Большой плес; в – оз. Мястро; г – оз. Баторино

Fig. 2.3. Seasonal dynamics and structural composition
 of the phytoplankton community (N_{org} , mln/l) in 2018:
 а – Naroch L., Small reach; б – Naroch L., Large reach; в – Myastro L.; г – Batorino L.

Во всех трех озерах в 2018 г., как можно видеть на рис. 2.2 и 2.3, максимальные значения показателей количественного развития фитопланктона имели место в весенний период в апреле – мае и только в оз. Баторино отмечен максимум биомассы в августе (32,26 мг/л) при доминировании крупноклеточного представителя диатомовых *M. varians*, при этом и плотность организмов, и плотность клеток так же, как и в озерах Нарочь и Мястро, были максимальными в весенний период. В 2017 г. во всех озерах были зарегистрированы два отчетливых максимума всех количественных показателей на протяжении вегетационного сезона: весенний и летний (в августе).

Абсолютные средневегетационные показатели количественного развития фитопланктона озер, а также относительная средняя значимость основных отделов водорослей в численности и биомассе представлены в табл. 2.20. По уровню количественных величин вегетационный сезон 2018 г. отличается от 2017 г. несколько меньшими значениями – в 1,4–2,1 раза (см. [7, с. 46]), при этом отметим, что в озерах Нарочь и Баторино отмеченные различия в плотности организмов и клеток имели место при сходной в оба года биомассе, что объясняется разной степенью развития доминировавших одноклеточных и колониальных видов водорослей в эти годы. Совокупное их приоритетное распределение в ранге отделов водорослей представлено также в указанных таблицах.

Таблица 2.30

Среднесезонные (май – октябрь) значения величин количественного развития общего фитопланктона в озерах в 2018 г. и относительная (%) значимость основных доминирующих отделов водорослей в показателях количественного развития фитопланктона

Table 2.30

Mean-season (may – oktober) values of the quantitative development of total phytoplankton in lakes in 2018 and the relative (%) significance of the main dominant algae divisions in terms of the quantitative development of phytoplankton

Показатель	Озеро Нарочь, Малый плес			Озеро Нарочь, Большой плес			Озеро Мястро			Озеро Баторино		
	среднее значение	SD	место	среднее значение	SD	место	среднее значение	SD	место	среднее значение	SD	место
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	1,16	0,33		1,25	0,63		2,79	0,71		8,42	5,07	
Синезеленые	7,1	7,9	IV	6,7	6,4	IV	8,1	9,4	IV	29,3	20,8	I
Криптофитовые	50,4	20,3	I	51,5	12,4	I	63,3	11,0	I	8,4	5,4	IV
Золотистые	13,3	16,3	III	10,4	15,6	III	16,0	18,6	II	23,3	19,8	II
Диатомовые	28,8	11,3	II	29,9	10,5	II	8,9	9,9	III	18,6	12,5	III
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	19,48	22,29		29,45	27,16		21,83	15,09		431,32	593,22	
Синезеленые	67,9	38,6	I	64,4	49,9	I	65,4	33,1	I	92,0	7,7	I
Криптофитовые	8,5	6,4	III	10,7	14,7	III	11,6	6,6	III	0,4	0,4	IV
Золотистые	17,3	32,3	II	13,7	27,1	II	16,4	33,1	II	2,2	3,1	III
Диатомовые	7,5	8,1	IV	10,4	18,4	IV	2,4	2,2	IV	2,3	3,1	II
$V_{\text{общ}}$, мг/л	1,23	0,75		1,47	1,19		4,10	3,03		9,39	11,36	
Синезеленые	12,4	11,7	IV	16,0	13,7	III	22,8	16,3	II	25,1	19,6	II
Криптофитовые	20,7	18,7	II	15,6	8,6	IV	20,7	10,5	IV	6,7	6,1	IV
Золотистые	16,6	33,8	III	16,2	32,3	II	23,5	34,0	I	9,3	13,6	III
Диатомовые	34,5	18,1	I	31,8	27,9	I	21,1	25,4	III	44,7	23,0	I

В табл. 2.31 приведены сравнительные величины средней степени «колониальности» фитопланктонных сообществ озер и средней за сезон массы организмов и клеток в 2016–2018 гг.

Таблица 2.31

Степень «колониальности» и масса единицы фитопланктонных сообществ озер Нарочь, Мястро, Баторино в 2016, 2017 и 2018 гг. (среднее за сезон)

Table 2.31

The degree of “coloniality” and the mass of a unit of phytoplankton communities of lakes Naroch, Myastro, Batorino in 2016, 2017 and 2018 (average per season)

Озеро	$N_{\text{кл}}/N_{\text{орг}}$			$W_{\text{орг}} \cdot 10^{-6}$ мг			$W_{\text{кл}} \cdot 10^{-6}$ мг		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Нарочь, Малый плес	15,61	22,11	14,05	0,541	0,841	1,118	0,035	0,038	0,298
	10,26	10,29	24,79	0,500	0,562	1,070	0,049	0,055	0,339
Мястро	10,28	4,81	8,98	1,772	1,286	1,479	0,172	0,193	0,310
Баторино	30,50	52,25	39,50	0,595	0,719	0,982	0,019	0,014	0,049

Можно отметить, что в оз. Нарочь в последние три года происходит заметное увеличение средней за сезон массы организмов (до двух раз) и клеток (до 7,0–8,5 раза) по сравнению с 2016 г. Это свидетельствует об увеличении количественного развития

крупноклеточных представителей фитопланктона, см. табл. 2.27 и комментарии к ней. Сходная тенденция просматривается и в оз. Баторино.

В табл. 2.32 дано сравнение средневегетационных величин показателей количественного развития фитопланктона озер в 2018 г. со средними многолетними показателями за последние два пятилетия и за 2016–2017 гг.

Таблица 2.32

Средневегетационные значения ($X \pm SD$) показателей количественного развития общего фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в различные периоды и годы наблюдений

Table 2.32

Mean vegetation values ($X \pm SD$) of quantitative development indicators of total phytoplankton of the Naroch, Myastro, Batorino lakes in different periods and years of observation

Показатель	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1					
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	$2,2 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,9$	$1,6 \pm 0,7$	$1,6 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,3$
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	$29,3 \pm 5,1$	$41,5 \pm 18,8$	$25,6 \pm 32,1$	$36,1 \pm 34,6$	$19,5 \pm 22,3$
$B_{\text{общ}}$, мг/л	$1,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,5$	$1,4 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,7$
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2					
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	$2,0 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,6$	$2,6 \pm 1,3$	$1,3 \pm 0,6$
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	$38,7 \pm 21,1$	$66,8 \pm 28,2$	$16,7 \pm 21,8$	$26,8 \pm 23,6$	$29,5 \pm 27,2$
$B_{\text{общ}}$, мг/л	$1,1 \pm 0,4$	$1,4 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,5$	$1,5 \pm 0,8$	$1,5 \pm 0,2$
Озеро Мястро					
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	$3,1 \pm 1,8$	$3,1 \pm 1,6$	$2,0 \pm 0,6$	$4,81 \pm 3,11$	$2,8 \pm 0,7$
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	$24,1 \pm 12,3$	$22,2 \pm 21,1$	$20,3 \pm 18,4$	$31,99 \pm 28,44$	$21,8 \pm 15,1$
$B_{\text{общ}}$, мг/л	$4,0 \pm 2,6$	$3,6 \pm 1,5$	$3,5 \pm 2,8$	$6,18 \pm 1,15$	$4,1 \pm 3,0$
Озеро Баторино					
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	$16,5 \pm 3,7$	$11,9 \pm 4,0$	$12,8 \pm 4,0$	$12,6 \pm 7,6$	$8,4 \pm 5,1$
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	$347,1 \pm 264,9$	$340,4 \pm 237,7$	$389,2 \pm 297,7$	$660,4 \pm 830,2$	$431,3 \pm 593,2$
$B_{\text{общ}}$, мг/л	$8,4 \pm 2,9$	$6,1 \pm 1,4$	$7,6 \pm 2,5$	$9,1 \pm 5,6$	$9,4 \pm 11,4$

В целом показатели количественного развития фитопланктона во время вегетационного сезона 2018 г. были близки к средним многолетним значениям, учитывая наблюдаемую их межгодовую вариабельность. Исключением может быть оз. Баторино, в котором общая биомасса фитопланктона показывает тенденцию к ее возрастанию с 2011 г.

2.13. Зоопланктон

2.13. Zooplankton

Видовой состав зоопланктона Нарочанских озер за вегетационный период 2018 г. представлен в табл. 2.33.

В зоопланктоне исследуемых озер отмечено 33 вида, из них 14 ветвистоусых ракообразных (Cladocera), 6 видов веслоногих ракообразных (Copepoda) и 13 видов коловраток (Rotifera).

Среди общего числа видов зоопланктона единично зарегистрированы в оз. Нарочь из Cladocera – *Bythotrephes longimanus* (июнь, 0,1 экз/л), *Sida crystallina* (сентябрь, 1 экз/л), из Copepoda – *Cyclops kolensis* (июнь, 1 экз/л), *Cyclops scutifer* (октябрь, 1 экз/л) и *Megacyclops viridis* (август, 0,1 экз/л), из Rotifera – *Bipalpus hudsoni* (июль, 1 экз/л). В оз. Мястро отмечен вид *Euchlanis dilatata*, в оз. Баторино были зафиксированы *Brachionus quadridentatus* (июль, 1 экз/л) и *Pompholyx sulcata* (октябрь, 1 экз/л).

**Видовой состав зоопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино
(вегетационный сезон 2018 г.)**

**The species composition of zooplankton of the lakes Naroch, Myastro, Batorino
(vegetative season 2018)**

Вид	Нарочь	Мястро	Баторино
Cladocera			
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	+	+	+
<i>B. crassicornis</i> (P. E. Müller, 1867)	+	+	+
<i>B. longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)	+	+	+
<i>B. longispina</i> (Leydig, 1860)	+	+	+
<i>Bythotrephes longimanus</i> (Leydig, 1860)	+	–	–
<i>Ceriodaphnia</i> Dana, 1855 sp.	–	–	+
<i>C. quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	+	–	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	+	+	+
<i>Daphnia</i> O. F. Müller, 1785 sp.	+	+	+
<i>D. cristata</i> (Sars, 1862)	+	+	+
<i>D. cucullata</i> (Sars, 1862)	+	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	+	+	+
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+	–
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller, 1776)	+	–	–
Copepoda			
<i>Cyclops kolensis</i> (Lilljeborg, 1901)	+	–	–
<i>C. scutifer</i> (Sars, 1863)	+	–	–
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+	+	+
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	–	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	+
<i>M. oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	+	+
Rotifera			
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	+	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	+	–	–
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	–	–	+
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)	+	+	+
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	–	+	–
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (O. F. Müller, 1786)	+	+	+
<i>Polyarthra</i> Ehrenberg, 1834 sp.	+	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)	–	–	+
<i>Synchaeta</i> Ehrenberg, 1832 sp.	+	+	–
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	+	+	+

Показатели численности и биомассы зоопланктона в Нарочанских озерах в 2018 г. представлены в табл. 2.34.

Таблица 2.34

**Динамика численности (N , тыс. экз/м³) и биомассы (B , г/м³)
зоопланктона (вегетационный сезон 2018 г.)**

Table 2.34

**Dynamics of abundance (N , thousand ind/m³) and biomass (B , g/m³)
of zooplankton (vegetative season 2018)**

Месяц	Cladocera		Copepoda		Rotifera		Суммарная	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1								
V	4,0	0,073	40,0	0,808	15,0	0,044	59,0	0,925
VI	18,0	0,395	32,0	0,219	28,1	0,009	78,1	0,623
VII	5,1	0,130	35,0	0,191	113,0	0,047	153,1	0,368
VIII	15,0	0,332	40,1	0,219	50,0	0,031	105,1	0,582
IX	12,0	0,205	24,0	0,239	32,0	0,067	68,0	0,511
X	13,0	0,172	9,0	0,115	36,0	0,040	58,0	0,327
$X \pm SD$	11,2 ± 5,5	0,218 ± 0,123	30,0 ± 11,9	0,298 ± 0,253	45,7 ± 34,9	0,040 ± 0,019	86,9 ± 36,8	0,556 ± 0,215
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2								
V	0,0	0,0	43,0	0,732	9,0	0,672	52,0	1,404
VI	3,7	0,104	26,0	0,213	63,0	0,014	92,7	0,331
VII	14,0	0,163	31,0	0,215	11,0	0,003	56,0	0,381
VIII	40,0	0,840	86,0	0,382	125,0	0,028	251,0	1,250
IX	36,0	0,506	75,0	0,736	82,0	1,358	193,0	2,600
X	19,0	0,254	21,0	0,774	12,0	0,173	52,0	1,201
$X \pm SD$	18,8 ± 16,4	0,311 ± 0,310	47,0 ± 27,2	0,509 ± 0,269	50,3 ± 47,9	0,375 ± 0,545	116,1 ± 85,4	1,195 ± 0,828
Озеро Мясро, пелагиаль								
V	2,0	0,024	10,0	0,039	104,1	0,027	116,1	0,090
VI	13,1	0,281	35,2	0,284	112,2	0,029	160,5	0,594
VII	55,0	0,730	127,0	0,205	31,0	0,095	213,0	1,030
VIII	51,0	1,203	66,0	0,423	8,0	0,004	125,0	1,630
IX	18,0	0,372	118,0	1,737	93,0	0,077	229,0	2,186
X	15,0	0,284	44,0	1,477	16,0	0,005	75,0	1,766
$X \pm SD$	25,7 ± 21,9	0,482 ± 0,420	66,7 ± 46,9	0,694 ± 0,722	60,7 ± 47,4	0,040 ± 0,038	153,1 ± 59,4	1,216 ± 0,788
Озеро Баторино, пелагиаль								
V	36,1	0,332	91,0	0,349	250,0	2,766	377,1	3,447
VI	83,0	1,280	93,0	0,503	110,0	0,023	286,0	1,806
VII	165,0	2,586	98,0	0,424	46,0	0,302	309,0	3,312
VIII	93,0	1,590	103,0	1,330	36,0	0,105	232,0	3,025
IX	64,0	0,947	147,0	1,284	57,0	0,206	268,0	2,437
X	122,0	2,083	45,0	1,473	70,0	3,112	237,0	6,668
$X \pm SD$	93,8 ± 45,2	1,470 ± 0,805	96,2 ± 32,5	0,894 ± 0,519	94,8 ± 80,2	1,086 ± 1,422	284,8 ± 53,8	3,450 ± 1,690

В оз. Нарочь в Малом плесе максимальная численность зоопланктона отмечена в июле (153,1 тыс. экз/м³) главным образом за счет развития коловраток *Conochilus unicornis*. Высокие показатели биомассы зарегистрированы в начале вегетационного сезона (0,925 г/м³) при массовом развитии веслоногих ракообразных, в частности взрос-

лых форм *Eudiaptomus graciloides*. В Большом плесе численность зоопланктона на протяжении сезона варьировала от 52,0 до 251,0 тыс. экз/м³, высокие показатели отмечены в августе и сентябре (251,0 и 193,0 тыс. экз/м³ соответственно). Биомасса была высокой в мае (1,404 г/м³), а также под конец вегетационного сезона (2,600 г/м³). Основной вклад в развитие биомассы в мае и сентябре вносили веслоногие ракообразные и крупные коловратки *Asplanchna priodonta*, в августе отмечено массовое развитие *Diaphanosoma brachyurum* и *Daphnia cucullata*. В целом динамика развития биомассы была схожей в обоих плесах оз. Нарочь.

В оз. Мястро высокие показатели численности были отмечены в июле (213,0 тыс. экз/м³) и сентябре (229,0 тыс. экз/м³). Биомасса постепенно нарастала с начала вегетационного сезона и в сентябре составила 2,186 г/м³. В летние месяцы (июль – август) биомассу создавали представители рода *Daphnia*. Под конец вегетационного сезона (сентябрь – октябрь) основной вклад в развитие биомассы вносили веслоногие ракообразные на разных стадиях развития.

В оз. Баторино численность зоопланктона на протяжении сезона колебалась незначительно, наиболее высокие величины (377,1 тыс. экз/м³) приходились на начало вегетационного сезона (май), количественно преобладали коловратки: *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis* (130,0 тыс. экз/м³), *Kellicottia longispina* и *Keratella cochlearis*. Биомасса наиболее высокой была в октябре (6,668 г/м³) за счет преобладания в составе взрослых особей веслоногих ракообразных (*Eudiaptomus graciloides*, *Mesocyclops leuckarti*), крупных ветвистоусых ракообразных (*Bosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*) и коловратки *Asplanchna priodonta*. Озеро, как и в предыдущие годы, характеризовалось высокими показателями численности и биомассы на протяжении всего сезона.

Распределение доминирующих групп зоопланктона по численности и биомассе на протяжении вегетационного периода 2018 г. представлено в табл. 2.35.

Таблица 2.35

Доля отдельных групп зоопланктона (%) в общей его численности и биомассе в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в 2018 г.

Table 2.35

The share of individual groups of zooplankton (%) in its total abundance and biomass in the lakes Naroch, Myastro, Batorino in 2018

Месяц	Cladocera		Copepoda		Rotifera	
	N	B	N	B	N	B
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1						
V	6,8	8,0	67,8	87,3	25,4	4,7
VI	23,0	63,4	41,0	35,2	36,0	1,4
VII	3,3	35,3	22,9	52,0	73,8	12,7
VIII	14,3	57,0	38,1	37,7	47,6	5,3
IX	17,6	40,2	35,3	46,7	47,1	13,1
X	22,4	52,6	15,5	35,3	62,1	12,1
Среднее за сезон ±SD	14,6 ± 8,1	42,8 ± 20,0	36,8 ± 18,1	49,0 ± 19,9	48,7 ± 17,4	8,2 ± 5,0
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2						
V	0,0	0,0	82,7	52,1	17,3	47,9
VI	4,0	31,4	28,0	64,4	68,0	4,2
VII	25,0	43,0	55,4	56,3	19,6	0,7
VIII	15,9	67,2	34,3	30,6	49,8	2,2
IX	18,6	19,5	38,9	28,3	42,5	52,2
X	36,5	21,1	40,4	64,5	23,1	14,4
Среднее за сезон ±SD	16,7 ± 13,4	30,4 ± 23,0	46,6 ± 19,9	49,4 ± 16,2	36,7 ± 20,2	20,3 ± 23,6

Месяц	Cladocera		Copepoda		Rotifera	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Озеро Мястро, пелагиаль						
V	1,7	27,2	8,6	42,9	89,7	29,9
VI	8,2	47,3	21,9	47,9	69,9	4,8
VII	25,8	70,9	59,6	19,9	14,6	9,2
VIII	40,8	73,8	52,8	26,0	6,4	0,2
IX	7,9	17,0	51,5	79,5	40,6	3,5
X	20,0	16,1	58,7	83,7	21,3	0,2
Среднее за сезон ±SD	17,4 ± 14,5	42,1 ± 26,0	42,2 ± 21,5	50,0 ± 26,6	40,4 ± 33,1	8,0 ± 11,2
Озеро Баторино, пелагиаль						
V	9,6	9,6	24,1	10,1	66,3	80,3
VI	29,0	70,9	32,5	27,8	38,5	1,3
VII	53,4	78,1	31,7	12,8	14,9	9,1
VIII	40,1	52,6	44,4	43,9	15,5	3,5
IX	23,9	38,8	54,8	52,7	21,3	8,5
X	51,5	31,2	19,0	22,1	29,5	46,7
Среднее за сезон ±SD	34,6 ± 17,0	46,9 ± 25,6	34,4 ± 13,2	28,2 ± 17,0	31,0 ± 19,5	24,9 ± 31,9

В среднем за сезон в озерах Нарочь и Мястро значимый относительный вклад в численность вносили веслоногие ракообразные (от 36,8 до 46,6 %) и коловратки (от 36,7 до 48,7 %), в биомассу – ветвистоусые (от 30,4 до 42,8 %) и веслоногие ракообразные (от 49,0 до 50,0 %). В оз. Баторино доля ветвистоусых ракообразных (46,9 %) превышала долевые значения других групп зоопланктонных организмов по биомассе, по численности вклад всех групп был равным.

Среднесезонные значения численности и биомассы зоопланктона Нарочанских озер в 2018 г. находились в пределах, отмечавшихся в предыдущие годы (табл. 2.36).

Таблица 2.36

**Среднесезонные величины численности и биомассы зоопланктона
в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в сравнении со средними многолетними**

Table 2.36

**Seasonal mean values of the abundance and biomass of zooplankton
in the lakes Naroch, Myastro, Batorino in comparison with the average perennial data**

Численность, тыс. экз/м ³					Биомасса, г сырой массы/м ³				
2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Озеро Нарочь*									
120,2 ± ± 28,7	99,3 ± ± 23,2	61,8 ± ± 35,4	84,6 ± ± 98,5	101,5 ± ± 64,5	0,56 ± ± 0,13	0,72 ± ± 0,18	0,42 ± ± 0,21	0,57 ± ± 0,38	0,88 ± ± 0,67
Озеро Мястро									
210,8 ± ± 38,8	186,8 ± ± 35,1	146,2 ± ± 113,4	149,1 ± ± 118,8	153,1 ± ± 59,4	1,44 ± ± 0,16	1,75 ± ± 0,08	0,85 ± ± 0,53	0,58 ± ± 0,47	1,22 ± ± 0,79
Озеро Баторино									
308,9 ± ± 65,8	353,1 ± ± 106,7	246,5 ± ± 127,1	216,2 ± ± 44,5	284,8 ± ± 53,8	1,47 ± ± 0,52	3,27 ± ± 1,26	1,68 ± ± 0,79	3,12 ± ± 1,03	3,45 ± ± 1,69

* Средняя величина для Малого и Большого плесов.

В оз. Нарочь среднесезонная численность зоопланктона составила 101,5 тыс. экз/м³, что несколько выше значений 2016–2017 гг., но сопоставимо с данными 2011–2015 гг. и ниже данных 2006–2010 гг. Значения биомассы (0,88 г/м³) незначительно превышали показатели предыдущих лет.

Среднесезонные показатели численности в оз. Мястро были аналогичны 2016–2017 гг., но несколько ниже по сравнению с периодом 2006–2015 гг. Биомасса возросла почти в 2 раза по сравнению с прошлым годом и составила 1,22 г/м³.

В оз. Баторино численность зоопланктона возросла до 284,8 тыс. экз/м³, но не превысила данных 2006–2015 гг., биомасса возросла до 3,45 г/м³, что сопоставимо с многолетними данными 2011–2015 гг.

2.14. Бактериопланктон

2.14. Bacterioplankton

Данные исследований бактериального сообщества за вегетационный сезон 2018 г. представлены в табл. 2.37.

Таблица 2.37

Численность, биомасса бактерий и их морфометрические параметры
в озерах Нарочанской группы (вегетационный сезон 2018 г.)

Table 2.37

Abundance, biomass of bacteria and their morphometric parameters
in the lakes of Naroch group (vegetative season 2018)

Дата	Численность, млн кл/мл		Площадь, мкм ²		Отношение длины к ширине		Длина, мкм	
	<i>X</i>	$\pm SD$						
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1								
17.05.2018	3,08	0,27	0,33	0,06	1,42	0,11	0,79	0,10
11.06.2018	2,46	0,41	0,18	0,03	1,33	0,07	0,57	0,05
10.07.2018	2,80	0,52	0,22	0,03	1,41	0,09	0,62	0,04
20.08.2018	3,20	0,56	0,20	0,02	1,43	0,09	0,59	0,04
11.09.2018	2,27	0,21	0,24	0,05	1,30	0,06	0,63	0,06
11.10.2018	2,19	0,31	0,29	0,04	1,28	0,06	0,68	0,05
Среднее за сезон $\pm SD$	2,67 \pm 0,42		0,24 \pm 0,06		1,36 \pm 0,06		0,65 \pm 0,01	
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2								
17.05.2018	2,66	0,41	0,30	0,06	1,43	0,08	0,75	0,06
11.06.2018	2,43	0,39	0,19	0,03	1,34	0,06	0,58	0,06
10.07.2018	2,78	0,35	0,21	0,04	1,37	0,05	0,61	0,07
20.08.2018	3,06	0,52	0,20	0,04	1,37	0,07	0,61	0,05
11.09.2018	2,46	0,39	0,26	0,05	1,30	0,06	0,66	0,08
11.10.2018	1,89	0,23	0,29	0,05	1,28	0,05	0,70	0,06
Среднее за сезон $\pm SD$	2,55 \pm 0,39		0,24 \pm 0,05		1,35 \pm 0,05		0,65 \pm 0,06	
Озеро Мястро								
21.05.2018	2,40	0,20	0,41	0,06	1,44	0,08	0,88	0,10
18.06.2018	2,65	0,43	0,22	0,03	1,35	0,06	0,63	0,05
12.07.2018	3,63	0,33	0,22	0,03	1,37	0,06	0,62	0,05
15.08.2018	4,45	0,37	0,26	0,05	1,34	0,05	0,67	0,05

Дата	Численность, млн кл/мл		Площадь, мкм ²		Отношение длины к ширине		Длина, мкм			
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$		
13.09.2018	3,33	0,26	0,29	0,04	1,30	0,06	0,69	0,04		
17.10.2018	2,99	0,40	0,26	0,03	1,36	0,08	0,68	0,05		
Среднее за сезон $\pm SD$	3,24 \pm 0,74		0,28 \pm 0,07		1,36 \pm 0,05		0,70 \pm 0,10			
Озеро Баторино										
14.05.2018	4,33	0,33	0,28	0,04	1,46	0,07	0,76	0,07		
13.06.2018	5,49	0,76	0,34	0,05	1,40	0,07	0,79	0,06		
09.07.2018	7,37	2,19	0,42	0,08	1,37	0,17	0,87	0,10		
13.08.2018	6,50	0,95	0,36	0,07	1,45	0,08	0,84	0,09		
10.09.2018	4,15	0,41	0,33	0,07	1,39	0,05	0,78	0,08		
10.10.2018	3,22	0,41	0,32	0,04	1,38	0,06	0,77	0,05		
Среднее за сезон $\pm SD$	5,17 \pm 1,67		0,34 \pm 0,05		1,41 \pm 0,05		0,80 \pm 0,05			
Дата	Ширина, мкм		Диаметр, мкм		Периметр, мкм		Объем, мкм ³		Биомасса, мг/л	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
Озеро Нарочь, Малый плес, буй-1										
17.05.2018	0,53	0,03	0,61	0,06	2,08	0,24	0,112	0,035	0,339	0,080
11.06.2018	0,41	0,04	0,47	0,03	1,48	0,14	0,049	0,009	0,119	0,025
10.07.2018	0,44	0,04	0,50	0,03	1,63	0,14	0,060	0,013	0,167	0,050
20.08.2018	0,41	0,02	0,48	0,02	1,53	0,09	0,051	0,008	0,163	0,042
11.09.2018	0,47	0,05	0,52	0,05	1,70	0,17	0,070	0,022	0,159	0,053
11.10.2018	0,52	0,04	0,56	0,04	1,86	0,15	0,087	0,018	0,192	0,051
Среднее за сезон $\pm SD$	0,46 \pm 0,05		0,52 \pm 0,05		1,71 \pm 0,23		0,071 \pm 0,024		0,190 \pm 0,077	
Озеро Нарочь, Большой плес, буй-2										
17.05.2018	0,52	0,05	0,59	0,05	1,96	0,21	0,100	0,030	0,265	0,089
11.06.2018	0,42	0,03	0,48	0,03	1,52	0,13	0,051	0,009	0,124	0,024
10.07.2018	0,43	0,03	0,49	0,04	1,60	0,19	0,058	0,015	0,161	0,042
20.08.2018	0,42	0,05	0,48	0,03	1,56	0,15	0,053	0,013	0,164	0,058
11.09.2018	0,49	0,05	0,53	0,05	1,75	0,21	0,075	0,022	0,187	0,074
11.10.2018	0,53	0,04	0,57	0,05	1,88	0,17	0,091	0,022	0,171	0,039
Среднее за сезон $\pm SD$	0,47 \pm 0,05		0,52 \pm 0,05		1,71 \pm 0,18		0,071 \pm 0,004		0,179 \pm 0,047	
Озеро Мястро										
21.05.2018	0,59	0,04	0,68	0,06	2,31	0,22	0,152	0,040	0,365	0,089
18.06.2018	0,45	0,04	0,50	0,04	1,65	0,15	0,061	0,014	0,160	0,037
12.07.2018	0,44	0,03	0,50	0,03	1,62	0,15	0,059	0,012	0,216	0,054
15.08.2018	0,49	0,05	0,53	0,05	1,79	0,17	0,077	0,021	0,342	0,093
13.09.2018	0,52	0,04	0,57	0,04	1,88	0,13	0,090	0,017	0,302	0,071
17.10.2018	0,48	0,03	0,54	0,04	1,79	0,14	0,076	0,016	0,228	0,069
Среднее за сезон $\pm SD$	0,49 \pm 0,05		0,55 \pm 0,07		1,84 \pm 0,25		0,086 \pm 0,035		0,269 \pm 0,080	
Озеро Баторино										
14.05.2018	0,47	0,04	0,57	0,05	1,92	0,19	0,087	0,022	0,373	0,086
13.06.2018	0,52	0,03	0,62	0,05	2,09	0,15	0,113	0,024	0,620	0,143

Дата	Ширина, мкм		Диаметр, мкм		Периметр, мкм		Объем, мкм ³		Биомасса, мг/л	
	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$	<i>X</i>	$\pm SD$
09.07.2018	0,61	0,08	0,70	0,07	2,42	0,27	0,163	0,048	1,246	0,674
13.08.2018	0,54	0,05	0,65	0,06	2,24	0,23	0,129	0,034	0,860	0,326
10.09.2018	0,52	0,06	0,61	0,07	2,06	0,26	0,110	0,037	0,457	0,162
10.10.2018	0,53	0,03	0,61	0,04	2,04	0,16	0,107	0,021	0,348	0,095
Среднее за сезон $\pm SD$	0,53 \pm 0,05		0,66 \pm 0,05		2,13 \pm 0,18		0,118 \pm 0,026		0,651 \pm 0,352	

Численность бактериопланктона в Малом и Большом плесах оз. Нарочь в среднем для вегетационного сезона составляла соответственно $2,67 \pm 0,42$ и $2,55 \pm 0,39$ млн кл/мл. В мае наблюдался незначительный пик, после чего (в июне) концентрация бактерий упала с последующим возрастанием и максимальными значениями в августе – $3,20 \pm 0,56$ и $3,06 \pm 0,52$ млн кл/мл.

В оз. Мястро концентрация бактерий в среднем за вегетационный сезон составила $3,24 \pm 0,74$ и в оз. Баторино – $5,17 \pm 1,67$ млн кл/мл.

Сезонный ход численности бактериопланктона в исследуемых озерах представлен на рис. 2.4.

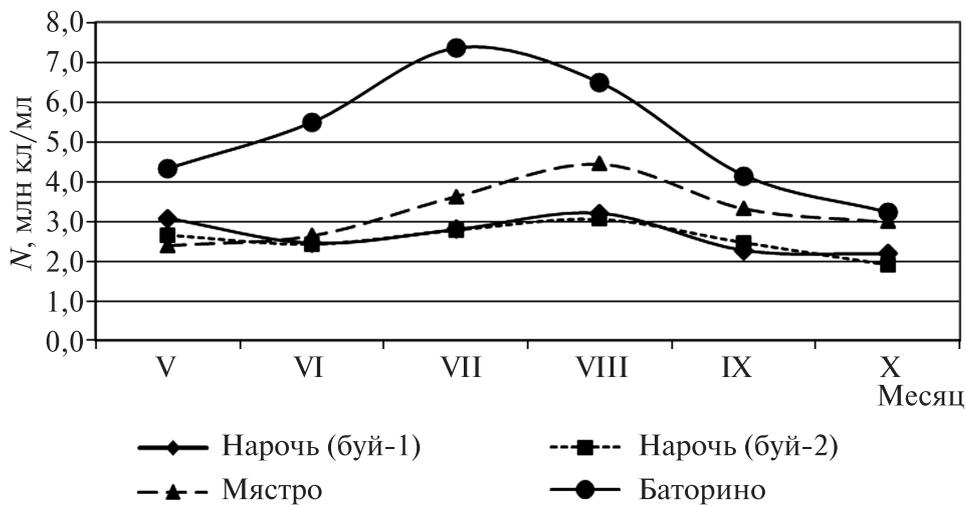


Рис. 2.4. Сезонный ход численности бактериопланктона в озерах Нарочанской группы

Fig. 2.4. Seasonal variation of bacterioplankton abundance in the lakes of the Naroch group

В оз. Мястро пик также пришелся на август – $4,45 \pm 0,37$ млн кл/мл. Максимальная численность бактериопланктона в оз. Баторино наблюдалась в июле – $7,37 \pm 2,19$ млн кл/мл.

Средневегетационная биомасса бактериопланктона в исследуемых озерах представлена на рис. 2.5, сезонный ход биомассы – на рис. 2.6.

В Малом и Большом плесах оз. Нарочь средняя за вегетационный сезон биомасса бактериопланктона составляла соответственно $0,190 \pm 0,077$ и $0,179 \pm 0,047$ мг/л. В оз. Мястро она была незначительно выше – $0,269 \pm 0,080$, а в оз. Баторино биомасса бактерий в 2,5 раза превышала их биомассу в оз. Мястро и в 3,5 раза в оз. Нарочь, составляя – $0,651 \pm 0,352$ мг/л.

На рис. 2.7 представлена частота встречаемости клеток разного объема в исследуемых озерах.

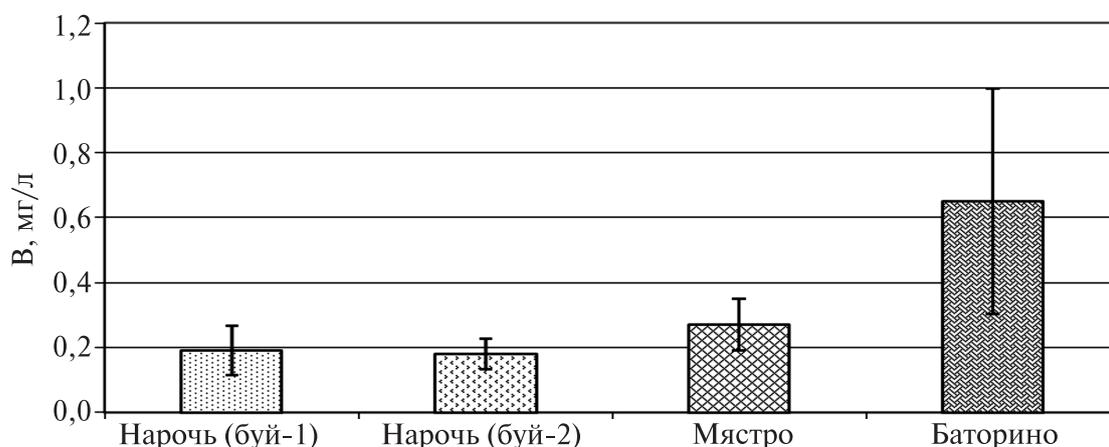


Рис. 2.5. Средневегетационная биомасса бактериопланктона в озерах Нарочанской группы за 2018 г.

Fig. 2.5. Bacterioplankton mean vegetation biomass in the lakes of Naroch group for 2018

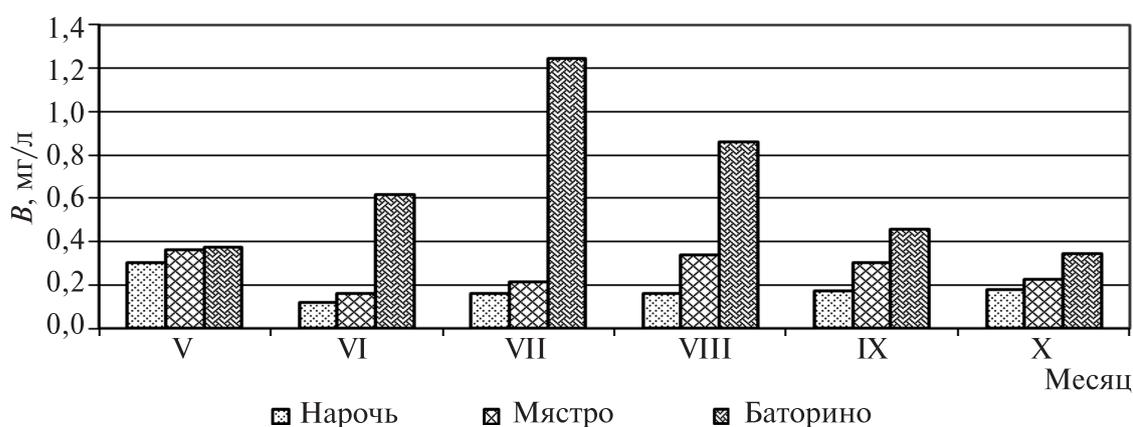


Рис. 2.6. Сезонный ход биомассы бактериопланктона в озерах Нарочанской группы
Fig. 2.6. Seasonal course of bacterioplankton biomass in the lakes of the Naroch group

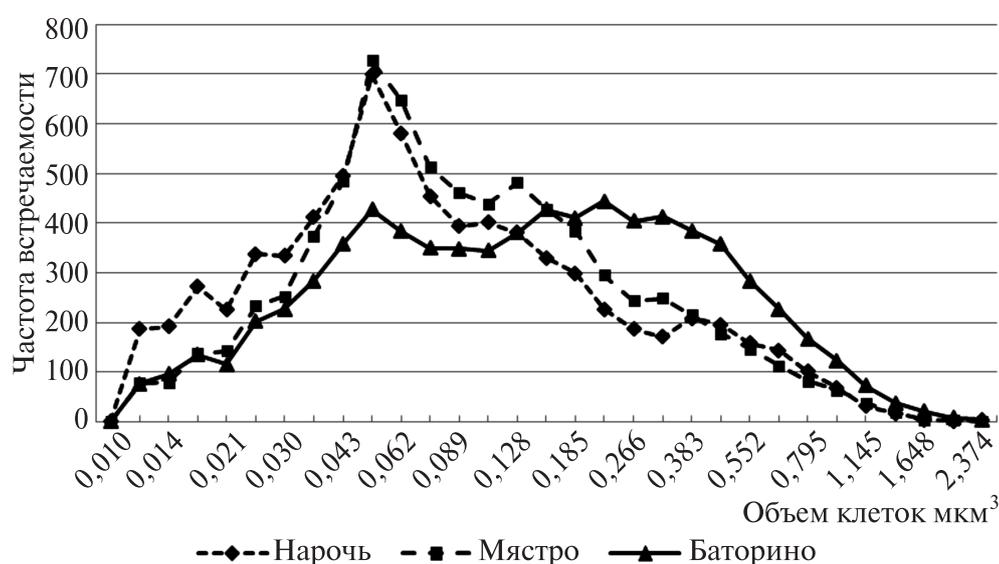


Рис. 2.7. Частота встречаемости бактериальных клеток разного объема в озерах Нарочь, Мястро и Баторино (вегетационный сезон 2018 г.)
Fig. 2.7. The frequency of occurrence of bacterial cells of different volume in the lakes Naroch, Myastro and Batorino (vegetative season 2018)

Основная масса клеток в озерах Нарочь и Мястро принадлежит мелким формам размером 0,05–0,06 мкм³. Более крупные бактерии присутствуют в меньших количествах. В оз. Баторино размерный диапазон бактерий значительно шире – от 0,04 до 0,60 мкм³.

Данные количественного развития бактериопланктона текущего года в сравнении с многолетними представлены в табл. 2.38.

Таблица 2.38

**Численность бактериопланктона (млн кл/мл) в озерах
за вегетационный сезон 2018 г. в сравнении с многолетними данными**

Table 2.38

**The abundance of bacterioplankton (mln cells/ml) in the lakes during
the vegetative season of 2018 in comparison with the long-term data**

Месяц	2006–2010 гг.		2011–2015 гг.		2016 г.	2017 г.	2018 г.
	<i>X</i>	<i>SD</i>	<i>X</i>	<i>SD</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
Озеро Нарочь (средние величины для Малого и Большого плесов)							
V	1,72	0,50	1,79	0,34	3,02	1,69	2,87
VI	1,90	0,58	2,33	0,62	3,79	2,55	2,44
VII	2,20	0,61	3,03	0,36	3,87	2,40	2,79
VIII	2,47	0,52	2,94	0,83	4,78	2,60	3,13
IX	1,87	0,63	2,21	0,63	3,34	2,15	2,37
X	1,89	0,42	1,82	0,53	2,47	2,06	2,04
Среднее за сезон ± SD	2,01 ± 0,27		2,35 ± 0,53		3,55 ± 0,80	2,24 ± 0,35	2,61 ± 0,39
Озеро Мястро							
V	2,70	0,94	2,97	1,78	5,92	1,24	2,40
VI	2,69	0,98	3,60	0,43	6,81	2,50	2,65
VII	3,02	1,14	5,03	2,56	6,20	3,13	3,63
VIII	3,84	1,39	3,81	0,47	6,98	3,54	4,45
IX	3,01	0,98	3,38	0,69	6,21	3,14	3,33
X	2,97	1,11	2,84	0,42	3,08	1,66	2,99
Среднее за сезон ± SD	3,04 ± 0,42		3,60 ± 0,79		5,87 ± 1,42	2,53 ± 0,91	3,24 ± 0,74
Озеро Баторино							
V	3,32	1,81	3,34	0,32	5,13	1,74	4,33
VI	4,63	1,98	4,63	0,72	6,95	5,43	5,49
VII	5,20	1,69	6,77	1,41	5,35	3,80	7,37
VIII	5,86	1,06	5,46	2,10	6,98	3,76	6,50
IX	4,19	1,54	4,31	1,10	6,78	3,37	4,15
X	3,64	1,63	3,84	1,23	4,83	1,74	3,22
Среднее за сезон ± SD	4,47 ± 0,96		4,72 ± 1,23		6,00 ± 1,01	3,31 ± 1,40	5,17 ± 1,57

В 2018 г. отмечено увеличение численности бактериопланктона по сравнению с предыдущим годом. Так, в оз. Нарочь средневегетационная концентрация бактерий увеличилась с $2,24 \pm 0,35$ до $2,61 \pm 0,39$ (незначительно), в оз. Мястро – с $2,53 \pm 0,91$ до $3,31 \pm 0,40$ и в оз. Баторино – с $3,31 \pm 1,40$ до $5,17 \pm 1,57$ млн кл/мл. Однако среднегодовые колебания численности бактериального сообщества не выходят за рамки, соответствующие трофическому статусу исследуемых озер.

2.15. Макрозообентос

2.15. Macrozoobenthos

Отбор макрозообентоса проводился в июне, августе и октябре 2018 г. на оз. Нарочь по схеме полуразреза от берега до глубины (16 м) в Малом плесе озера, в озерах Мястро и Баторино – по полуразрезам от берега до максимальной глубины¹.

Видовой состав макрозообентоса трех озер представлен в табл. 2.39. Всего в 2018 г. отмечено 143 таксона бентосных беспозвоночных организмов, из них в оз. Нарочь – 126, в оз. Мястро – 90 и в оз. Баторино – 67.

Таблица 2.39

**Видовой состав макрозообентоса озер Нарочь, Мястро и Баторино
(по данным сборов 2016 г.)**

Table 2.39

**The species composition of the macrozoobenthos of the Naroch,
Myastro and Batorino lakes (comparing to samples of 2016)**

Видовой состав	Озеро
Тип Coelenterata, Cnidaria	
Класс Hydrozoa	
Отряд Hydroida	
<i>Hydridae</i> n/det	Н, М
Тип Plathelminthes, Platyhelminthes	
Класс Tricladida, Turbellaria	
<i>Planaria</i> sp.	Н
Тип Nemathelminthes	
Класс Nematoda	
<i>Nematoda</i> n/det	Н, М, Б
Тип Annelida	
Класс Clitellata	
Подкласс Oligochaeta	
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	Н, М
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède, 1862)	Н, М, Б
<i>L. udekemianus</i> (Claparède, 1862)	Н, М
<i>Lophochaeta ignota</i> (Štolc, 1886)	Н
<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelsen, 1901)	Н, М, Б
<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	Н
<i>P. barbatus</i> (Grube, 1861)	Н, М
<i>Spirosperma ferox</i> (Eisen, 1879)	Н
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Н, Б
<i>Tubificidae</i> gen. sp. juv	Н, М, Б
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	Н, М
<i>Uncinaxis uncinata</i> (Orsted, 1842)	Н
<i>Oligochaeta</i> n/det	Н, М, Б

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-54-00009 Бел-а и гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б18Р-056.

Видовой состав	Озеро
Подкласс Hirudinea	
Отряд Rhynchobdellida	
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>G. concolor</i> (Apathy, 1888)	Н
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linne, 1758)	Н, М
Отряд Arhynchobdellida	
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>E. nigricollis</i> (Brandes, 1900)	Н
<i>E. testacea</i> (Savigny, 1820)	Н
Тип Mollusca	
Класс Lamellibranchia, Bivalvia	
Отряд Unioniformes	
<i>Unio</i> (Philipson, 1788) sp.	М, Б
<i>Anodonta</i> (Lamarck, 1799) sp.	М, Б
Отряд Cardiiformes	
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	Н, М, Б
Отряд Luciniformes	
<i>Sphaerium</i> (Scopoli, 1777) sp.	Н, М, Б
<i>S. nitidum</i> (Clessin in Westerlund, 1876)	Н
<i>Pisidium</i> (Pfeiffer, 1821) sp.	Н, М, Б
<i>P. amnicum</i> (O. F. Müller, 1774)	Н
<i>Musculium</i> (Link, 1807) sp.	Н
<i>Euglesa</i> (Leach in Jenyns, 1832) sp.	Н, М
Класс Gastropoda	
Отряд Lymnaeiformes	
<i>Limnaea stagnalis</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>L. auricularia</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>L. ovata</i> (Draparnaud, 1805)	Н, М, Б
<i>L. palustris</i> (O. F. Müller, 1774)	М, Б
<i>Acroloxis lacustris</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>Planorbis planorbis</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>P. carinatus</i> (O. F. Müller, 1774)	Н, М
<i>Anisus albus</i> (O. F. Müller, 1774)	Н
<i>A. vortex</i> (Linne, 1758)	Н
<i>A. vorticalus</i> (Troschel, 1834)	Н
<i>A. dispar</i> (Westerlun, 1871)	Н
<i>A. contortus</i> (Linne, 1758)	Н
<i>A. spirorbis</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>A. septemgyratus</i> (Rossmassler, 1835)	Н
<i>A. strachianus</i> (Clessin, 1886)	Н
<i>A.</i> (Studer, 1820) sp.	Н
<i>Hippeutis</i> (Agassiz in Charpentier, 1837) sp.	Н
<i>Segmentina nitida</i> (O. F. Müller, 1774)	Н, Б
<i>Choanomphalus riparius</i> (Westerlun, 1865)	Н

Видовой состав	Озеро
<i>C. rossmaessleri</i> (A. Schmidt, 1851)	Н
<i>Planorbarius corneus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>P. purpura</i> (O. F. Müller, 1774)	Н
<i>Physa fontinalis</i> (Linne, 1758)	Н, М
Отряд Ectobranhia	
<i>Valvata cristata</i> (O. F. Müller, 1774)	Н, М, Б
<i>V. depressa</i> (C. Pfeiffer, 1828)	Н, М, Б
<i>V. piscinalis</i> (O. F. Müller, 1774)	М, Б
<i>V. pulchella</i> (Studer, 1820)	Н
<i>V. planorbulina</i> (Paladilhe, 1867)	Н
<i>V. ambigua</i> (Westerlun, 1873)	Н, Б
<i>V. antiqua</i> (Sowerby, 1838)	Б
Отряд Vivipariformes	
<i>Viviparus viviparus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>V. contectus</i> (Millet, 1813)	Н, М
Отряд Rissoiformes	
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>Codiella leachi</i> (Sheppard, 1823)	Н
<i>Marstoniopsis steini</i> (Martens, 1858)	Н
Отряд Neritopsiformes	
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linne, 1758)	М
Тип Arthropoda	
Класс Crustacea	
Отряд Amphipoda	
<i>Gammarus lacustris</i> (G. O. Sars, 1867)	Н, М
<i>Pallasiola quadrispinosa</i> (G. O. Sars, 1867)	Н
Отряд Isopoda	
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
Класс Arachnida	
<i>Hydracarina</i> n/det	Н, М, Б
Класс Insecta	
Отряд Megaloptera	
<i>Sialis</i> (Latreille, 1802) sp.	М
Отряд Odonata	
<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linne, 1758)	Н
<i>S. danae</i> (Sulzer, 1776)	Н
<i>S. vulgatum</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>Libellula depressa</i> (Linne, 1758)	Н
<i>L. quadrimaculata</i> (Linne, 1758)	Н
<i>Coenagrion puella</i> (Linne, 1758)	Н
<i>C. pulchellum</i> (van der Linden, 1823)	Н, М, Б
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1828)	Н, Б
Отряд Ephemeroptera	
<i>Ephemera vulgata</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>Caenis horaria</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>Cloeon dipterum</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б

Видовой состав	Озеро
Отряд Heteroptera	
<i>Plea minutissima</i> (Leach, 1817)	Н, М, Б
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>Nepa cinerea</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>Notonecta</i> (Linne, 1758) sp.	Н, М, Б
<i>Gerris lacustris</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
Отряд Coleoptera	
<i>Haliphus</i> (Latreille, 1802) sp.	Н, М
Отряд Trichoptera	
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens, 1836)	Н
<i>Limnephilus</i> (Leach, 1815) sp.	Н, М, Б
<i>L. rhombicus</i> (Linnaeus 1758)	М
<i>L. flavicornis</i> (Fabricius, 1787)	М
<i>Molanna angustata</i> (Curtis, 1834)	М
<i>Cyrnus flavidus</i> (McLachlan, 1864)	Н, Б
<i>Holocentropus picicornis</i> (Stephens, 1836)	Н
<i>Orthotrichia tetensii</i> (Kolbe, 1887)	Н
<i>Leptocerus tineiformis</i> (Curtis, 1834)	Н, М
<i>L. aterrimus</i> (Stephens, 1836)	Н
<i>Oxyethira costalis</i> (Curtis, 1834)	Н
<i>Semblis phalaenoides</i> (Linnaeus, 1758)	Н
<i>Potamophylax rotundipennis</i> (Brauer, 1857)	Н
Отряд Diptera	
<i>Ceratopogonidae</i> gen. sp.	Н, М, Б
<i>Chaoborus cristallinus</i> (de Geer, 1776)	М, Б
<i>Tabanus</i> (Linne, 1758) sp.	Н
Сем. Chironomidae	
<i>Tanytarsus gr. gregarius</i> (Kieffer, 1909)	Н, М, Б
<i>T. gr. mancus</i> (v. d. Wulp, 1856)	Н, М, Б
<i>T. gr. lauterborni</i> (Kieffer, 1909)	Н, М, Б
<i>T. gr. lobatifrons</i> (Kieffer, 1914)	Н
<i>T. gr. pediceffiferus</i> (Birula, 1931)	Н
<i>Rheotanytarsus gr. exiguus</i> (Johannsen, 1937)	Н, М, Б
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger, 1839)	Н, М
<i>Glyptotendipes gr. gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	Н, М, Б
<i>Chironomus</i> f.l. <i>plumosus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>C. (Lobochironomus) dorsalis</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>Limnochironomus gr. nervosus</i> (Staeger, 1839)	Н, М, Б
<i>L. gr. tritonus</i> (Kieffer, 1916)	Н, М, Б
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i> (Kieffer, 1921)	Н, М, Б
<i>C. gr. viridulus</i> (Fabricius, 1805)	Н, М, Б
<i>C. gr. vulneratus</i> (Zetterstedt, 1860)	Н, М

Видовой состав	Озеро
<i>Einfeldia pagana</i> (Meigen, 1838)	Н, М, Б
<i>E. gr. carbonaria</i> (Meigen, 1928)	М, Б
<i>Polypedilum gr. convictum</i> (Walker, 1856)	Н, М, Б
<i>P. (Polypedilum) nubeculosum</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>P. (Tripodura) scalaenum</i> (Schraenck, 1803)	Н, М, Б
<i>P. gr. breviantennatum</i> (Tshernovskij, 1949)	Н, М, Б
<i>Allochironomus</i> (Kieffer, 1928) sp.	Н, М, Б
<i>Endochironomus gr. tendens</i> (Fabricius, 1794)	Н, М, Б
<i>E. gr. dispar</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>E. albipennis</i> (Meigen, 1830)	М, Б
<i>Microtendipes gr. chloris</i> (Meigen, 1818)	Н, М
<i>Stictochironomus gr. histrio</i> (Fabricius, 1794)	Н, М, Б
<i>Psectrocladius gr. psilopterus</i> (Kieffer, 1906)	Н
<i>Cricotopus gr. silvestris</i> (Fabricius, 1794)	Н
<i>C. gr. algarum</i> (Kieffer, 1911)	Н
<i>Micropsectra praecox</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>Tanytus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	М, Б
<i>T. punctipennis</i> (Meigen, 1918)	М, Б
<i>Psectrotanytus varius</i> (Fabricius, 1787)	М
<i>Ablabesmyia gr. lentiginosa</i> (Fries, 1823)	Н, М, Б
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen, 1905) sp.	Н, М, Б
<i>Procladius</i> (Scuse, 1889) sp.	Н, М, Б

По сравнению со списком видов в озерах за 2016 г. в оз. **Нарочь** в 2018 г. список расширен следующими видами: *Sphaerium nitidum* (Clessin in Westerlund, 1876); *Pisidium amnicum* (O. F. Müller, 1774); *Anisus albus* (O. F. Müller, 1774); *Marstoniopsis steini* (Martens, 1858); *Sympetrum danae* (Sulzer, 1776); *S. vulgatum* (Linne, 1758); *Libellula quadrimaculata* (Linne, 1758); *Psectrocladius gr. psilopterus* (Kieffer, 1906); *Cricotopus gr. silvestris* (Fabricius, 1794); *C. gr. algarum* (Kieffer, 1911); в оз. **Мястро**: *Planorbis planorbis* (Linne, 1758); *P. carinatus* (O. F. Müller, 1774); *Anisus spirorbis* (Linne, 1758); *Physa fontinalis* (Linne, 1758); *Sympetrum vulgatum* (Linne, 1758); *Coenagrion pulchellum* (van der Linden, 1823); *Limnephilus rhombicus* (Linnaeus 1758); *L. flavicornis* (Fabricius, 1787); *Limnochironomus gr. tritonus* (Kieffer, 1916); *Cryptochironomus gr. viridulus* (Fabricius, 1805); *Endochironomus albipennis* (Meigen, 1830); *Psectrotanytus varius* (Fabricius, 1787) и в оз. **Баторино**: *Unio* (Philipson, 1788) sp.; *Segmentina nitida* (O. F. Müller, 1774); *Coenagrion pulchellum* (van der Linden, 1823); *Cloeon dipterum* (Linne, 1758); *Tanytarsus gr. gregarius* (Kieffer, 1909); *Einfeldia pagana* (Meigen, 1838); *Micropsectra praecox* (Meigen, 1818).

Не были обнаружены, по данным сборов за 2018 г. (по сравнению с 2016 г.), в оз. **Нарочь** виды: *Anisus perezi* (Graells in Dupui, 1854); *A. leucostoma* (Millet, 1813); *Valvata piscinalis* (O. F. Müller, 1774); *Sympetrum* (Newman, 1833) sp.; *Ischnura elegans* (van der Linden, 1823); *Baetis rhodani* (Pictet, 1843); *Aphelocheirus aestivalis* (Fabricius, 1803); *Agrypnia obsoleta* (Hagen, 1864); в оз. **Мястро**: *Musculium* (Link, 1807) sp.; *Valvata pulchella* (Studer, 1820); *V. planorbulina* (Paladilhe, 1867); *V. ambigua* (Westerlun, 1873); *V. antiqua* (Sowerby, 1838); *Athripsodes aterrimus* (Stephens, 1836); *Tabanus* (Linne, 1758) sp.; *Atherix* (Meigen, 1803) sp.; *Tanytarsus gr. lobatifrons* (Kieffer, 1914); и в оз. **Баторино**: *Erpobdella octoculata* (Linne, 1758);

Euglesa (Leach in Jenyns, 1832) sp.; *Gammarus lacustris* (G. O. Sars, 1867); *Sialis* (Latreille, 1802) sp.; *Donacia* (Fabricius, 1775) sp.; *Athripsodes aterrimus* (Stephens, 1836); *Molanna angustata* (Curtis, 1834); *Holocentropus picicornis* (Stephens, 1836); *Orthotrichia tetensii* (Kolbe, 1887); *Oxyethira costalis* (Curtis, 1834); *Goera pilosa* (Fabricius, 1775); *Pseudochironomus prasinatus* (Staeger, 1839); *Microtendipes* gr. *chloris* (Meigen, 1818); *Sergentia* gr. *longiventris* (Kieffer, 1924); *Parachironomus vitiosus* (Goetghebuer, 1921).

Количественные характеристики по основным группам животных бентосного сообщества сведены в табл. 2.40 и 2.41. В табл. 2.42 показано изменение общей плотности и биомассы бентоса на различных глубинах озер.

Таблица 2.40

Средневзвешенные величины плотности (*N*, тыс. экз/м²) и биомассы (*B*, г/м²) макрозообентоса в 2018 г.

Table 2.40

Weighted average density (*N*, thousand ind/m²) and biomass (*B*, g/m²) of macrozoobenthos in 2018

Дата	Общая		Oligochaeta		Mollusca		Crustacea		Chironomidae		Прочие	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Озеро Нарочь												
VI	2,95	14,63	0,29	1,41	0,64	7,44	0,18	0,97	1,61	1,37	0,23	3,44
VIII	1,71	7,52	0,12	0,15	1,10	6,42	0,04	0,12	0,36	0,31	0,09	0,53
X	2,09	9,80	0,15	0,52	0,94	5,14	0,04	0,88	0,67	0,92	0,28	2,34
Средние	2,25	10,65	0,19	0,69	0,89	6,33	0,09	0,66	0,88	0,86	0,20	2,10
SD	0,63	3,63	0,09	0,65	0,24	1,15	0,08	0,47	0,65	0,53	0,10	1,47
Озеро Мястро												
VI	4,48	24,01	0,57	0,92	0,07	1,44	0,15	0,98	3,45	17,09	0,24	3,58
VIII	1,04	8,75	0,44	0,37	0,06	1,87	0,04	0,54	0,39	4,95	0,11	1,03
X	1,49	17,60	0,43	1,92	0,09	2,48	0	0	0,60	0,75	0,36	2,45
Средние	2,34	16,79	0,48	1,07	0,07	1,93	0,06	0,51	1,48	0,93	0,24	2,35
SD	1,87	7,66	0,08	0,79	0,02	0,52	0,08	0,49	1,71	6,07	0,12	1,28
Озеро Баторино												
VI	0,89	4,31	0,14	0,08	0,02	0,63	0	0	0,40	2,35	0,34	1,25
VIII	0,53	1,85	0,12	0,04	0,05	1,44	0,003	0,003	0,24	0,24	0,12	0,13
X	0,91	3,67	0,02	0,05	0,04	1,12	0	0	0,48	1,54	0,37	0,96
Средние	0,77	3,28	0,09	0,06	0,04	1,06	0,001	0,001	0,37	1,38	0,28	0,78
SD	0,21	1,27	0,06	0,02	0,02	0,41	0,002	0,002	0,12	1,07	0,14	0,59

Таблица 2.41

Относительное участие (%) основных систематических групп организмов в общей численности (*N*) и биомассе (*B*) макрозообентоса в 2018 г.

Table 2.41

Relative participation (%) of the main systematic groups of organisms in total abundance (*N*) and biomass (*B*) of macrozoobenthos in 2018

Озеро	Oligochaeta		Mollusca		Crustacea		Chironomidae		Прочие	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Нарочь	8,4	6,5	39,6	59,5	3,9	6,2	39,2	8,1	8,9	19,7
Мястро	20,7	6,4	3,1	11,5	2,6	3,0	63,4	65,1	10,1	14,0
Баторино	11,8	1,7	4,6	32,4	0,1	0,03	47,9	42,0	35,6	23,8

Таблица 2.42

Общая плотность (N , тыс. экз/м²) и биомасса (B , г/м²) макрозообентоса на различных глубинах озер в 2018 г.

Table 2.42

Total density (N , thousand ind/m²) and biomass (B , g/m²) of macrozoobenthos at various depths of the lakes in 2018

Глубина, м	Озеро Нарочь		Озеро Мястро		Глубина, м	Озеро Баторино	
	N	B	N	B		N	B
0–2	7,73	24,22	12,32	63,12	1	1,66	6,66
2–4	7,58	37,41	0,57	8,95	2	0,21	2,12
4–6	0,53	10,15	0,58	9,91	3	0,82	3,56
6–8	1,01	8,57	0,47	8,95	4	0,64	2,16
8–10	0,27	3,72	0,83	5,30	5	0,78	2,26
10–12	0,23	1,46	–	–	–	–	–
12–14	0,43	1,62	–	–	–	–	–
14–16	0,17	2,05	–	–	–	–	–

Величины средневзвешенных биомасс и плотности поселения макрозообентоса в целом для озер в 2018 г. расположились в следующем порядке: в оз. Нарочь – 10,65 и 2,3; в оз. Мястро – 16,79 и 2,3 и в оз. Баторино – 3,28 г/м² и 0,8 тыс. экз/м² (см. табл. 2.40).

В 2018 г. максимумы биомассы и значений средневзвешенной плотности животных (см. табл. 2.40) наблюдали в оз. Нарочь в июне – 14,63 и 3,0; в оз. Мястро также в июне – 24,01 и 4,5 и в оз. Баторино в июне – 4,31 г/м² и 0,9 тыс. экз/м² – в октябре. Наименьшими эти показатели во всех трех озерах были в июле для оз. Нарочь – 7,52 и 1,7; для оз. Мястро – 8,75 и 1,0 и для оз. Баторино – 1,85 г/м² и 0,5 тыс. экз/м².

Весомую роль в численности бентоса оз. Нарочь играли хирономиды и моллюски; в биомассе – моллюски и организмы, вошедшие в группу «Прочие». В оз. Мястро по плотности организмов преобладали хирономиды и олигохеты; по биомассе – хирономиды и организмы, вошедшие в группу «Прочие», а в оз. Баторино хирономиды и организмы, вошедшие в группу «Прочие», преобладали по числу, тогда как по биомассе лидировали хирономиды и моллюски (см. табл. 2.41).

Величины средней плотности и биомассы организмов были максимальны в оз. Нарочь на глубинах от 1 до 4 м, в озерах Мястро и Баторино – от 1 до 2 м (см. табл. 2.42). В оз. Мястро более высокие количественные показатели бентоса за 2018 г. на глубинах от 6 до 10 м (отчасти в оз. Баторино на глубине 3–5 м) обусловлены наличием значительного числа личинок комаров семейства Chironomidae и вида *Chaoborus cristallinus* (de Geer).

Из табл. 2.43 видно, что участие хищного бентоса в численности и биомассе общего наибольшее в оз. Баторино, меньше – в оз. Нарочь и в оз. Мястро.

Таблица 2.43

Средняя плотность, биомасса и относительное участие в общей численности (N) и биомассе (B) мирного и хищного макрозообентоса озер в 2018 г.

Table 2.43

The average density, biomass and relative participation in the total abundance (N) and biomass (B) of peaceful and predatory macrozoobenthos of lakes in 2018

Озеро	Макрозообентос							
	Мирный		Хищный		Мирный		Хищный	
	N , тыс. экз/м ²	B , г/м ²	N , тыс. экз/м ²	B , г/м ²	N , %	B , %	N , %	B , %
Нарочь	0,07	75,52	0,02	13,62	80,1	84,7	19,9	15,3
Мястро	2,05	14,59	0,09	86,9	290,8	2,2	12,4	13,1
Баторино	0,41	2,45	0,36	0,83	52,9	74,7	47,1	25,3

На рис. 2.8–2.10 отображен вклад разных групп организмов в общую биомассу бентоса на разных глубинах в озерах Нарочь, Мястро, Баторино.

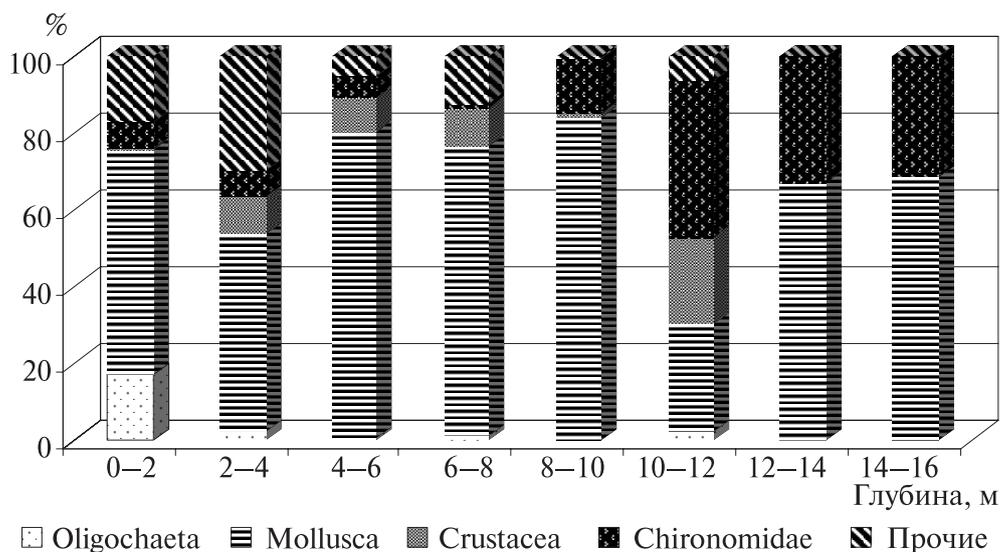


Рис. 2.8. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макрозообентоса на различных глубинах оз. Нарочь в 2018 г.

Fig. 2.8. The relative participation (%) of the main groups of animals in the total macrozoobenthos biomass at different depths of Lake Naroch in 2018

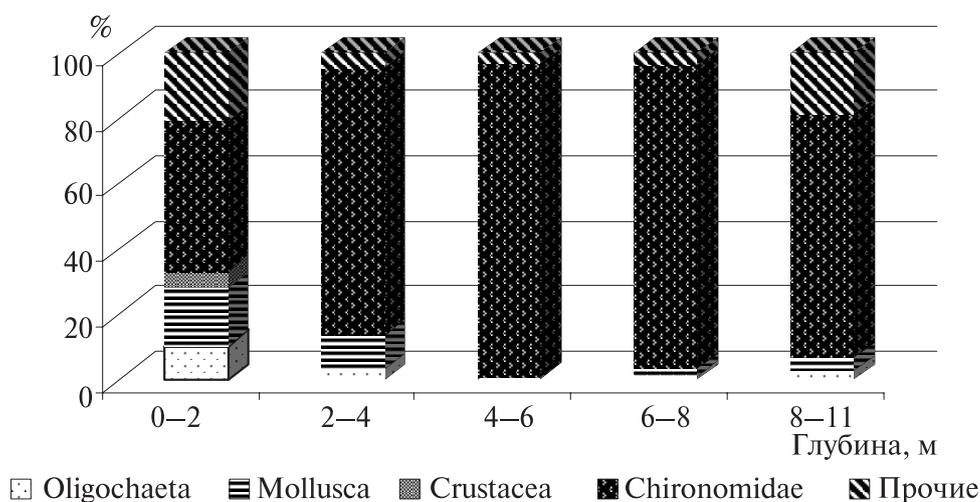


Рис. 2.9. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макробентоса на различных глубинах оз. Мястро в 2018 г.

Fig. 2.9. The relative participation (%) of the main groups of animals in the total macrobenthos biomass at different depths of Lake Myastro in 2018

В дночерпательных пробах макрозообентоса отдельно рассчитывали плотность и биомассу моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas. В табл. 2.44–2.46 приведены средние значения плотности и биомассы дрейссены в озерах Нарочь; Мястро и Баторино на различных глубинах.

В 2018 г. в оз. Нарочь дрейссена была найдена на глубинах до 8 м, как и в прежние годы, максимум биомассы и численности ее приходился на глубины 3–4 м.

В 2018 г. в оз. Мястро дрейссена была найдена на глубинах до 4 м, как и прежде, максимум биомассы и численности ее приходился на глубины 0,3–2 м.

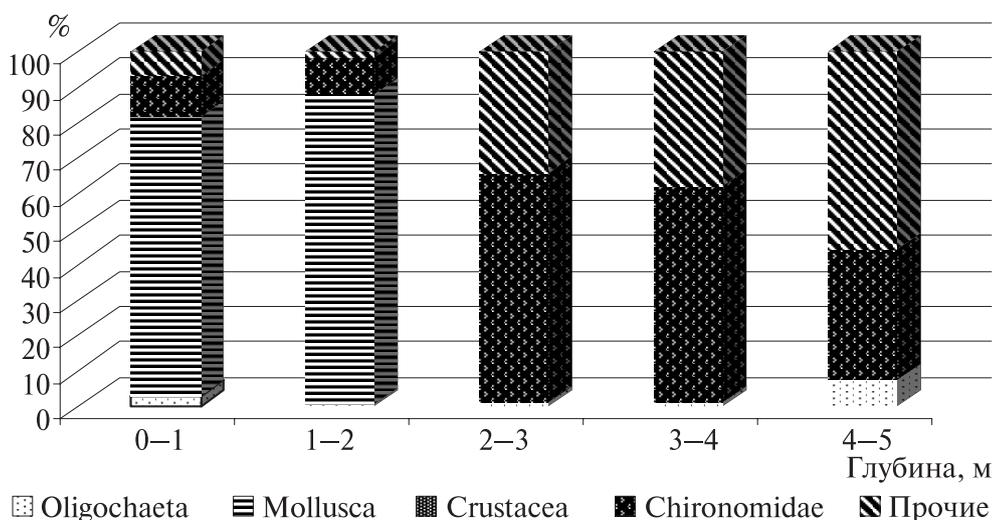


Рис. 2.10. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макрозообентоса на различных глубинах оз. Баторино в 2018 г.

Fig. 2.10. The relative participation (%) of the main groups of animals in the total macrozoobenthos biomass at different depths of Lake Batorino in 2018

Таблица 2.44

Средние величины плотности (N , тыс. экз/м² ($\pm SD$)) и биомассы (B , г/м² ($\pm SD$)) дрейссены по данным дночерпательных проб оз. Нарочь в 2018 г.

Table 2.44

Average values of density (N , thousand ind/m² ($\pm SD$)) and biomass (B , g/m² ($\pm SD$)) of Zebra mussels according to the bottom grab samples of Lake Naroch in 2018

Месяц	Глубина, м							
	0–2		3–4		5–6		7–8	
	N	B	N	B	N	B	N	B
VI	0,02	1,61	1,66	416,93	0,22	21,26	0,06	3,03
VIII	0,01	19,75	0,78	136,68	0,10	26,18	2,98	66,13
X	0,25	33,12	1,68	109,98	0,62	9,92	0,36	10,57
Средние	0,09	18,16	1,37	221,19	0,31	19,12	1,13	26,58
SD	0,14	15,82	0,51	170,03	0,27	8,34	1,61	34,46

Таблица 2.45

Средние величины плотности (N , тыс. экз/м² ($\pm SD$)) и биомассы (B , г/м² ($\pm SD$)) дрейссены по данным дночерпательных проб оз. Мястро в 2018 г.

Table 2.45

Average values of density (N , thousand ind/m² ($\pm SD$)) and biomass (B , g/m² ($\pm SD$)) of Zebra mussels according to the bottom grab samples of Lake Myastro in 2018

Месяц	Глубина, м			
	0–2		3–4	
	N	B	N	B
VI	0,76	361,60	0	0
VII	0,32	40,80	0	0
X	0,20	333,75	0,04	0,72
Средние	0,43	245,38	0,01	0,24
SD	0,29	177,72	0,02	0,42

Таблица 2.46

Средние величины плотности (N , тыс. экз/м² ($\pm SD$)) и биомассы (B , г/м² ($\pm SD$)) дрейссены по данным дночерпательных проб оз. Баторино в 2018 г.

Table 2.46

Average values of density (N , thousand ind/m² ($\pm SD$)) and biomass (B , g/m² ($\pm SD$)) of *Zebra mussels* according to the bottom grab samples of Lake Batorino in 2018

Месяц	Глубина, м	
	0–1	
	N	B
VI	0,02	16,50
VII	0,04	47,28
X	0	0
Средние	0,02	21,26
SD	0,02	24,00

В некоторой мере такое распределение дрейссены в оз. Нарочь и Мястро объясняется значительным развитием на этих глубинах погруженных в воду макрофитов, являющихся удобным субстратом для прикрепления моллюска-фильтратора.

В озере Баторино в 2018 г. дрейссена в дночерпательные пробы попадалась только в литорали (при средней плотности 0,02 тыс. экз/м² и биомассе 21,26 г/м²) района небольшого пляжа у деревни Шиковичи (в июне – 0,02 тыс. экз/м² и 16,50 г/м²) и Городецкой луки (в июле – 0,04 тыс. экз/м² и 47,28 г/м²), где она прикреплялась к камням, коряжнику, стеблям харовых водорослей и другим погруженным и (или) полупогруженным в воду макрофитам.

В Нарочанских озерах дрейссена, в принципе, может селиться на разных глубинах, вплоть до максимальных, при наличии подходящего субстрата для ее прикрепления.

3. ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

3. HIGHER WATER VEGETATION

Воздушно-водные растения, развивающиеся в литорали водоемов, являются одними из наиболее активных продуцентов органического вещества в биосфере [8]. Аккумулируя биогенные элементы в период роста и выделяя их в воду в процессе отмирания и разложения, макрофиты оказывают существенное влияние на гидрохимический режим водных объектов и формирование качества воды.

Озеро Нарочь – один из примеров водоемов, где макрофиты определяют особенности биотического круговорота и в значительной степени формируют облик экосистемы. Для озера характерны высокие значения прозрачности воды и обширная литораль, занимающая по разным оценкам от 30 до 50 % площади озера, что создает благоприятные условия для развития макрофитов [9, 10].

В настоящее время заросли воздушно-водных растений в оз. Нарочь не образуют сплошной зоны, размещаясь участками разной величины и густоты от уреза воды до глубины 2 м; общая их площадь составляет 2,7 км², или 3,4 % площади озера, биомасса в период максимального развития достигает 2,62 тыс. т абсолютно сухого вещества при выраженном доминировании тростника (88 % общего зарастания и 95 % массы) [11]. Именно тростник является основным продуцентом органического вещества в прибрежной зоне (от уреза воды до глубины 2 м). Кроме того, стебли тростника создают дополнительную поверхность для развития на них перифитона, продукция которого на протяжении периода вегетации составляет около 20 % от продукции тростника [12].

В разделе представлены морфометрическая характеристика зарослей тростника различной плотности в оз. Нарочь за 2016 г., а также динамика развития тростниковых зарослей в озере за три года исследований (2012, 2016 и 2017 гг.).

3.1. Оценка ростовых показателей зарослей тростника в оз. Нарочь

3.1. The development of reeds in the littoral of the Lake Naroch

В июле 2016 г. была обследована береговая линия на участке от биостанции до санатория «Нарочь» (около 4 км), для проведения укосов тростника выбирали биотопы с различной плотностью зарослей. Стебли тростника срезали на уровне грунта, в каждом биотопе при помощи рамки площадью 0,25 м² собирали от 3 до 11 укосов в зависимости от плотности зарослей (так, чтобы общее количество стеблей, собранных в биотопе, было ≥ 30). Густоту зарослей определяли на глаз по 5-балльной шкале с шагом 0,5 балла.

Глубина на исследованных участках колебалась в пределах 0,3–0,5 м. В собранных пробах измеряли количество стеблей, их длину и диаметр (в нижней части), сырую и воздушно-сухую массу укосов (табл. 3.1, 3.2).

Таким образом, в зависимости от плотности зарослей масса тростника в укосах существенно различалась, при этом средняя масса одного стебля в биотопах составила 35,0 г/экз. в сырой массе (15,5 г/экз. в воздушно-сухой массе).

Таблица 3.1

Масса тростника в зарослях различной плотности

Table 3.1

Reed mass in thickets with different density

№ пробы	Плотность зарослей* в биотопе, экз/м ²	Сырая масса (I), г/укос*	Воздушно-сухая масса (II), г/укос*	(I)/(II)
1	48 (28–84)	898,3 (360–1770)	212,7 (14–264)	0,24
2	78 (48–104)	1075 (840–1220)	477,3 (360–586)	0,44
3	37 (20–60)	243,3 (185–355)	127,3 (78–200)	0,52
4	123 (68–216)	640 (570–725)	265,7 (222–303)	0,42
5	126 (68–216)	1533,3 (1425–1650)	656,7 (630–680)	0,43
6	16 (8–40)	39,1 (20–65)	16,8 (5–30)	0,43
7	30 (20–32)	178,3 (130–250)	93,9 (59,9–166)	0,53
8	15 (12–20)	105 (60–195)	46,2 (25,31–66,9)	0,44

Примечание. В таблице приведены средние значения (минимум – максимум); * в каждом биотопе плотность подсчитывали в 20 рамках; ** укосы с 0,25 м² в 3–12 повторностях в зависимости от плотности зарослей в биотопе.

Таблица 3.2

**Ростовые показатели тростника в зарослях разной плотности
в прибрежной части литорали оз. Нарочь**

Table 3.2

**Growth parameters of reed in thickets with different density
in littoral zone of the Naroch Lake**

№ пробы	Количество стеблей в выборке, экз.	Длина тростника, см	Диаметр стебля у основания, см	Доля молодого подроста, % от общего количества
1	38	188 ± 58 (84–290)	0,70 ± 0,22 (0,35–1,1)	18,4
2	68	221 ± 54 (102–294)	0,74 ± 0,19 (0,25–1,3)	1,5
3	33	163 ± 38 (93–221)	0,53 ± 0,08 (0,35–0,7)	0
4	55	202 ± 35 (124–271)	0,59 ± 0,12 (0,30–0,8)	0
5	106	249 ± 31 (165–305)	0,70 ± 0,13 (0,40–1,0)	0
6	41	96 ± 32 (35–168)	0,32 ± 0,11 (0,15–0,6)	41,5
7	42	174 ± 39 (85–272)	0,64 ± 0,14 (0,35–1,0)	11,9
8	30	175 ± 45 (68–268)	0,62 ± 0,17 (0,30–1,0)	20,0

Примечание. В таблице приведены средние значения ± SD (минимум – максимум).

Средняя длина стеблей тростника различалась по биотопам, при этом в зарослях более высокой плотности отдельные стебли обладали большими размерами и массой. Доля молодого подроста в отдельных укосах составляла до 20 % и в среднем для изученных биотопов была 8,7 % (подрост появляется в конце июня – начале июля, см. ниже).

Полученные данные позволяют судить об особенностях распространения тростника на обследованном участке литорали, могут быть использованы при расчете продуктивности тростника, а также площади растительного субстрата для перифитона в оз. Нарочь.

Сезонная динамика роста тростника

В прибрежной зоне озера недалеко от биологической станции был выбран типичный биотоп – тростниковые заросли средней плотности, где была прослежена сезонная динамика развития тростника, включая изменения морфометрических показате-

лей и массы растений. Сравнение данных трех лет, различающихся по климатическим характеристикам, позволило более полно охарактеризовать сезонную динамику развития тростниковых зарослей в экосистеме оз. Нарочь.

Плотность зарослей тростника в исследуемом биотопе колебалась на протяжении вегетационного сезона примерно в одинаковых пределах в годы исследования и составила от 72 до 100 экз/м² в 2012 г., от 81 до 105 экз/м² в 2016 г. и от 67 до 107 экз/м² в 2017 г. Глубина в месте отбора проб на протяжении всех трех лет составляла около 0,5 м с незначительными колебаниями. Температурные условия отражены на рис. 3.1.

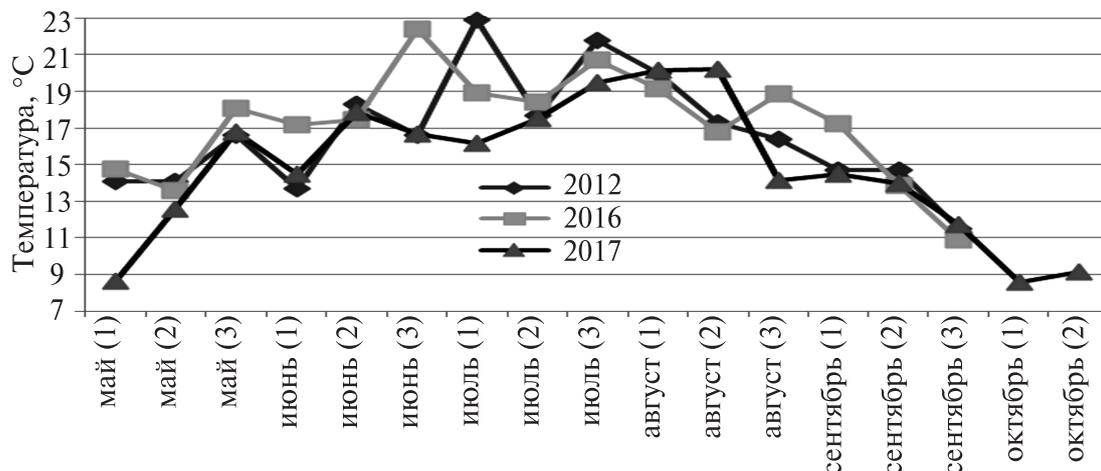


Рис. 3.1. Среднедекадная температура воздуха в районе оз. Нарочь в 2012, 2016 и 2017 гг. (рассчитано на основании архивных данных УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга» БГУ)

Fig. 3.1. Mean 10-day air temperature near the Naroch Lake in 2012, 2016 and 2017 (calculated based on the archival data of the ERC “Naroch Biological Station named after G. G. Vinberg” of the BSU)

Для определения параметров растений в период с конца мая по конец сентября проводили укосы с площади 0,25 м² в трех повторностях. В укосах измеряли количество растений, их длину и массу (без высушивания).

Ниже на рис. 3.2, 3.3 представлено сравнение полученных данных длины и массы растений тростника в оз. Нарочь за три года исследований.

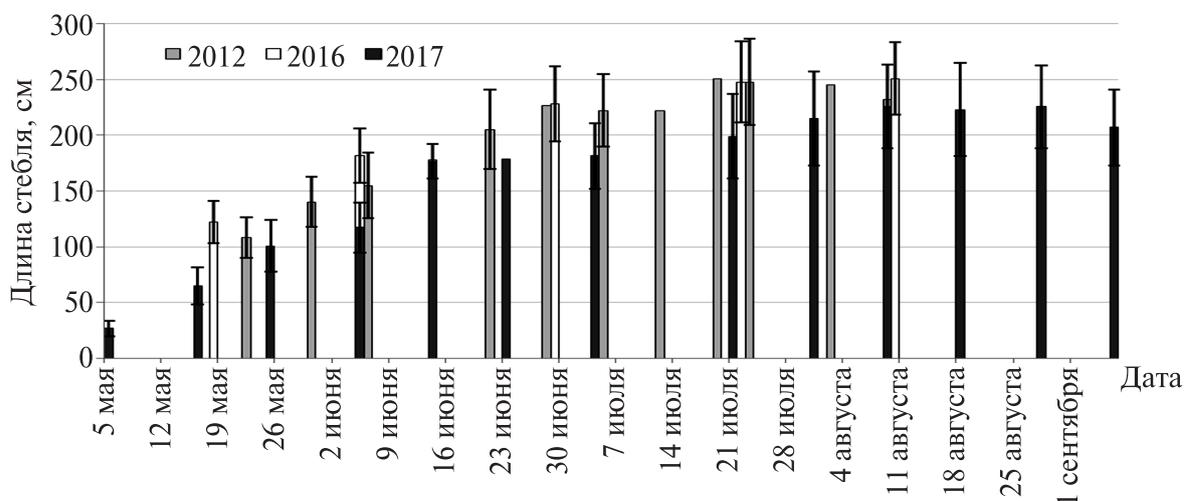


Рис. 3.2. Сезонная динамика длины тростника в оз. Нарочь в 2012, 2016 и 2017 гг. (приведены средние значения ± стандартное отклонение)

Fig. 3.2. Seasonal dynamics of reed's length in the Naroch Lake in 2012, 2016 and 2017 (mean ± SD)

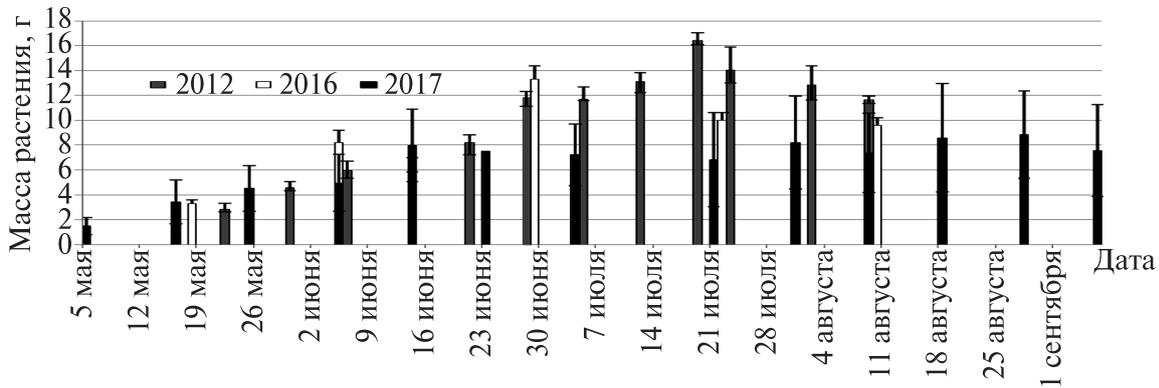


Рис. 3.3. Сезонная динамика массы тростника в оз. Нарочь в 2012, 2016 и 2017 гг. (приведены средние значения \pm стандартное отклонение)

Fig. 3.3. Seasonal dynamics of reed mass in the Naroch Lake in 2012, 2016 and 2017 (mean \pm SD)

В пробах 2012 г. наиболее интенсивный прирост тростника наблюдали в июне, пик роста и биомассы отмечен во второй половине июля. В сравнении с 2012 г. в мае 2016 г. рост тростника происходит более интенсивно, но к концу июня и на пике развития (к концу июля) значения средней длины выравниваются. Сезонная динамика массы тростника в период изучения в 2016 г. также показывает быстрое увеличение массы стебля в мае – июне. Из-за высокой температуры в мае – июне 2016 г. наблюдали самые высокие темпы прироста растения в сравнении с другими годами. В июле средняя индивидуальная масса и длина растений в укосах несколько снижалась из-за появления в подросте молодого, более тонкого и низкого тростника.

Из-за холодной, затяжной весны и прохладного начала лета наблюдаемый рост растений в 2017 г. был менее интенсивным, чем в предыдущие годы, и максимальные значения, отмеченные в середине августа, были ниже, чем в предыдущие годы. Максимальных значений массы тростник также достигал только в середине августа, при этом они были существенно ниже значений предыдущих лет. В 2017 г., как и в другие годы, наиболее интенсивный рост растений наблюдали в мае – июне, затем скорость роста замедлялась.

Для более корректного сравнения скорости сезонного прироста тростника месяцы, в которые проводили исследования, разделили на декады. Прирост длины и массы среднего растения тростника, выраженный в долях от максимальных значений, представлен на рис. 3.4, 3.5.

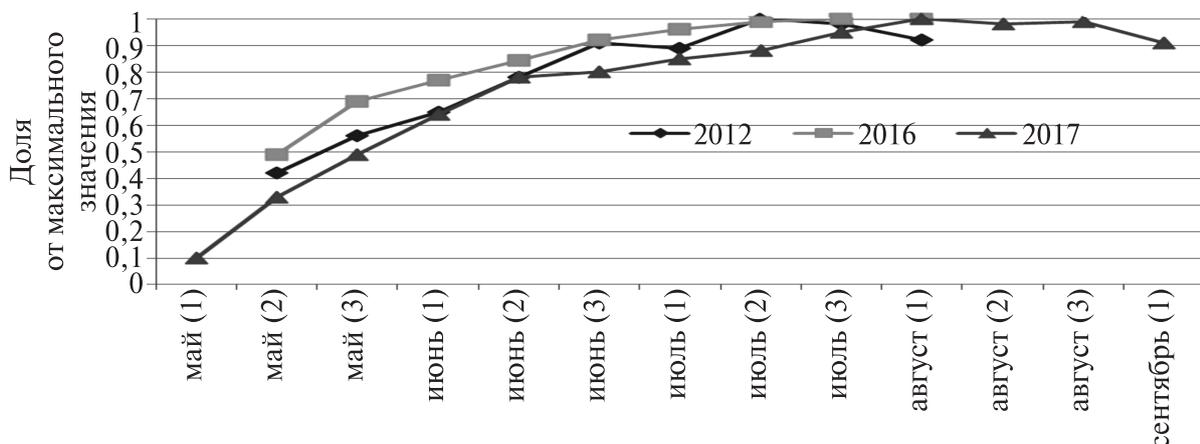


Рис. 3.4. Сезонная динамика средней длины стеблей тростника в 2012, 2016 и 2017 гг. (по декадам месяца относительно максимальных значений)

Fig. 3.4. Seasonal dynamics of mean length of reed's stems in 2012, 2016 and 2017 (decades of months calculated comparing to max values)

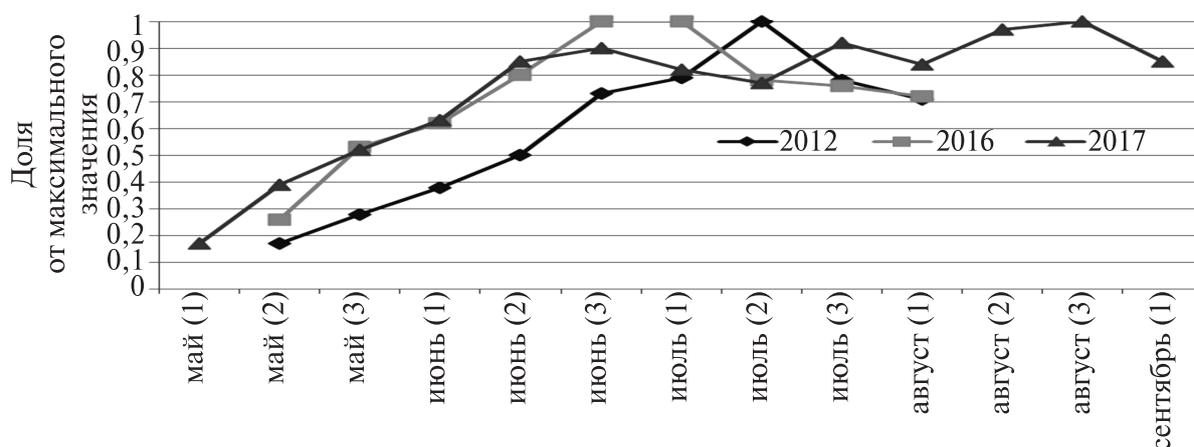


Рис. 3.5. Сезонная динамика средней массы растения тростника в 2012, 2016 и 2017 гг. (по декадам месяца относительно максимальных значений)

Fig. 3.5. Seasonal dynamics of mean reed mass in 2012, 2016 and 2017 (decades of month calculated comparing to max values)

Таким образом, наиболее активный прирост тростника и, соответственно, продуцирование им органического вещества наблюдается в мае – июне, при этом ежемесячный прирост составляет около 30–40 % от максимальной биомассы. В июле рост тростника замедляется, а в августе – практически прекращается (не превышает 10 % от максимальной биомассы).

Сравнение удельного вклада в суммарную годовую продукцию тростника по месяцам представлено на рис. 3.6.

В целом основной прирост биомассы тростника (68–87 %) во все годы приходится на май – июнь. В конце лета и в осенние месяцы роль тростниковых зарослей в новообразовании органического вещества в озере заключается преимущественно в том, что стебли растений являются субстратом для развития обрастаний, которые обычно достигают пика биомассы и продукции в августе – сентябре [12]. Так, рассчитанная по данным 2016 г. дополнительная площадь поверхности для перифитона, формируемая в исследованном биотопе стеблями тростника, составляет около 1,7 м² на метр квадратный площади зарослей. Содержание минеральных веществ (зольность) в укусах тростника по данным 2016 г. существенно не изменяется в течение периода исследования и составляет

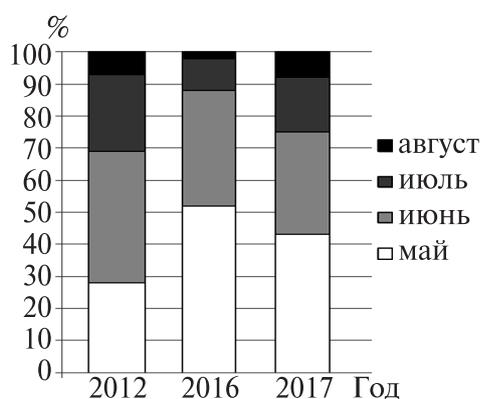


Рис. 3.6. Вклад в суммарную продукцию тростника в оз. Нарочь по месяцам в 2012, 2016 и 2017 гг.

Fig. 3.6. Reed's monthly contribution in its total production in the Naroch Lake in 2012, 2016 and 2017

небольшую часть сухой массы растений (в среднем 7 % при колебаниях от 3 до 12 %), что хорошо согласуется с полученными ранее данными для оз. Нарочь.

Рассчитанный вклад тростника в новообразование органического вещества в оз. Нарочь составляет около 50 % в прибрежной зоне (в диапазоне глубин 0–2 м) и порядка 8 % в пересчете на озеро в целом за вегетационный сезон (при этом площадь тростниковых зарослей в озере занимает чуть более 3 %) [13].

Важно подчеркнуть, что основная часть органического вещества образуется и депонируется в биомассе растений в мае – июне, тогда как разложение прошлогодних стеблей тростника происходит в основном на протяжении следующего периода вегетации, и таким образом за счет тростниковых зарослей большое количество биогенных элементов перехватывается и практически на год выводится из биотического круговорота в экосистеме озера.

3.2. Геоэкологическая информативность данных дистанционного зондирования Земли при изучении высшей водной растительности

3.2. Geoeological information content of remote sensing data in the study of higher aquatic vegetation

Контроль глобальных и локальных перемен природной среды, протекающих под влиянием антропогенного воздействия, требует проведения оперативного мониторинга — регулярных наблюдений с целью разработок экспертных оценок и прогноза изменений. Новым направлением организации мониторинга является использование данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Плановое проведение космического геоэкологического мониторинга позволяет выявить трансформации природной среды, вызванные природными процессами и хозяйственной деятельностью.

Классические методы изучения и картирования растительности водоемов довольно трудоемки и не позволяют обеспечивать многократный масштабный мониторинг. Космо- и аэрофотосъемка позволяет значительно расширить возможности дистанционного мониторинга растительности. Наиболее распространенным дистанционным методом, применяемым при изучении растительности, является фотографирование поверхности Земли с летательных аппаратов, передача изображения на специализированные системно-программные комплексы, интерпретация результатов.

На основе комплексной интерпретации оперативных и высокоточных материалов космического зондирования, получаемых панхроматической и мультиспектральной съемочными системами, возможно получение качественных и количественных показателей динамики и изменения компонентов природной среды. В первую очередь изменения затрагивают рельеф, гидросеть, растительность и проявляются в развитии эрозийных процессов, усыхания и заболачивании, загрязнении и эвтрофировании водоемов.

В силу специфичности водной среды (преломление и отражение светового потока) работы в области дешифрирования снимков только набирают популярность. Современная дистанционная аппаратура использует аэрокосмические методы и технологии дистанционного зондирования параметров водной среды. К таким параметрам относятся прежде всего вариации гидрооптических характеристик среды произрастания (содержание основных компонентов минерального состава воды, мутность воды, прозрачность, цветность, органические и минеральные взвеси, концентрация фитопланктона на поверхности), тип, площадь и характер зарастания водоемов, зоны техногенного загрязнения акваторий. Эти гидроэкологические показатели — приоритетные в системе современного дистанционного экологического мониторинга водоемов. Основу метода составляет определение флуктуации коэффициентов рассеяния и поглощения света. Наиболее эффективными из дистанционных средств являются современные много- и гиперспектральные спутниковые системы, обладающие высоким спектральным разрешением. Это позволяет регистрировать спектральные яркости восходящего излучения от исследуемой поверхности в достаточно узких диапазонах длин волн, необходимые для проведения исследований цветовых характеристик водной поверхности и связанных с ними величин прозрачности, цветности воды и наличия полей мутности, образованных содержанием взвешенных и растворенных органических и минеральных веществ.

Важнейшими направлениями в анализе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в связи с оценкой распространения и состояния высшей водной растительности (ВВР) являются следующие: оконтуривание на основе дешифрирования космиче-

ских снимков участков развития ВВР, изучение биоэкологических особенностей ВВР (видовой состав, густота, тип и характер зарастания и др.), выявление нарушений характера зарастания.

Комплекс проведенных исследований по дешифрированию снимков для оценки геоэкологического состояния и особенностей зарастания озера Нарочь базируется на применении разновременных космических снимков, полученных многозональными сканирующими системами высокого и среднего разрешения (Aster (Terra), Landsat 7 (ETM+), IRS(1C/1D), WorldView-2 и др.).

В основе крупномасштабных исследований растительности лежат демонстрационные данные со спутника WorldView-2, который является первым коммерческим аппаратом с восьмиканальным спектрометром, который включает традиционные спектральные каналы: красный, зеленый, синий и ближний инфракрасный-1 (NIR-1), а также четыре дополнительных канала: фиолетовый (coastal), желтый, «крайний красный» (edge red) и ближний инфракрасный-2 (NIR-2). Спектральные каналы спутника WorldView-2 могут обеспечить более высокую точность при детальном анализе состояния водной растительности, береговой линии и прибрежной акватории (канал coastal). Высокое пространственное разрешение и широкий спектральный диапазон позволяют решать задачи мониторинга водной поверхности, а также широкий круг задач охраны водных объектов. Наличие дополнительных спектральных каналов расширяет возможности анализа изображений, в частности увеличивает диапазон типов распознаваемых объектов (разные виды растительности или подводные живые микроорганизмы); расширяет число оцениваемых параметров и позволяет различать инородные объекты.

Наиболее простым способом обработки данных ДЗЗ является метод визуального дешифрирования снимков. Визуальное дешифрирование – выполняемый человеком субъективный анализ и дифференциация различных контрастных элементов изображения: формы, тени, размера, уровня яркости, цвета, текстуры, структуры. Однако этот метод в силу своей субъективности является наименее точным.

Более точным методом изучения растительности и ее последующего картирования является расчет индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованного относительного индекса растительности. Он показывает количество фотосинтетически активной биомассы. Для его расчета необходимы снимки, полученные в ближней инфракрасной и красной областях спектра. Применительно к мониторингу ВВР он удобен для изучения надводных растений, однако для точных результатов требуются снимки высокого разрешения, полученные в период активной вегетации. Также важны метеорологические условия, при которых был получен снимок (третья сторона обложки).

Однако наиболее распространенным и точным способом обработки данных ДЗЗ является автоматизированное дешифрирование снимков. Существующие на рынке геоинформационных технологий современные решения по автоматизированному дешифрированию данных ДЗЗ и подготовке геопространственных данных для геоинформационного картографирования, как правило, используют алгоритмы высокой степени автоматизации, основанные на объектно ориентированном подходе при выполнении классификации. В настоящем исследовании применялся способ автономной классификации. Он основан на кластерном анализе: задается количество классов (близких по спектральным характеристикам) без выделения эталонных участков. При обработке и классификации изображений использовались демо-версии ведущих коммерческих программных продуктов для обработки космических снимков: ErdasImagine, ENVI, eCognition и др.

В целом технология цифровой обработки изображений при дешифрировании данных ДЗЗ включала следующие операции: импорт изображений из формата TIFF; объе-

динение многоканальных данных в единый файл и выбор оптимального варианта синтеза; слияние изображений с различным разрешением; фрагментирование (вырезание части изображения); автономная классификация.

Использование серии зональных снимков, полученных в различных спектральных диапазонах электромагнитного спектра, позволяет сформировать спектральный образ объектов и благодаря этому выявить их сущность. Исследования показали, что по снимкам в красной зоне дешифрируются общие границы распространения надводной растительности. На снимках в ближней инфракрасной зоне, лучи которой практически не проникают в воду, наиболее четко разделяются подводные и надводные объекты, поэтому такие снимки целесообразно использовать для дешифрирования островов и береговой линии на момент съемки. Однако более эффективным является использование цветных синтезированных изображений, на которых находят отображение все особенности спектральных различий объектов.

Анализ цветных синтезированных изображений (RGB-синтез, комбинация каналов 4-3-2), а также результатов их компьютерной обработки (автономной классификации) позволил выявить следующие дешифровочные признаки ВВР акватории озер (см. третью сторону обложки):

- участки мелководья, свободные от растительности, формируются в прибойной зоне в восточной части водоема. Дешифрируются в летний период по спектральному образу с максимумами около ≤ 450 и $590-630$ нм, а также в $600-630$ нм и пятнистой текстурой (1);

- надводная и прибрежноводная растительность распознается в летний период по космическому снимку с максимальной отражательной способностью в пределах акватории в ближнем ИК-диапазоне и мелкозернистой текстуре изображения (2). Надводная растительность вокруг островов и на мелях четко распознается на фоне водной поверхности по дисперсным пятнам с максимумом отражательной способности 710 нм;

- ярко-желтая мелкопятнистая текстура рисунка соответствует пятнам цветения фитопланктона (3);

- ярко-зеленая мелкопятнистая текстура рисунка соответствует полям мутности, образованным содержанием взвешенных и растворенных органических веществ (4);

- участки распространения растений с плавающими листьями и подводных растений не идентифицируются.

Для подтверждения основных дешифровочных признаков ВВР акватории озер необходим сравнительный анализ результатов дешифрирования данных ДЗЗ и полевых исследований.

Таким образом, с помощью различных программных средств и космоснимков можно достаточно полно изучить особенности распространения ВВР и зарастания озер. Из существующих методик дистанционного картирования и исследования ВВР наиболее точными результатами отличается автономная классификация космоснимков высокого разрешения. Сочетание этого метода с полевыми исследованиями более полно и точно отражает существующую картину зарастания озер.

4. РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ И СТЕПЕНЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРОЧАНСКИХ ОЗЕРАХ В 2018 г.

4. FISH RESOURCES IN 2018

В соответствии с режимами деятельности национального парка рыболовство на территории зоны регулируемого использования (на водоемах и водотоках) осуществляется в специально предусмотренных местах и в порядке, установленном законодательством. Одним из разрешенных способов природопользования является промышленный лов рыбы, регламентируемый рыбоводно-биологическими обоснованиями для каждого водоема.

Озеро Нарочь с 2010 г. выведено из списка рыбопромысловых водоемов, в связи с этим на нем прекращено промысловое рыболовство и изменена целевая направленность ведения рыболовного хозяйства на организацию платного любительского рыболовства. В 2018 г. на озерах Мястро и Баторино промышленный лов рыбы также не осуществлялся. Любительское рыболовство на озерах Нарочь, Мястро, Баторино разрешено по путевкам, за 2018 год реализовано 13 648 путевок на платное любительское рыболовство.

Для озер Мястро и Баторино в 2018 г. разработаны и утверждены новые рыбоводно-биологические обоснования (РБО) ведения рыболовного хозяйства, для оз. Нарочь разработанное РБО в настоящее время проходит государственную экологическую экспертизу.

Обоснованиями признано целесообразным вести промысловое рыболовство на озерах Мястро и Баторино и организовывать платное любительское рыболовство на всех трех водоемах способом лова рыбы на дорожку с судов с двигателями мощностью до 15 л. с., а также с применением орудий рыболовства с общим количеством крючков от 6 до 10 на рыболова. Также на 2019 г. определено начало нового цикла зарыбления озер Нарочь, Мястро, Баторино щукой.

Лов угря в 2018 г. проводился на водотоках в апреле – мае. Вылов составил: в р. Дробня – 0,30 ц, в р. Скема – 0,99 ц, в р. Нарочь – 3,33 ц.

Ниже приведены подробные характеристики для каждого из Нарочанских озер.

Озеро Нарочь

С 2010 г. промысловый лов на водоеме не ведут, поэтому соответствующие орудия лова не используют. Любительское рыболовство осуществляют на платной основе по реализуемым разовым, годовым и сезонным путевкам. Нагрузка рыболовов-любителей на водоем достаточно велика, особенно в подледный период. В уловах фигурирует до 8–10 видов рыб, основу составляют щука (67–76 %), окунь (15–20 %), плотва (6–9 %). Средний дневной вылов на одного человека колеблется в пределах 3,0–4,7 кг, общее количество изымаемой рыбопродукции – около 411 ц, что соответствует среднегодовой допустимой величине изъятия.

Эксплуатация рыбных ресурсов оз. Нарочь не в полной мере регулируется любительским рыболовством, так как направлена главным образом на изъятие крупных хищников. По этой причине в целях поддержания достигнутого уровня уловов и привлекательности озера для рыболовов-любителей рекомендовано зарыбление водоема нагуливающимися хищными видами рыб.

Озеро Нарочь является точкой мониторинга объектов животного мира (в части рыб) и местом обитания самовоспроизводящихся популяций сиговых рыб (ряпушка, сиг), которые могут быть использованы как маточные популяции для целей искусственного воспроизводства и расселения. По этой причине на озере допускается применение промысловых орудий лова по специальным разрешениям для реализации указанных целей. Общий улов в процессе биологического мониторинга в 2018 г. составил 94,0 кг, в структуре вылова доминирующее значение имели плотва (26 %) и красноперка (21,7 %).

Результаты контрольного сетного лова рыбы, осуществляемого в процессе биологического мониторинга и проведения научных исследований, за последний трехлетний период показали, что реальный промысловый запас рыбного стада по облавливаемым видам составляет порядка 37,2 кг/га, что примерно соответствует уровню биологической продуктивности водоема в настоящее время.

Объемы промыслового лова угря и прилова прочих видов рыб при платном любительском рыболовстве на р. Нарочь включаются в лимит на вылов рыбы из оз. Нарочь по соответствующему году.

Озеро Мястро

Годовой промысловый вылов составил 21,26 ц, промысловая рыбопродукция – 1,6 кг/га. В структуре промысловых уловов доминировали лещ (38,6 %) и плотва (33,6 %).

По рыбохозяйственной классификации отнесено к группе лещево-щучье-плотвичных водоемов с величиной облавливаемого рыбного стада 57,8 кг/га.

Благодаря хорошей доступности и качеству получаемых уловов оз. Мястро пользуется большой популярностью как место отдыха, особенно в летнее время, поэтому нагрузка рыболовов-любителей на водоем достаточно велика. Любительское рыболовство осуществляют на основе реализации разовых, сезонных и годовых путевок. В составе уловов более 90 % вылавливаемых рыб составляли аборигенные карповые – лещ, плотва, густера, в зимний период возрастает значение окуня и щуки. Оценочная посещаемость с учетом периода лова – около 1000 чел/год, изымаемый среднегодовой улов – до 47,7 ц.

Для уточнения состояния запасов рыбного стада в современных условиях проведены соответствующие расчеты по ведению промыслового рыболовства с применением стандартной методики расчетов. Для анализируемого водоема из рассчитанного промыслового запаса возобновляемых видов 57,8 кг/га (762 ц) норма вылова может составлять 16,2 кг/га, или 213 ц на всю площадь водоема (1319 га).

Согласно разработанным ранее рекомендациям (2007) для зарыбления оз. Мястро были рекомендованы щука, угорь и судак. С учетом современного состояния экосистемы озера целесообразно отказаться от зарыбления судаком и уменьшить нормы посадки щуки до величин, объективно обеспеченных емкостью кормовой базы и возможностями изъятия. Зарыбление щукой направлено на поддержание достигнутой численности вида и обеспечение уровня изъятия.

Озеро Баторино

Годовой вылов промыслом составил 36,94 ц, рыбопродукция – 5,9 кг/га. В структуре уловов преобладают аборигены (около 97 %, из них 38,6 % – доля леща), на долю интродуцентов приходится около 3,0 %. Структура вылова любителями представлена 8 видами рыб, во все сезоны лова преобладает лещ. Оценочная посещаемость водоема составляет порядка 900 чел. в год. В среднем вылов рыбы рыболовами-любителями составил около 26,5 ц в год.

Расчетная величина промыслового запаса облавливаемого рыбного стада – 54,6 кг/га, норма вылова составляет 15,3 кг/га, или 96 ц на всю площадь водоема (625 га). В целях

поддержания качества уловов и привлекательности озера для рыболовов-любителей рекомендовано продолжение зарыбления нагуливающимися и хищными видами рыб.

Среднегодовые величины ожидаемого вылова с учетом зарыбления – 88 ц. С учетом достигаемой интенсивности промыслового рыболовства на период действия РБО предлагается установить разделение квот вылова в следующем порядке: промыслом – 50 ц, платным любительским – оставшаяся часть расчетного лимита.

В промысловых уловах доля леща составляет порядка 86 %. Популяция основного промыслового вида (леща) последние годы отличалась замедленным темпом роста, в связи с этим на вылов этого вида была отменена промысловая мера. Анализ темпа роста леща из промысловых уловов показал фактическое отставание от средних по озерам на одну возрастную группу, т. е. факторы замедления роста в популяции еще не устранены. По этой причине на срок действия РБО (до 2023 г.) целесообразно продлить действие нормы по отмене нормирования вылова леща, не достигшего промысловой меры, в пределах годовой промысловой квоты в объеме 43 ц.

Таблица 4.1

Промысловый вылов рыбы по озерам за 2018 г.

Table 4.1

Commercial fishing in the lakes in 2018

Вид рыбы	Баторино		Мястро		Нарочь*	
	кг	%	кг	%	кг	%
Лещ	3115	84,3	821	38,6	–	–
Щука	310	8,4	99	4,7	1,2	1,3
Окунь	92	2,5	32	1,5	1,6	1,7
Плотва	2	0,1	715	33,6	24,4	26,0
Густера	–	–	395	18,6	10,9	11,6
Линь	–	–	–	–	5,2	5,5
Карп (сазан)	12	0,3	4	0,2	14,2	15,1
Карась	163	4,4	60	2,8	–	–
Красноперка	–	–	–	–	20,4	21,7
Язь	–	–	–	–	16,1	17,1
Ерш	–	–	–	–	<0,1	<0,1
Сиг	–	–	–	–	–	–
Угорь	–	–	–	–	–	–
Всего	36,94	100	21,26	100	94,0	100
Рыбопродукция, кг/га	5,9		1,6		0,01	

* Результаты контрольных сетных обловов, проводимых сотрудниками НПЦ по биоресурсам.

С учетом фактического уровня любительского рыболовства предлагается установить квоты вылова следующим образом: промыслом – 50 ц, платным любительским выловом – от 38 до 46 ц.

Промысловый вылов по видам рыб и по озерам представлен в табл. 4.1.

5. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ОЗ. НАРОЧЬ В 2018 г.

5. HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF UNDERGROUND WATER IN THE LAKE NAROCH AREA IN 2018

На территории геофизической обсерватории «Нарочь» проводятся многолетние (с 1990 г.) непрерывные гидродинамические наблюдения за уровнем подземных вод.

Начиная с 2011 г. эти материалы публикуются в ежегодном «Бюллетене экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино». Подробное описание наблюдений, характеристики скважин, где проводится мониторинг, а также многолетние значения уровня подземных вод за период 1990–2011 гг. приведены в «Бюллетене» за 2011 г.

В 2018 г. наблюдения проводились на стандартных двух скважинах – № 101-Пс и 103-Пс. Метрологические факторы и условия формирования притока водоносных горизонтов в основном обусловили сезонные колебания уровня подземных вод в этих скважинах.

Наблюдательная скважина № 101-Пс. Максимальная глубина залегания уровня воды в скважине 101-Пс составила 29,892 м, минимальная – 29,692 м. Годовая амплитуда колебания уровня – 0,2 м (табл. 5.1).

В 2018 г. среднемесячные значения залегания уровня воды в течение года были выше в январе – мае и ниже в июне – декабре, чем в 2017 г. Среднегодовой уровень в скважине (29,792 м) в 2018 г. понизился на 0,008 м по сравнению с 2017 г. (29,784 м).

За весь период наблюдений в 2018 г. среднемесячные значения залегания уровня были выше средних многолетних величин. Относительно среднего многолетнего значения (30,032 м) за 29 лет (1990–2018) среднегодовой уровень (29,792 м) в 2018 г. стал выше на 0,24 м.

По сравнению с 1990 г. (29,655 м) – началом регулярных гидродинамических наблюдений – среднегодовой уровень воды в скважине (29,792 м) остается пониженным на 0,137 м.

Наблюдательная скважина № 103-Пс. Максимальная глубина залегания уровня воды в скважине 103-Пс составила 26,562 м, минимальная – 26,288 м. Годовая амплитуда колебания уровня – 0,274 м (табл. 5.2).

В 2018 г. среднемесячные значения залегания уровня воды в течение года были выше в январе – мае и ниже в июне – декабре, чем в 2017 г. Среднегодовой уровень воды в скважине (26,422 м) в 2018 г. понизился на 0,021 м по сравнению с 2017 г. (26,401 м).

За весь период наблюдений в 2018 г. среднемесячные значения уровня были выше средних многолетних величин. Относительно среднего многолетнего значения (26,777 м) за 29 лет (1990–2018) среднегодовое значение уровня (26,422 м) оказалось выше на 0,355 м.

По сравнению с 1990 г. (25,826 м) – началом регулярных гидродинамических наблюдений – среднегодовое значение уровня воды в скважине (26,422 м) остается пониженным на 0,596 м.

Таблица 5.1

Значения уровня подземных вод в скважине № 101-Пс за 2018 г.

Table 5.1

Groundwater level values in well No. 101-Ps for 2018

Период наблюдений	Среднемесячное значение, м											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	29,752	29,774	29,706	29,742	29,789	29,798	29,782	29,832	29,832	29,828	29,869	29,804
1990–2018	30,024	30,006	30,002	30,007	30,019	30,021	30,020	30,054	30,062	30,066	30,055	30,045
Период наблюдений	Среднегодовое значение, м						Годовое значение, м					
	среднее	минимальное	максимальное	амплитуда	$h_{\text{макс}}$	дата	$h_{\text{мин}}$	дата	амплитуда			
	29,792	29,706	29,869	0,163	29,892	18.11	29,692	11.03	0,200			
1990–2018	30,032	29,951	30,102	0,151	30,510	16.12.2002	29,330	15.07.1991	1,180			

Таблица 5.2

Значения уровня подземных вод в скважине № 103-Пс за 2018 г.

Table 5.2

Groundwater level values in well No. 103-Ps for 2018

Период наблюдений	Среднемесячное значение, м											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	26,345	26,322	26,292	26,319	26,380	26,418	26,447	26,462	26,519	26,546	26,527	26,482
1990–2018	26,744	26,744	26,743	26,730	26,701	26,722	26,804	26,853	26,835	26,839	26,808	26,803
Период наблюдений	Среднегодовое значение, м						Годовое значение, м					
	среднее	минимальное	максимальное	амплитуда	$h_{\text{макс}}$	дата	$h_{\text{мин}}$	дата	амплитуда			
	26,422	26,292	26,546	0,254	26,562	21.10	26,288	07.03	0,274			
1990–2018	26,777	26,629	26,925	0,296	27,780	10.08.1999	25,580	13.03.1992	2,200			

6. ПОКАЗАТЕЛИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОБЕРЕЖЬЯХ НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ ОЗЕР В 2018 г.

6. INDICATORS OF RECREATIONAL LOADING ON THE COAST OF NAROCH LAKES IN 2018

Особенностью национального парка «Нарочанский» как особо охраняемого природного объекта является расположение на его территории обширной курортной зоны, ядро которой исторически сложилось на побережьях озер Нарочь и Белое и в меньшей степени – Мястро и Баторино (объекты рекреации представлены на второй стороне обложки).

Приведенная суммарная рекреационная нагрузка на побережье озер Нарочь, Мястро, Белое представляет количество организованных отдыхающих в 12 стационарных учреждениях, на туристических стоянках и других объектах размещения Национального парка «Нарочанский».

Общая единовременная вместимость стационарных учреждений составляет более 4 тыс. мест в осенне-зимне-весенний период и около 5 тыс. мест в летний сезон, туристских стоянок (в летний сезон) – 705 мест.

Общее количество организованных отдыхающих в 2018 г. в стационарах на побережье оз. Нарочь составило 87 067 человек (в 2017 г. – 91 148 человек), рекреационная нагрузка – 963 878 человеко-дней (в 2017 г. – 944 256 человеко-дней), как представлено в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Количество организованных отдыхающих на побережье оз. Нарочь в 2018 г.

Table 6.1

The number of organized holidaymakers on the coast of the Lake Naroch in 2018

Наименование объекта	Количество реализованных путевок, шт.	Количество человеко-дней
НДЦ «Зубренок»	16 265	266 875
Республиканский детский центр медицинской реабилитации	2564	47 620
Санаторий «Журавушка»	4690	41 165
Санаторий «Нарочанский берег»	5073	69 037
Санаторий «Нарочь»	4796	50 362
Санаторий «Сосны»	7082	63 308
Санаторий «Спутник»	10 821	96 119
Санаторий МВД «Белая Русь»	7292	89 604
Санаторно-оздоровительный комплекс «Приозерный»	13 985	134 059
Санаторий «Нарочанка»	9731	85 644
Гостиничный комплекс «Нарочь»	2904	13 681
Гостиница и жилой модуль автокемпинга «Нарочь»	1412	4172,5
Гостевые коттеджи на оз. Нарочь	452	2231,5
Всего	87 067	963 878

Количество туристов на 5 туристских стоянках Национального парка «Нарочанский» за туристический сезон 2018 г. составило 4145 человек. Распределение их по побережьям озер Нарочь, Белое и Мястро указано в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Количество туристов на туристских стоянках в 2018 г.

Table 6.2

The number of tourists in the tourists parkings in 2018

Наименование туристских стоянок	Количество, чел
Озеро Нарочь	
«Антонинсберг»	1258
Автокемпинг «Нарочь»	1258
«Лагерь»	545
Всего на оз. Нарочь	3061
Озеро Мястро	
«Кочерги»	714
Озеро Белое	
«Белое»	370
Всего на озерах Нарочанской группы	4145

Принимая во внимание, что часть туристов отдыхают на льготных условиях и не регистрируются и, кроме того, невозможен учет снимающих в летний период жилье в курортном поселке либо в расположенных вблизи озер Нарочанской группы населенных пунктах, приведенные цифры следует считать заниженными в сравнении с действительными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CONCLUSION

Особенностью зимнего периода 2017–2018 гг. является довольно поздний ледостав. Зимой ледостав на Малом плесе, по нашим наблюдениям, произошел 13–14.01.2018 г., а вскрытие ото льда – 10–11.04.2018 г. Подледный период в 2018 г. длился примерно 87 суток, что характерно для последних лет с относительно короткими сроками формирования ледового покрова.

Кислородный режим во всех трех озерах в подледный период оставался благоприятным для гидробионтов, составляя в оз. Нарочь в столбе воды 80–90 % насыщения, а в придонном слое около 70 %, в оз. Мястро соответствующие величины были равны 77 и 60 %, а в оз. Баторино – 64 и 30 % насыщения.

Режим взвешенных, органических и биогенных веществ в пелагической зоне Нарочанских озер во время осеннего и весеннего перемешивания и подледного периода 2018 г. оставался в пределах обычных параметров для последних лет с учетом межгодовых климатических колебаний.

Среднемесячные значения температуры воздуха в течение всего вегетационного сезона 2018 г. были, как правило, выше среднемесячных многолетних значений, что несколько отразилось на некоторых показателях гидрохимического режима.

Необычным для типично полимиктических Нарочанских озер явилась прямая температурная стратификация уже в середине мая, которая дольше всего сохранялась в оз. Нарочь (до середины августа). Близкий по характеру, хотя и менее выраженный по вертикальному градиенту температурный режим наблюдался и в более мелководном оз. Мястро, где стратификация наблюдалась в мае – июле. В оз. Баторино, самом мелководном в системе, температурная стратификация наблюдалась лишь в мае, сменяясь на протяжении вегетационного сезона гомотермией. Исходя из климатических особенностей в вегетационном сезоне 2018 г., среднемесячные значения температуры воды, особенно в поверхностном слое, были несколько выше многолетних данных.

Средние для вегетационного сезона 2018 г. величины прозрачности воды в Нарочанских озерах были несколько ниже, чем в предыдущие годы.

К особенностям вегетационного сезона 2018 г. следует отнести и развитие кислородной дихотомии, которая в оз. Нарочь начала развиваться уже в июне, была четко выражена в июле, достигая максимума в августе и сентябре (насыщение воды кислородом в придонном слое обоих плесов в это время составило 7–13 %). В дальнейшем до конца сезона градиент содержания растворенного в воде кислорода нивелировался. Для оз. Мястро кислородная дихотомия наблюдалась в мае – августе с максимальным градиентом в июне и августе (18–29 % насыщения) и гомооксигенией в конце вегетационного сезона. В оз. Баторино распределение растворенного в воде кислорода в столбе воды было, как правило, равномерным, за исключением мая, когда зарегистрирована кислородная дихотомия с необычайно низким для данного месяца недо насыщением, равным в придонном слое около 30 %. Далее до конца вегетационного сезона наблюдалась гомооксигения водной массы. В целом кислородный режим в текущем сезоне, по наблюдениям в поверхностном слое, близок к многолетним среднесезонным величинам, а в придонном слое был заметно ниже, что обусловлено особенностями термического режима озер в текущем сезоне.

Показатели содержания органического вещества в воде Нарочанских озер в вегетационный сезон текущего года для общего пула близки к средним многолетним значениям за период 2006–2017 гг., а его взвешенной фракции – несколько выше предшествующих лет.

Среднесезонные величины концентрации общего фосфора в Нарочанских озерах близки к многолетним значениям. Продолжается тенденция сближения концентраций общего фосфора в воде озер Мястро и Баторино. Крайне неожиданными явились высокие величины общего и фосфатного фосфора для оз. Нарочь в обоих плесах в сентябре (соответственно 0,018 и 0,022 мг Р/л и 0,010–0,012 мг Р/л), что по анализу калибровочных зависимостей вряд ли можно считать артефактом.

Сравнительные данные о концентрациях соединений азота (общего и минеральных форм) указывают, что в анализируемом сезоне концентрации общего азота в воде Нарочанских озер находятся в пределах, характерных для двух последних лет. Сумма минеральных форм азота в оз. Баторино близка к средним многолетним, тогда как в озерах Нарочь и Мястро несколько превышала значения последних лет.

Средние для вегетационного сезона показатели активной реакции среды и скорости потенциального фотосинтеза были несколько более высокими по сравнению с предыдущим годом, что может быть связано с указанными выше особенностями термического режима. В то же время показатели деструкции органического вещества (аэробная деструкция *in situ*) и скорость биохимического потребления кислорода при экспозиции в течение 5 суток были близки к средним многолетним значениям.

Можно сделать итоговый вывод, что гидрохимический режим в озерах Нарочанской группы в течение вегетационного сезона 2018 г. находился в пределах многолетних межгодовых колебаний показателей последних лет.

Величины хлорофилла на фильтрах 1,5 мкм в осенне-зимний период в оз. Нарочь изменялись от 0,44 до 2,03 мкг/л, в то время как на фильтрах 0,4 мкм различия между минимальным и максимальным значениями были значительно меньше (1,39–2,55 мкг/л). Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в ноябре и к концу подледного периода составляла около 40 %, но оказалась чрезвычайно высокой в феврале – 79 %. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Мястро оказалась ниже, чем в оз. Баторино (9,6 и 18,3 % против 27 и 22 %). В оз. Мястро в конце подледного периода абсолютное и особенно относительное содержание хлорофилла оказалось значительно выше, чем в оз. Нарочь и даже выше, чем в оз. Баторино. После весеннего перемешивания абсолютное содержание хлорофилла в оз. Баторино лишь немногим превысило величины, наблюдаемые в оз. Мястро, весенний максимум в котором наблюдался в апреле – 8,93 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм и 7,29 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм. Достаточно высокие абсолютные величины хлорофилла и особенно высокое относительное его содержание в сухой массе сестона в оз. Мястро в конце подледного периода свидетельствуют о подледном развитии в этом озере фитопланктона.

В среднем за вегетационный сезон абсолютное содержание хлорофилла на фильтрах 1,5 мкм составляло $1,44 \pm 1,10$ и $1,09 \pm 0,52$ мкг/л, на фильтрах 0,4 мкм – $2,03 \pm 1,26$ мкг/л в Большом и $1,68 \pm 0,55$ мкг/л в Малом плесах соответственно. Характер сезонной динамики в двух плесах озера был сходен с небольшими различиями значений. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей компоненты взвеси в плесах в среднем за сезон оказалась близкой $33,8 \pm 11,2$ и $30,1 \pm 11,3$ %. Сезонная динамика содержания хлорофилла в пелагиали оз. Мястро в сезоне 2018 г. имела сходные черты с динамикой, наблюдаемой в оз. Нарочь. Как и в оз. Нарочь, минимальное содержание хлорофилла наблюдалось в июле – 3,22 мкг/л на фильтрах 1,5 мкм и 4,65 мкг/л на фильтрах 0,4 мкм, максимальное в сентябре – 9,8 и 11,3 мкг/л соответственно. В среднем для вегетационного сезона 2018 г. абсолютное содержание хлорофилла в оз. Мястро составило $7,66 \pm 2,72$ и $6,28 \pm 2,83$ мкг/л на фильтрах 0,4 и 1,5 мкм. Относительная доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Мястро оказалась значительно ниже, чем в оз. Нарочь, – в среднем за сезон $20,2 \pm 8,4$ против $30,2 \pm 10,9$ %.

Средние за сезон величины абсолютного содержания хлорофилла в оз. Баторино рав-

нялись $9,81 \pm 3,50$ и $7,70 \pm 2,84$ мкг/л, т. е. были немногим выше, чем в оз. Мясро. Доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси в оз. Баторино изменялась на протяжении сезона от 12,8 % (в октябре) до 28,8 % (в мае). Среднесезонные величины данного показателя в двух озерах практически совпали. В ряду многолетних наблюдений полученные в вегетационном сезоне 2018 г. средние значения показателей в озерах Нарочь и Баторино остались в пределах многолетних межгодовых колебаний. Напротив, в оз. Мясро в последние два года отмечается увеличение как абсолютного, так и относительного содержания хлорофилла в sestone. Обращает на себя внимание близкий уровень среднесезонных абсолютных величин хлорофилла в озерах Мясро и Баторино в 2018 г., что может свидетельствовать о тенденции возрастания трофии оз. Мясро.

Среднесезонные значения скорости потенциального фотосинтеза в текущем году во всех трех озерах, за исключением более высоких величин в оз. Мясро, не выходили за пределы многолетних колебаний. Средние значения уровня деструкции в водной массе озер Нарочь и Мясро в вегетационный сезон 2018 г. находились в пределах многолетних значений, за исключением более высокого уровня в оз. Баторино.

Накануне ледостава в период осенней гомотермии в Малом плесе оз. Нарочь при температуре воды по водному столбу, равной $6,7$ °С, как и в предыдущие годы, в такие же сроки доминировали мелкоклеточные криптомонады *Rhodomonas pusilla* и *Rhodomonas lens*, определяя около 80 % численности организмов и их биомассы. В начале ледостава в первой декаде февраля при развитии обратной стратификации от $0,1$ °С в поверхностном слое до $0,9$ °С в придонном эти представители криптомонад сохранили и даже несколько упрочили свое доминирующее положение и по численности (87,7 %), и по биомассе (83,2 %), к которой 14,3 % добавил крупноклеточный представитель золотистых водорослей *Dinobryon cylindricum* и мелкоклеточный представитель этого отдела *Chrysidalis peritaphrena* (13,9 % – в численность и 5,9 % – в биомассу), к концу ледостава по численности он опередил криптомонад (37,4 %). К этому времени 38,2 % общей биомассы фитопланктона стали составлять диатомовые за счет *Cyclotella meneghiniana* (28,7 %) и *Synedra acus* (9,5 %). После вскрытия озера состав доминирующего комплекса видов и их относительная значимость в численности организмов и в их биомассе мало изменились по сравнению с концом подледного периода. В Большом плесе озера в отобранных после его вскрытия пробах состав видов-доминантов в фитопланктоне был сходным с таковым Малого плеса. В оз. Мясро в период ледостава, как и в предшествующий 2017 год, доминировали золотистые водоросли: по численности организмов – мелкоклеточный *Chr. peritaphrena* (76,7 %), по биомассе – крупноклеточный *D. sociale* (38,2 %) и *Chr. peritaphrena* (34,9 %). Отметим, что в 2017 г. абсолютным лидером и по численности организмов, и по биомассе был *Chr. peritaphrena* – 97,7–94,0 % соответственно. После вскрытия озера золотистые сохранили свое лидерство. В оз. Баторино в период ледостава доминировали криптомонады (78,3 % – в общей численности организмов и 46,2 % – в биомассе). В биомассу значительный вклад (43,6 %) внесла также *Woloszynskia ordinata* (динофитовые водоросли). После вскрытия озера на первое место вышли золотистые (64,7 % – в численности и 37,4 % – в биомассе). *W. ordinata* снизила свое участие в биомассе до 20,6 %. Абсолютные значения показателей количественного развития осенне-зимнего и весеннего фитопланктона оз. Нарочь в 2017–2018 гг. были несколько выше, чем в 2016–2017 гг., а в оз. Мясро существенно ниже (см. подразд. 1.3).

В вегетационном сезоне 2018 г. в фитопланктоне выявлено 7 видов, не отмечавшихся ранее в Нарочанских озерах и во флоре Беларуси. Новыми для флоры Беларуси являются три вида. Это два представителя зеленых (хлорококковых) водорослей *Gloeocystis gigas* (Kützing) Lagerheim и *Diplochloris dichotomococcoides* B. Fott и один представитель золотистых *Dinobryon mucicolum* (Balogh) Bourrelly.

В составе доминирующего комплекса видов на протяжении вегетационного сезона 2018 г. в оз. **Нарочь** основным доминирующим по численности организмом, как и в подледный период, был представитель криптоноад *Rh. pusilla*. В 2017 г. около 60 % численности и биомассы доминировавших в мае видов определяли диатомовые водоросли, преимущественно из рода *Cyclotella*. В мае 2018 г. наибольший вклад в биомассу вносил крупноклеточный представитель золотистых *D. sociale* (73,6 % в Малом плесе и 80,0 % в Большом). Вклад диатомовых в 2018 г. был выше не в мае, как в 2017 г., а в июне (в Малом плесе 59 %, в Большом 70,5 %) и июле (44,4 % в Малом плесе и 32 % в Большом). С июля в Большом плесе (12 %) и с августа в Малом (7,5 %) в составе доминантов появляется представитель цианобактерий *Aphanothece clathrata*. В сентябре и особенно в октябре снова возрастает доля диатомовых в биомассе. В оз. **Мястро**, как и в оз. **Нарочь**, в 2018 г. самым многочисленным на протяжении всего вегетационного сезона был также представитель криптоноад *Rh. pusilla*. В биомассе доминировал, как и в оз. **Нарочь**, представитель золотистых *D. sociale* (85,4 %). В июне – августе в составе доминирующего комплекса видов преобладают цианопрокарियोты. Минимальная плотность организмов в 2018 г. отмечена в августе, максимальная – в июле; плотность клеток – в июне и августе; биомасса – в июне и мае; в 2017 г. – соответственно в октябре и мае; в октябре и августе; в июне и августе. В оз. **Баторино** в 2018 г. состав доминирующих видов был сходным с таковым 2017 г. Однако степень доминирования каждого из них в отдельные месяцы вегетационного сезона несколько различалась: минимальная численность организмов в 2018 г. зафиксирована в июле, максимальная – в августе, в 2017 г. – в июне и мае; численность клеток в 2018 г. – в мае и августе, в 2017 г. – в июне и августе; биомасса в 2018 г. – в мае и августе, в 2017 г. – в июне и августе. Сравнивая величины количественного развития фитопланктона в озерах в 2018 г. с таковыми в 2017 г. на протяжении вегетационного сезона, можно отметить несовпадение сроков, когда отмечались минимальные и максимальные значения. Так, в 2018 г. в Малом плесе оз. **Нарочь** для численности организмов это был июль (для численности клеток – июнь) и сентябрь – октябрь соответственно, в Большом плесе для организмов – июнь и май, для клеток – июнь и октябрь, для биомассы в обоих плесах минимальные значения отмечены в августе, максимальные – в мае. В 2017 г. для соответствующей численности организмов сроки пришлись в Малом плесе Нарочи на сентябрь и май, для численности клеток – на сентябрь и октябрь, для биомассы – на июнь и август, в Большом плесе – на июль, сентябрь; май, сентябрь и июнь, август соответственно (см. подразд. 2.12).

Можно отметить, что в оз. **Нарочь** в последние три года происходит заметное увеличение средней за сезон массы организмов (до двух раз) и клеток (до 7,0–8,5 раза) по сравнению с 2016 г. Это свидетельствует об увеличении количественного развития крупноклеточных представителей фитопланктона. Сходная тенденция просматривается и в оз. **Баторино**.

В целом показатели количественного развития фитопланктона во время вегетационного сезона 2018 г. были близки к средним многолетним значениям, учитывая наблюдаемую их межгодовую вариабельность. Исключением может быть оз. **Баторино**, в котором общая биомасса фитопланктона показывает тенденцию к ее возрастанию с 2011 г.

Состав зоопланктона в подледный период в озерах был представлен 18 видами в оз. **Нарочь**, 9 – в оз. **Мястро** и 16 – в оз. **Баторино**. Отмечены в основном эвритермные представители, присутствующие в водоемах в течение всего года, зарегистрированы также и холодолюбивые, развитие которых происходит зимой и ранней весной до начала интенсивного прогрева воды (*Cyclops vicinus*). Подледный период в целом характеризовался низкими показателями суммарной численности и биомассы зоопланктона. Средняя численность зоопланктона с доминированием веслоногих ракообразных в оз. **Нарочь** в подледный сезон составила $40,9 \pm 23,8$ тыс. экз/м³, биомасса изменялась в пределах от 0,305 до 2,239 г/м³,

в оз. Мястро – численность $57,5 \pm 48,8$ тыс. экз/м³ (доминировали коловратки), биомасса к апрелю выросла до $0,146$ г/м³ (за счет веслоногих ракообразных), в оз. Баторино по численности доминировали веслоногие ракообразные ($64,0 \pm 57,9$ тыс. экз/м³) и коловратки ($80,5 \pm 99,7$ тыс. экз/м³), по биомассе – веслоногие ракообразные ($0,660 \pm 0,688$ г/м³).

В течение вегетационного сезона в зоопланктоне исследуемых озер отмечено 33 вида, из них 14 являются представителями ветвистоусых (Cladocera), 6 видов веслоногих ракообразных (Copepoda) и 13 видов коловраток (Rotifera). В среднем за сезон в озерах Нарочь и Мястро значимый относительный вклад в численность вносили веслоногие ракообразные (от 36,8 до 46,6 %) и коловратки (от 36,7 до 48,7 %), в биомассу – ветвистоусые (от 30,4 до 42,8 %) и веслоногие ракообразные (от 49,0 до 50,0 %). В оз. Баторино доля ветвистоусых ракообразных (46,9 %) превышала долевые значения других групп зоопланктонных организмов по биомассе, по численности вклад всех групп был равным. В оз. **Нарочь** среднесезонная численность зоопланктона составила 101,5 тыс. экз/м³, что несколько выше значений 2016–2017 гг., но сопоставима с данными 2011–2015 гг. и ниже данных 2006–2010 гг. Значения биомассы ($0,88$ г/м³) незначительно превышали показатели предыдущих лет. Среднесезонные показатели численности в оз. **Мястро** были аналогичны 2016–2017 гг., но несколько ниже по сравнению с периодом 2006–2015 гг. Биомасса возросла почти в 2 раза по сравнению с прошлым годом и составила $1,22$ г/м³. В оз. **Баторино** численность зоопланктона возросла до 284,8 тыс. экз/м³, но не превысила данных 2006–2015 гг., биомасса возросла до $3,45$ г/м³, что сопоставимо с многолетними данными 2011–2015 гг.

Максимальное количество бактерий во всех озерах в зимний период принадлежало мелким кокковидным клеткам объемом $0,05–0,06$ мкм³ (соотношение их длины к ширине приближается к единице). Численность бактериопланктона в Малом и Большом плесах оз. Нарочь в среднем для вегетационного сезона составляла соответственно $2,67 \pm 0,42$ и $2,55 \pm 0,39$ млн кл/мл, в оз. Мястро – $3,24 \pm 0,74$ и в оз. Баторино – $5,17 \pm 1,67$ млн кл/мл. В Малом и Большом плесах оз. Нарочь средняя за вегетационный сезон биомасса бактериопланктона составляла соответственно $0,190 \pm 0,077$ и $0,179 \pm 0,047$ мг/л. В оз. Мястро она была незначительно выше – $0,269 \pm 0,080$, а в оз. Баторино биомасса бактерий в 2,5 раза превышала их биомассу в оз. Мястро и в 3,5 раза – в оз. Нарочь, составляя $0,651 \pm 0,352$ мг/л. В текущем 2018 г. отмечено увеличение численности бактериопланктона по сравнению с предыдущим годом. Однако среднегодовые колебания численности бактериального сообщества не выходят за рамки, соответствующие трофическому статусу исследуемых озер.

Приведенный список видов макрозообентоса расширился по сравнению с предыдущими годами за счет определения фауны олигохет из сборов за 2016 г. Даны количественные характеристики бентосного сообщества по основным группам животных. Величины средневзвешенных биомассы и плотности поселения макрозообентоса в целом для озер в 2018 г. расположились в следующем порядке: в оз. Нарочь – 10,65 и 2,3; в оз. Мястро – 16,79 и 2,3 и в оз. Баторино – 3,28 г/м² и 0,8 тыс. экз/м².

Приводятся сведения о промысловом и любительском вылове рыбы в озерах Нарочь, Мястро, Баторино за 2018 г. и степени возможного использования рыбных ресурсов этих озер.

Представлены данные Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси о гидродинамических параметрах подземных вод в районе оз. Нарочь в 2018 г. а также данные научного и туристического отделов ГПУ «Национальный парк “Нарочанский”» о рекреационной нагрузке на побережье Нарочанских озер в 2018 г. Общее количество организованных отдыхающих в 2018 г. в 12 стационарах на побережье оз. Нарочь составило 87 067 человек (в 2017 г. – 91 148 человек), рекреационная нагрузка – 963 878 человеко-дней (в 2017 г. – 944 256 человеко-дней).

ПРИЛОЖЕНИЕ

APPENDIX

Вертикальное распределение температуры, содержания сестона, хлорофилла *a* и феопигментов в оз. Нарочь (2004–2018 гг.)

Vertical distribution of temperature, content of seston, chlorophyll *a* and feopigments in the Naroch Lake (2004–2018)

Результаты многолетних исследований некоторых из основных гидроэкологических параметров: общее содержание взвешенных веществ (сестона) и фотосинтетических пигментов (сумма хлорофилла *a* и феопигментов), а также относительное их содержание в сестоне в глубоководной зоне Малого плеса оз. Нарочь – по материалам 2004–2018 гг. представлены в таблице. Взвесь собрана на ядерные мембранные фильтры (Nucleopor) с диаметром пор 1,1–1,5 мкм. Содержание сестона определено гравиметрическим методом, фотосинтетических пигментов – в ацетонных экстрактах. В таблице представлены средние данные из трех повторностей определения.

Вертикальное распределение температуры, сестона и фотосинтетических пигментов в оз. Нарочь (2004–2018 гг.)

Vertical distribution of temperature, seston and photosynthetic pigments in the Lake Naroch (2004–2018)

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
17.05.2004	0,5	10,5	1,78	1,94	0,11
	1,5	10,5	1,67	1,83	0,11
	3	10,5	1,50	1,66	0,11
	6	10,5	1,69	1,83	0,11
	9	10,5	2,55	2,58	0,10
	15	10,5	1,94	1,77	0,09
31.05.2004	0,5	13,2	1,21	1,03	0,09
	2	13,0	1,05	0,98	0,09
	4	12,6	1,19	1,17	0,10
	6	12,8	1,43	1,51	0,11
	9	11,6	1,60	1,77	0,11
	11	11,4	1,64	2,24	0,14
	15	11,2	2,00	2,65	0,13
16.06.2004	0,5	14,2	1,39	1,50	0,11
	2	14,2	1,45	1,69	0,12
	4	14,2	1,54	1,65	0,11
	6	14,2	1,50	1,58	0,11
	9	14,2	1,37	1,75	0,13
	12	14,2	1,41	1,70	0,12
	15	14,1	1,67	1,68	0,10
28.06.2004	0,5	16,0	1,37	1,14	0,08
	2	16,0	1,14	1,12	0,10
	4	15,9	1,05	1,13	0,11

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
28.06.2004	6	15,9	1,16	1,16	0,10
	9	15,9	1,02	1,18	0,12
	12	15,9	1,08	1,16	0,11
	15	15,7	1,27	1,14	0,09
14.07.2004	0,5	18,2	1,19	1,22	0,10
	2	18,0	0,97	1,69	0,17
	4	18,0	0,97	1,79	0,18
	6	17,8	0,95	1,68	0,18
	9	17,4	0,98	1,42	0,14
	12	17,0	0,73	1,12	0,15
	15	16,3	0,92	1,08	0,12
	29.07.2004	0,5	20,9	1,33	1,61
29.07.2004	2	20,0	1,23	1,58	0,13
	4	19,8	0,93	1,53	0,16
	6	19,5	1,03	1,69	0,16
	9	18,2	1,07	1,76	0,16
	12	17,5	0,90	1,72	0,19
	15	17,0	1,00	1,86	0,19
	16.08.2004	0,5	19,4	1,15	1,55
16.08.2004	2	19,4	1,09	1,90	0,17
	5	19,3	1,34	1,66	0,12
	7	19,3	1,42	1,83	0,13
	9	19,2	1,13	1,55	0,14
	12	19,1	1,09	1,07	0,10
	15	17,2	1,54	0,77	0,05
	30.08.2004	0,5	18,8	1,77	2,41
30.08.2004	2	18,8	1,60	2,66	0,16
	4	18,8	1,27	2,43	0,19
	6	18,8	1,33	2,35	0,22
	9	18,7	1,46	3,00	0,13
	12	18,6	1,25	2,31	0,07
	15	18,2	1,29	2,58	0,33
	13.09.2004	0,5	16,7	1,25	1,66
13.09.2004	2	16,8	1,17	1,67	0,14
	5	16,7	1,19	1,69	0,14
	7	16,7	1,28	1,86	0,15
	9	16,7	1,17	1,85	0,16
	12	16,7	1,08	1,77	0,16
	15	16,7	1,17	1,91	0,16
	28.09.2004	0,5	13,9	0,60	1,34
28.09.2004	2	13,9	0,77	1,43	0,19
	4	13,9	0,75	1,28	0,17
	6	13,8	0,70	1,18	0,17
	9	13,7	1,00	1,02	0,10
	12	13,7	0,50	1,11	0,22
	15	13,7	0,81	1,33	0,16
	11.10.2004	0,5	12,1	1,18	1,02
11.10.2004	2	12,1	1,22	1,13	0,09
	4	12,1	1,06	1,08	0,10
	6	12,1	0,87	1,14	0,13
	9	12,1	0,82	1,07	0,13
	12	12,1	0,67	1,03	0,15
	15	12,1	0,76	1,14	0,15
	28.10.2004	0,5	8,8	1,10	1,41

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
28.10.2004	2	8,8	1,17	1,43	0,12
	4	8,8	0,79	1,39	0,18
	6	8,8	0,81	1,47	0,18
	9	8,8	0,83	1,40	0,17
	12	8,8	0,89	1,38	0,16
	15	8,8	0,89	1,45	0,16
15.11.2004	0,5	6,6	1,00	1,50	0,15
	2	6,6	0,78	1,61	0,21
	4	6,6	0,68	1,65	0,24
	6	6,6	0,62	1,72	0,28
	9	6,6	0,67	1,70	0,25
	12	6,6	0,63	1,57	0,25
	15	6,6	0,80	1,71	0,21
02.05.2005	0,5	5,8	1,45	1,95	0,13
	2	5,8	1,53	1,71	0,11
	4	5,8	1,09	1,90	0,17
	6	5,7	1,23	1,94	0,16
	9	5,6	1,40	1,91	0,14
	12	5,5	1,20	2,41	0,20
	15	5,4	1,15	2,46	0,21
17.05.2005	0,5	9,8	1,60	1,95	0,12
	2	9,6	1,50	1,92	0,13
	4	9,4	1,50	2,38	0,16
	6	9,1	1,20	2,19	0,18
	9	9,0	1,27	2,32	0,18
	12	8,7	1,35	2,39	0,18
	15	8,2	1,43	2,49	0,17
16.06.2005	0,5	15,8	1,07	0,66	0,06
	2	15,0	0,97	0,75	0,08
	4	14,3	1,21	0,80	0,07
	6	13,9	1,03	0,78	0,08
	9	13,4	1,10	1,30	0,12
	12	11,4	1,10	2,52	0,23
	15	10,7	1,20	2,27	0,19
22.06.2005	0,5	16,5	1,30	2,05	0,16
	2	16,5	0,75	1,79	0,24
	4	16,5	0,88	1,65	0,19
	6	16,0	0,78	1,67	0,21
	9	15,7	0,81	1,74	0,21
	12	14,2	0,71	1,56	0,22
	15	12,3	0,81	1,93	0,24
04.07.2005	0,5	19,0	1,24	0,57	0,05
	2	18,7	1,29	0,71	0,06
	4	18,2	1,36	0,61	0,04
	6	18,0	1,29	0,76	0,06
	9	17,5	1,33	1,08	0,08
	12	14,5	1,21	0,98	0,08
	15	13,4	1,48	0,91	0,06
18.07.2005	0,5	23,0	1,05	1,11	0,11
	2	23,0	0,75	1,03	0,14
	4	22,9	0,78	0,88	0,11
	6	21,3	0,81	0,99	0,12
	9	18,7	1,03	0,84	0,08
	12	15,9	1,00	1,16	0,12

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
18.07.2005	15	13,9	1,03	1,21	0,12
01.08.2005	0,5	22,3	1,89	1,86	0,10
	2	22,3	1,92	1,89	0,10
	4	22,3	1,73	1,63	0,09
	6	20,7	1,25	1,34	0,11
	9	19,5	0,83	0,70	0,08
	12	16,6	1,00	0,39	0,04
	15	15,0	1,31	0,87	0,07
16.08.2005	0,5	18,2	1,60	4,56	0,29
	2	18,0	1,50	2,80	0,19
	4	18,0	1,10	2,62	0,24
	6	17,9	1,07	2,74	0,26
	9	17,8	1,39	2,13	0,15
	12	17,8	1,13	2,01	0,18
	15	17,7	1,13	1,80	0,16
30.08.2005	0,5	19,2	1,23	2,23	0,18
	2	19,2	1,20	2,00	0,17
	4	19,2	1,00	2,05	0,21
	6	19,2	0,93	2,04	0,22
	9	18,8	1,00	1,96	0,20
	12	18,0	1,03	1,56	0,15
	15	17,4	1,28	1,39	0,11
12.09.2005	0,5	18,6	1,47	2,21	0,15
	2	18,6	1,34	2,21	0,16
	4	18,6	1,17	2,23	0,19
	6	18,5	1,23	2,40	0,20
	9	18,5	1,00	2,33	0,23
	12	18,4	1,17	2,01	0,17
	15	17,8	1,51	1,94	0,13
27.09.2005	0,5	15,7	1,14	2,92	0,26
	2	15,7	1,14	2,48	0,22
	4	15,7	1,14	2,67	0,23
	6	15,7	1,03	2,63	0,26
	9	15,7	1,06	2,59	0,24
	12	15,7	1,21	2,60	0,21
	15	15,7	1,23	2,47	0,20
11.10.2005	0,5	14,1	1,20	2,79	0,23
	2	14,1	1,10	2,60	0,24
	4	14,1	0,86	2,66	0,31
	6	14,1	1,06	2,80	0,26
	9	14,1	0,97	2,82	0,29
	12	14,1	1,36	2,53	0,19
	15	14,1	0,83	2,73	0,33
25.10.2005	0,5	10,1	1,21	2,78	0,23
	2	10,1	1,09	2,79	0,26
	4	10,1	0,76	2,77	0,36
	6	10,1	0,81	2,70	0,33
	9	10,1	0,79	2,83	0,36
	12	10,1	0,64	2,75	0,43
	15	10,1	0,93	2,62	0,28
08.11.2005	0,5	5,8	1,53	1,83	0,12
	2	5,8	0,98	1,43	0,15
	4	5,8	0,69	1,39	0,20
	6	5,8	0,79	1,29	0,16

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
08.11.2005	9	5,8	0,62	1,26	0,20
	12	5,8	0,55	1,22	0,22
	15	5,8	0,67	1,24	0,19
16.05.2006	0,5	9,2	1,69	0,66	0,04
	2	9,1	1,17	0,69	0,06
	4	9,0	1,04	0,84	0,08
	6	8,9	1,02	0,92	0,09
	9	8,8	0,98	0,96	0,10
	12	8,6	0,83	0,99	0,12
	15	7,8	0,86	1,22	0,14
	05.06.2006	0,5	11,9	1,42	1,36
2	11,9	1,54	1,45	0,09	
4	11,9	0,92	1,36	0,15	
6	11,9	1,02	1,44	0,14	
9	11,9	1,00	1,36	0,14	
11	11,8	1,13	1,28	0,11	
15	11,4	1,36	1,50	0,11	
19.06.2006	0,5	21,1	1,13	0,29	0,03
	2	20,8	0,83	0,24	0,03
	4	16,6	0,85	0,25	0,03
	6	15,2	0,68	0,17	0,03
	9	13,9	0,70	0,41	0,06
	12	13,1	0,58	0,22	0,04
	15	12,5	0,71	0,38	0,05
05.07.2006	0,5	21,4	1,42	2,64	0,19
	2	21,2	0,90	0,67	0,07
	4	21,1	0,81	0,70	0,09
	6	20,2	0,77	0,46	0,06
	9	15,0	0,65	0,53	0,08
	12	14,1	0,69	0,69	0,10
	15	13,4	0,62	0,76	0,12
17.07.2006	0,5	20,1	1,10	1,04	0,09
	2	19,6	0,88	0,99	0,11
	4	18,4	0,60	0,84	0,14
	6	18,0	0,73	0,91	0,12
	9	15,9	0,75	0,67	0,09
	12	14,8	0,58	0,63	0,11
	15	14,1	0,64	0,67	0,10
31.07.2006	0,5	20,7	1,58	1,65	0,10
	2	20,7	1,28	1,60	0,13
	4	20,7	1,33	1,68	0,13
	6	20,6	1,50	1,59	0,11
	9	19,8	1,29	1,26	0,10
	12	16,5	1,19	1,16	0,10
	15	14,6	1,27	0,87	0,07
14.08.2006	0,5	20,0	1,80	1,94	0,11
	2	19,9	1,87	1,78	0,10
	4	19,9	1,77	2,01	0,11
	6	19,7	1,47	1,60	0,11
	9	19,4	1,57	1,37	0,09
	12	19,1	1,43	1,25	0,09
	15	15,4	1,63	0,93	0,06
05.09.2006	0,5	17,9	2,46	2,78	0,11
	2	17,9	2,79	2,73	0,10

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
05.09.2006	4	17,9	1,92	2,68	0,14
	6	17,9	1,71	2,84	0,17
	9	17,9	1,87	2,53	0,14
	12	17,9	2,54	2,60	0,10
	15	17,9	2,04	2,50	0,12
19.09.2006	0,5	16,2	1,88	1,75	0,09
	2	16,2	1,62	1,67	0,10
	4	16,2	1,50	1,70	0,11
	6	16,2	1,40	1,75	0,13
	9	16,1	1,60	1,73	0,11
	12	16,1	1,67	1,95	0,12
	15	16,0	1,50	2,00	0,13
03.10.2006	0,5	16,0	1,69	1,35	0,08
	2	16,0	1,13	1,27	0,11
	4	16,0	0,93	1,20	0,13
	6	16,0	0,95	1,20	0,13
	9	16,0	1,10	1,21	0,11
	12	16,0	0,97	1,22	0,13
	15	16,0	1,05	1,24	0,12
22.04.2007	0,5	5,8	2,13	1,59	0,07
	2	5,8	1,57	1,55	0,10
	4	5,8	1,47	1,66	0,11
	6	5,8	1,30	1,62	0,12
	9	5,8	1,60	1,62	0,10
	12	5,8	1,27	1,59	0,13
	15	5,8	1,23	1,68	0,14
16.05.2007	0,5	11,5	1,57	0,82	0,05
	2	11,5	1,30	0,84	0,06
	4	10,6	1,37	0,91	0,07
	6	10,4	1,33	1,25	0,09
	9	10,0	1,21	1,18	0,10
	11	9,5	1,58	1,28	0,08
	15	9,0	1,57	1,42	0,09
29.05.2007	0,5	20,1	1,48	0,42	0,03
	2	20,0	1,45	0,39	0,03
	4	19,5	1,33	0,38	0,03
	6	18,8	1,52	0,51	0,03
	9	12,0	1,26	0,67	0,05
	12	10,4	1,42	0,91	0,06
	15	9,8	1,61	1,14	0,07
19.06.2007	0,5	20,7	1,07	0,44	0,04
	2	20,6	0,84	0,40	0,05
	4	20,6	0,73	0,39	0,05
	6	20,3	0,74	0,36	0,05
	9	16,2	0,62	0,26	0,04
	12	12,4	0,63	0,32	0,05
	15	11,9	0,74	0,31	0,04
11.07.2007	0,5	17,1	1,17	1,30	0,11
	2	17,1	0,97	1,27	0,13
	4	17,1	0,83	1,20	0,14
	6	17,1	1,23	1,74	0,14
	9	17,1	0,80	1,14	0,14
	12	16,2	0,58	0,59	0,10
	15	15,5	0,64	0,49	0,08

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
23.07.2007	0,5	19,7	1,03	0,90	0,09
	2	19,7	1,07	0,90	0,08
	4	19,7	1,00	0,83	0,08
	6	19,5	1,23	0,96	0,08
	9	19,2	1,54	1,01	0,07
	12	17,1	0,90	0,82	0,09
	15	16,7	1,07	0,67	0,06
06.08.2007	0,5	19,4	1,23	1,03	0,08
	2	19,3	1,27	0,77	0,06
	4	19,0	1,33	1,17	0,09
	6	18,8	1,23	1,26	0,10
	9	18,4	1,47	1,33	0,09
	12	18,1	1,33	1,79	0,13
	15	17,7	1,67	1,67	0,10
21.08.2007	0,5	21,2	1,73	2,59	0,15
	2	21,2	1,60	2,10	0,13
	4	21,2	1,50	2,30	0,15
	6	21,2	1,47	2,51	0,17
	9	21,1	1,27	1,93	0,15
	12	18,9	1,27	1,28	0,10
	15	17,5	1,63	0,75	0,05
02.10.2007	0,5	14,8	1,36	1,56	0,11
	2	14,8	1,21	1,70	0,14
	4	14,8	1,06	1,54	0,15
	6	14,8	0,83	1,52	0,18
	9	14,6	0,81	1,57	0,19
	12	14,6	0,94	1,63	0,17
	15	14,6	0,65	1,31	0,20
22.04.2008	0,5	7,1	2,97	1,28	0,04
	2	7,1	1,57	1,24	0,08
	4	7,1	1,27	1,13	0,09
	6	7,1	1,03	1,13	0,11
	9	7,0	1,10	1,16	0,11
	12	6,7	1,00	1,30	0,13
	15	6,6	0,97	1,46	0,15
20.05.2008	0,5	11,8	0,77	1,21	0,16
	2	11,8	0,83	1,20	0,14
	4	11,8	0,87	1,21	0,14
	6	11,8	0,83	1,22	0,15
	9	11,8	0,70	1,14	0,16
	12	10,9	0,73	1,23	0,17
	15	10,7	1,10	1,13	0,10
19.06.2008	0,5	17,1	1,54	0,83	0,05
	2	17,0	1,50	0,85	0,06
	4	17,0	0,80	1,08	0,14
	6	17,0	0,97	1,08	0,11
	9	16,2	1,28	1,20	0,09
	12	14,2	0,67	0,79	0,12
	15	13,4	1,58	0,76	0,05
14.07.2008	0,5	19,8	1,24	1,00	0,08
	2	19,8	0,97	1,20	0,12
	4	19,7	1,06	1,15	0,11
	6	19,4	0,86	1,07	0,12
	9	18,9	0,63	0,78	0,12

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
14.07.2008	12	17,2	0,57	0,58	0,10
	15	16,4	0,85	0,45	0,05
18.08.2008	0,5	21,2	1,58	1,72	0,11
	2	21,2	1,45	1,81	0,12
	4	21,1	2,23	2,45	0,11
	6	20,8	2,87	2,11	0,07
	9	20,3	1,40	2,40	0,17
	12	19,8	1,28	2,48	0,19
	15	19,6	1,37	1,97	0,14
16.09.2008	0,5	14,8	1,39	1,94	0,14
	2	14,9	1,26	2,32	0,18
	4	14,9	1,50	2,23	0,15
	6	14,8	1,17	2,15	0,18
	9	14,8	0,97	2,12	0,22
	12	14,8	0,90	2,07	0,23
	15	14,8	0,83	1,79	0,22
22.10.2008	0,5	10,1	1,10	1,25	0,11
	2	10,1	0,83	1,24	0,15
	4	10,1	0,75	1,23	0,16
	6	10,0	0,81	1,16	0,14
	9	10,0	0,56	1,12	0,20
	12	10,0	0,63	1,10	0,17
	15	10,0	0,53	1,17	0,22
12.05.2009	0,5	11,2	1,38	2,78	0,20
	2	11,2	1,29	3,71	0,29
	4	11,1	1,06	6,17	0,58
	6	10,5	1,21	4,49	0,37
	9	9,5	1,00	3,32	0,33
	12	9,2	1,38	3,02	0,22
	15	8,6	1,17	2,85	0,24
23.06.2009	0,5	16,4	0,97	0,78	0,08
	2	16,3	0,90	1,01	0,11
	4	16,3	0,69	0,82	0,12
	6	16,3	0,63	0,79	0,13
	9	16,2	0,80	1,03	0,13
	12	16,0	0,75	0,74	0,10
	15	15,3	0,83	1,00	0,12
27.07.2009	0,5	19,5	1,31	1,37	0,10
	2	19,5	0,97	1,44	0,15
	4	19,5	0,81	1,37	0,17
	6	19,5	0,85	1,39	0,16
	9	19,4	0,80	1,42	0,18
	12	18,0	0,70	0,91	0,13
	15	17,0	1,33	0,60	0,05
11.08.2009	0,5	20,6	0,97	1,94	0,20
	2	20,6	1,00	1,80	0,18
	4	20,6	1,00	1,84	0,18
	6	20,6	0,93	1,84	0,20
	9	20,4	0,73	1,26	0,17
	12	18,7	0,91	1,14	0,13
	15	16,4	1,24	0,72	0,06
15.09.2009	0,5	18,0	1,57	1,41	0,09
	2	18,1	0,67	1,21	0,18
	4	18,1	0,78	1,18	0,15

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
15.09.2009	6	18,1	0,81	1,21	0,15
	9	18,1	1,26	1,56	0,12
	12	17,8	0,67	1,31	0,20
	15	17,6	0,90	0,95	0,11
12.10.2009	0,5	10,6	1,33	2,38	0,18
	2	10,6	1,00	2,06	0,21
	4	10,6	1,14	2,17	0,19
	6	10,6	1,00	2,12	0,21
	9	10,6	1,08	2,17	0,20
	12	10,6	0,90	1,99	0,22
	15	10,5	0,93	1,97	0,21
26.05.2010	0,5	14,0	0,82	0,82	0,10
	2	14,0	0,67	0,83	0,12
	4	14,0	0,63	0,91	0,14
	6	12,9	0,53	0,97	0,18
	9	11,3	0,63	0,95	0,15
	12	9,8	0,69	1,19	0,17
	15	9,0	0,80	1,15	0,14
15.06.2010	0,5	17,0	0,81	0,82	0,10
	2	17,0	0,81	0,88	0,11
	4	17,0	0,67	1,10	0,16
	6	16,8	0,50	0,99	0,20
	9	14,7	0,71	0,99	0,14
	12	13,5	0,62	1,23	0,20
	15	12,7	0,79	1,11	0,14
12.07.2010	0,5	22,7	1,73	0,51	0,03
	2	22,6	0,87	0,45	0,05
	4	22,4	0,67	0,40	0,06
	6	20,6	0,83	0,39	0,05
	9	17,9	0,98	0,49	0,05
	12	16,3	0,53	0,35	0,07
	15	14,1	0,83	0,36	0,04
16.08.2010	0,5	26,2	0,71	0,95	0,13
	2	26,2	0,63	0,95	0,15
	4	25,6	1,08	1,18	0,11
	6	25,1	1,05	1,69	0,16
	9	20,7	1,13	2,20	0,19
	12	17,0	0,99	1,63	0,16
	15	15,3	2,80	0,64	0,02
20.10.2010	0,5	8,0	2,34	2,71	0,12
	2	8,0	1,92	2,68	0,14
	4	8,0	1,79	2,65	0,15
	6	8,0	1,73	2,60	0,15
	9	8,0	1,88	2,64	0,14
	12	7,8	1,88	2,81	0,15
	15	7,6	1,69	2,52	0,15
17.05.2011	0,5	11,2	0,74	0,54	0,07
	2	11,2	0,88	0,52	0,06
	4	11,0	0,98	0,63	0,06
	6	10,2	0,74	1,20	0,16
	9	9,6	0,84	1,77	0,21
	12	8,8	1,00	2,11	0,21
	15	8,2	1,13	2,17	0,19
14.06.2011	0,5	20,0	1,00	1,07	0,11

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
14.06.2011	2	18,0	0,79	0,75	0,09
	4	16,6	0,93	0,76	0,08
	6	16,1	1,02	0,72	0,07
	9	13,0	1,02	0,67	0,07
	12	12,4	1,19	0,84	0,07
	15	11,7	1,36	1,52	0,11
19.07.2011	0,5	23,1	1,48	1,50	0,10
	2	23,0	1,44	1,46	0,10
	4	22,9	1,33	1,55	0,12
	6	22,8	1,23	1,90	0,15
	9	19,4	1,29	2,38	0,18
	12	17,1	1,23	2,44	0,20
	15	13,5	1,46	1,62	0,11
16.08.2011	0,5	21,0	1,36	1,87	0,14
	2	20,8	1,74	2,01	0,12
	4	20,4	1,72	2,25	0,13
	6	20,0	1,56	1,97	0,13
	9	19,9	1,30	2,26	0,17
	12	17,9	1,50	1,60	0,11
	15	15,0	1,31	0,59	0,05
20.09.2011	0,5	16,1	1,53	3,79	0,25
	2	16,1	1,40	3,62	0,26
	4	16,1	1,83	4,00	0,22
	6	16,0	1,43	4,00	0,28
	9	16,0	1,50	4,08	0,27
	12	16,0	1,33	3,27	0,25
	15	15,9	1,36	2,82	0,21
12.10.2011	0,5	12,7	1,07	2,01	0,19
	2	12,7	1,07	1,92	0,18
	4	12,7	0,84	1,84	0,22
	6	12,7	1,00	1,79	0,18
	9	12,7	0,90	1,82	0,20
	12	12,7	1,07	1,85	0,17
	15	12,7	1,07	1,65	0,15
21.05.2012	0,5	15,5	1,15	0,42	0,04
	2	15,0	0,88	0,54	0,06
	4	13,6	0,82	0,55	0,07
	6	13,0	0,76	0,63	0,08
	9	10,7	0,89	1,08	0,12
	12	9,5	0,83	1,56	0,19
	15	8,7	1,08	2,15	0,20
12.06.2012	0,5	17,2	1,02	0,88	0,09
	2	17,2	0,75	1,15	0,15
	4	17,1	0,58	1,03	0,18
	6	16,9	0,50	0,89	0,18
	9	15,3	0,54	0,89	0,16
	12	13,5	0,54	0,78	0,14
	15	13,1	0,44	0,62	0,14
17.07.2012	0,5	19,5	0,93	1,20	0,13
	2	19,6	0,67	1,14	0,17
	4	19,5	0,63	1,20	0,19
	6	19,5	0,57	1,18	0,21
	9	17,7	0,55	0,55	0,10
	12	16,9	0,58	0,47	0,08

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
17.07.2012	15	15,6	0,47	0,33	0,07
16.08.2012	0,5	18,7	1,41	1,63	0,12
	2	18,7	1,39	1,54	0,11
	4	18,7	1,08	1,60	0,15
	6	18,7	1,17	1,42	0,12
	9	18,6	1,17	1,57	0,13
	12	18,6	1,28	1,60	0,13
	15	18,6	1,22	1,68	0,14
18.09.2012	0,5	16,1	2,58	2,65	0,10
	2	16,1	1,50	2,92	0,19
	4	16,1	1,33	2,84	0,21
	6	16,1	1,47	2,86	0,19
	9	16,1	1,20	2,69	0,22
	12	16,1	1,20	2,89	0,24
	15	16,1	1,20	2,66	0,22
10.10.2012	0,5	12,4	1,53	1,59	0,10
	2	12,4	1,30	1,61	0,12
	4	12,4	1,40	1,52	0,11
	6	12,4	1,10	1,70	0,15
	9	12,4	1,07	1,54	0,14
	12	12,4	1,17	1,46	0,13
	15	12,4	1,20	1,59	0,13
18.05.2013	0,5	17,1	0,96	0,67	0,07
	2	15,0	0,90	0,77	0,09
	4	9,5	0,97	1,21	0,12
	6	8,4	0,71	0,94	0,13
	9	7,2	1,09	1,17	0,11
	12	6,4	1,06	1,58	0,15
	15	6,0	1,75	2,26	0,13
11.06.2013	0,5	19,1	1,44	1,39	0,10
	2	19,2	1,08	1,11	0,10
	4	19,1	1,08	1,21	0,11
	6	15,8	0,86	1,04	0,12
	9	12,8	0,97	1,51	0,16
	12	12,0	0,97	1,37	0,14
	15	11,1	0,97	1,15	0,12
10.07.2013	0,5	21,0	0,96	0,58	0,06
	2	21,0	0,92	0,68	0,07
	4	21,0	1,05	0,66	0,06
	6	21,0	0,86	0,80	0,09
	9	13,9	0,90	1,03	0,11
	12	12,2	0,63	1,00	0,16
	15	11,1	0,67	0,86	0,13
19.08.2013	0,5	20,1	1,50	1,45	0,10
	2	20,1	1,32	1,23	0,09
	4	19,9	1,39	1,22	0,09
	6	19,8	1,52	1,57	0,10
	9	19,2	1,43	1,22	0,09
	12	16,2	1,38	1,62	0,12
	15	14,4	2,10	1,09	0,05
17.09.2013	0,5	16,6	1,32	1,80	0,14
	2	16,6	1,10	1,71	0,16
	4	16,6	0,87	1,52	0,17
	6	16,6	0,73	1,49	0,20

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
17.09.2013	9	16,6	1,07	1,65	0,15
	12	16,6	0,97	1,53	0,16
	15	15,9	1,40	1,16	0,08
16.10.2013	0,5	11,1	0,89	2,42	0,27
	2	11,1	1,03	2,19	0,21
	4	11,1	1,00	2,30	0,23
	6	11,1	1,03	2,21	0,21
	9	11,1	0,83	2,10	0,25
	12	11,1	0,77	2,14	0,28
	15	11,1	0,90	2,09	0,23
13.05.2014	0,5	10,5	1,27	0,96	0,08
	2	10,5	0,90	0,96	0,11
	4	10,5	0,83	0,93	0,11
	6	10,4	0,70	0,97	0,14
	9	10,4	0,90	1,74	0,19
	12	10,4	0,77	1,23	0,16
	15	10,1	0,77	0,79	0,10
17.06.2014	0,5	16,4	1,13	0,93	0,08
	2	16,4	1,00	0,89	0,09
	4	16,4	0,96	0,88	0,09
	6	16,4	0,92	0,82	0,09
	9	14,8	1,38	1,04	0,08
	12	14,2	1,04	1,03	0,10
15.07.2014	0,5	21,7	0,83	0,94	0,11
	2	20,8	0,92	0,95	0,10
	4	20,3	0,92	1,14	0,12
	6	19,0	1,00	1,66	0,17
	9	18,1	1,25	2,18	0,17
	12	17,1	1,38	1,69	0,12
12.08.2014	0,5	24,7	1,13	1,24	0,11
	2	24,8	1,46	1,23	0,08
	4	24,8	1,04	1,30	0,13
	6	24,5	1,13	1,55	0,14
	9	19,8	1,38	1,57	0,11
	12	17,7	1,63	1,19	0,07
16.09.2014	0,5	17,9	0,99	2,24	0,23
	2	16,9	1,17	2,45	0,21
	4	16,9	1,00	1,92	0,19
	6	16,9	1,10	2,13	0,19
	9	16,8	1,08	2,13	0,20
	12	16,7	1,11	2,06	0,19
14.10.2014	0,5	12,0	2,03	1,82	0,09
	2	12,0	1,36	1,73	0,13
	4	12,0	1,44	1,64	0,11
	6	12,0	1,04	1,60	0,15
	9	12,0	1,08	1,64	0,15
	12	12,0	1,33	1,68	0,13
19.05.2015	0,5	11,0	1,39	0,61	0,04
	2	10,6	1,14	0,62	0,05
	4	10,6	0,94	0,75	0,08

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
19.05.2015	6	10,5	0,93	0,76	0,08
	9	10,4	1,00	0,67	0,07
	12	10,4	2,43	0,86	0,04
	15	10,4	0,86	0,68	0,08
16.06.2015	0,5	18,2	1,64	1,16	0,07
	2	18,1	1,17	1,17	0,10
	4	18,0	0,86	1,14	0,13
	6	17,4	0,83	1,14	0,14
	9	14,7	0,83	1,61	0,19
	12	14,0	0,90	1,25	0,14
	15	13,2	0,67	0,87	0,13
14.07.2015	0,5	19,5	1,56	1,14	0,07
	2	19,2	1,35	1,32	0,10
	4	19,0	1,12	1,40	0,13
	6	18,8	1,07	1,35	0,13
	9	18,6	1,12	1,31	0,12
	12	15,8	0,90	0,82	0,09
	15	15,2	1,79	0,69	0,04
11.08.2015	0,5	23,8	0,67	1,08	0,16
	2	23,9	0,87	1,16	0,13
	4	22,4	0,71	1,09	0,15
	6	21,0	0,75	1,82	0,24
	9	18,8	0,96	1,39	0,15
	12	18,5	0,88	1,33	0,15
	15	17,3	1,79	0,76	0,04
17.09.2015	0,5	16,5	1,10	2,23	0,20
	2	16,5	1,11	2,30	0,21
	4	16,5	1,17	2,26	0,19
	6	16,5	1,03	2,15	0,21
	9	16,5	1,23	2,35	0,20
	12	16,5	1,27	3,18	0,25
	15	16,1	1,13	2,18	0,19
13.10.2015	0,5	10,9	1,40	1,94	0,14
	2	11,0	1,36	1,74	0,13
	4	11,0	0,95	1,73	0,18
	6	11,0	1,13	1,9	0,17
	9	10,9	0,75	1,73	0,23
	12	10,9	0,89	1,77	0,20
	15	10,9	0,89	1,62	0,18
17.05.2016	0,5	14,0	0,78	0,94	0,12
	2	14,0	0,89	1,01	0,11
	4	13,9	0,86	1,10	0,13
	6	13,6	0,84	1,03	0,12
	9	11,5	0,88	1,43	0,16
	12	11,1	0,81	1,44	0,18
	15	11,0	0,98	1,29	0,13
14.06.2016	0,5	15,8	1,08	0,64	0,06
	2	15,6	0,96	0,61	0,06
	4	15,2	0,69	0,71	0,10
	6	15,1	0,81	0,64	0,08
	9	14,1	0,69	0,79	0,11
	12	12,6	0,87	1,24	0,14
	15	12,3	0,97	1,10	0,11
12.07.2016	0,5	19,2	1,29	0,78	0,06
	2	19,1	0,81	0,80	0,10

Продолжение таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
12.07.2016	4	19,1	0,79	0,85	0,11
	6	19,1	0,74	0,88	0,12
	9	19,0	0,76	0,75	0,10
	12	17,0	0,69	0,48	0,07
	15	15,9	0,75	0,46	0,06
16.08.2016	0,5	18,6	1,88	2,83	0,15
	2	19,0	1,50	2,24	0,15
	4	19,0	1,40	2,38	0,17
	6	18,9	1,30	2,33	0,18
	9	18,7	1,50	2,84	0,19
	12	18,8	1,25	2,19	0,17
	15	18,7	1,38	2,36	0,17
20.09.2016	0,5	17,3	1,16	2,42	0,21
	2	17,3	1,10	2,33	0,21
	4	17,3	1,10	2,36	0,21
	6	17,3	1,26	2,32	0,18
	9	17,2	1,30	2,37	0,18
	12	17,2	1,00	2,03	0,20
	15	17,0	1,17	1,56	0,13
18.10.2016	0,5	8,4	2,02	1,88	0,13
	2	8,5	1,10	1,75	0,16
	4	8,5	0,92	1,71	0,19
	6	8,5	1,10	1,77	0,16
	9	8,5	0,78	1,75	0,22
	12	8,5	1,02	1,82	0,18
	15	8,5	0,83	1,83	0,22
15.05.2017	0,5	11,2	1,53	0,87	0,06
	2	11,0	1,31	0,83	0,06
	4	9,0	1,42	1,00	0,07
	6	8,6	1,15	1,08	0,09
	9	8,0	1,13	1,31	0,12
	12	7,9	1,17	1,57	0,13
	15	7,7	1,17	1,33	0,11
28.06.2017	0,5	17,0	1,31	0,79	0,06
	2	16,9	1,17	0,67	0,06
	4	16,8	1,00	0,81	0,08
	6	16,7	0,90	0,54	0,06
	9	16,6	0,17	0,67	0,39
	12	16,6	0,10	0,57	0,57
	15	16,9	0,87	0,48	0,06
17.07.2017	0,5	18,1	1,56	1,54	0,10
	2	18,1	1,24	1,66	0,13
	4	18,0	0,83	1,41	0,17
	6	18,0	0,93	1,41	0,15
	9	17,9	0,93	1,35	0,15
	12	17,9	0,73	1,30	0,18
	15	17,9	0,73	1,25	0,17
15.08.2017	0,5	21,6	1,60	2,00	0,13
	2	21,5	1,46	2,55	0,17
	4	21,5	1,79	2,14	0,12
	6	21,0	1,21	2,23	0,18
	9	20,0	1,38	2,33	0,17
	12	19,5	1,42	1,37	0,10
	15	18,2	1,67	1,26	0,08
13.09.2017	0,5	17,0	1,52	3,34	0,22

Окончание таблицы

Дата	Горизонт, м	Температура, °С	Сестон, мг/л	Хлорофилл <i>a</i> плюс феопигменты, мкг/л	Хлорофилл в сестоне, %
13.09.2017	2	16,9	1,50	3,43	0,23
	4	16,9	1,39	3,45	0,25
	6	16,9	1,61	3,43	0,21
	9	16,9	1,47	3,40	0,23
	12	16,0	1,28	3,72	0,29
	15	15,8	1,40	4,06	0,29
17.10.2017	0,5	11,0	1,33	1,56	0,12
	2	11,0	1,83	1,68	0,09
	4	11,0	1,28	1,42	0,11
	6	11,0	1,00	1,50	0,15
	9	10,9	1,27	1,33	0,10
	12	10,9	1,13	1,36	0,12
	15	10,9	0,80	1,36	0,17
16.05.2018	0,5	17,0	1,85	0,86	0,05
	2	16,9	2,61	0,89	0,03
	4	16,5	1,42	0,76	0,05
	6	16,3	1,39	0,92	0,07
	9	14,0	1,22	1,37	0,11
	12	9,8	1,48	1,46	0,10
	15	9,0	1,14	1,54	0,14
12.06.2018	0,5	18,6	1,14	1,42	0,13
	2	17,5	0,94	1,47	0,16
	4	17,4	1,06	1,60	0,15
	6	17,3	0,61	1,01	0,18
	9	15,8	0,78	0,78	0,10
	12	13,4	1,11	0,49	0,04
	15	11,6	0,67	0,83	0,13
11.07.2018	0,5	19,9	1,54	0,86	0,06
	2	19,8	1,79	1,09	0,06
	4	19,6	1,67	1,23	0,07
	6	18,5	1,63	1,52	0,09
	9	17,4	1,38	1,68	0,12
	12	16,0	1,03	1,47	0,14
	15	14,9	1,41	1,47	0,11
14.08.2018	0,5	21,8	1,70	1,39	0,09
	2	21,7	1,84	1,70	0,09
	4	18,0	1,25	1,53	0,12
	6	18,0	0,99	1,11	0,11
	9	18,0	1,33	1,25	0,09
	12	17,7	1,25	0,99	0,08
	15	17,3	3,50	0,75	0,02
12.09.2018	0,5	20,0	1,54	1,63	0,11
	2	20,5	1,17	1,74	0,15
	4	20,0	2,06	2,37	0,12
	6	20,1	1,44	1,83	0,13
	9	20,2	0,78	1,59	0,2
	12	19,6	0,67	1,62	0,24
	15	16,2	1,06	1,04	0,10
16.10.2018	0,5	12,8	1,58	2,32	0,15
	2	12,5	1,06	2,25	0,21
	4	12,3	1,58	2,38	0,15
	6	12,2	2,16	3,16	0,15
	9	12,0	1,80	2,63	0,15
	12	12,0	1,33	2,45	0,18
	15	12,1	1,40	2,23	0,16

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

REFERENCES

1. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2014 год) // Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2015. 111 с.
2. SCOR-UNESCO Working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // Monographs on Oceanologic Methodology. Paris : UNESCO, 1966. P. 9–18.
3. Методы исследования органического вещества в океане. М. : Наука, 1980. 343 с.
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
5. Унифицированные методы анализа вод. М. : Химия, 1973. 376 с.
6. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2016 год) / Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2017. 107 с.
7. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2017 год) // Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2018. 119 с.
8. *Wetzel R. G. Limnology*. 2nd ed. Philadelphia : Saunders College Publishing, 1983. 858 p.
9. Экологическая система Нарочанских озер / под ред. Г. Г. Винберга. Минск : Университетское, 1985. 303 с.
10. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2015 год) // Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2016. 99 с.
11. Современное состояние надводной растительности в оз. Нарочь и ее роль в функционировании экосистемы / Т. В. Жукова [и др.] // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера : материалы IV Междунар. конф., Россия, Вологда, 5–10 дек. 2005 г. Вологда, 2005. С. 149–151.
12. *Жукова А. А.* Роль комплекса «макрофиты – эпифитон» в формировании уровня первичной продукции озера Нарочь // Гидробиотаника-2010 : материалы I (VII) Междунар. конф. по водным макрофитам, Борок, 9–13 окт. 2010 г. Ярославль : Принт Хаус, 2010. С. 118–120.
13. Сезонная динамика роста тростника озера Нарочь: результаты трех лет мониторинга / А. А. Жукова [и др.] // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы III Междунар. науч. семинара, Минск – Гродно, 26–28 сент. 2018 г. Минск : Колорград, 2018. С. 53–57.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
<i>Т. М. Михеева</i> (НИЛ гидроэкологии БГУ)	
1. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2017–2018 гг. И ВЕСНОЙ 2018 г.	7
<i>Т. В. Жукова, Б. В. Адамович, Р. З. Ковалевская, И. В. Савич</i> при участии <i>Э. А. Журавлевой, И. А. Коротышевского, Е. И. Лапицкой</i> (1.1, 1.2) (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ, НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>Т. М. Михеева, И. В. Савич</i> (1.3) (НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>И. Н. Селивончик</i> (1.4) (НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>Л. В. Никитина</i> (1.5) (НИЛ гидроэкологии БГУ)	
1.1. Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы.....	7
1.2. Режим взвешенных органических и биогенных веществ.....	10
1.3. Фитопланктон.....	14
1.4. Зоопланктон.....	19
1.5. Бактериопланктон.....	22
2. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ВЕГЕТАЦИОННОМ СЕЗОНЕ 2018 г.	24
<i>Т. В. Жукова, Б. В. Адамович, Р. З. Ковалевская, И. В. Савич</i> при участии <i>Э. А. Журавлевой, И. А. Коротышевского, Е. И. Лапицкой</i> (2.1–2.8, 2.10, 2.11) (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ); <i>Р. З. Ковалевская, Н. В. Дубко</i> (2.9); <i>Т. М. Михеева, И. В. Савич</i> (2.12); <i>И. Н. Селивончик</i> (2.13) (НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>Л. В. Никитина</i> (2.14); <i>О. А. Макаревич, М. А. Батурина</i> (2.15) (НИЛ гидроэкологии БГУ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук)	
2.1. Температурный режим.....	24
2.2. Прозрачность воды.....	26
2.3. Растворенный в воде кислород.....	27
2.4. Концентрация водородных ионов (рН).....	29
2.5. Углерод органический общий и взвешенный.....	30
2.6. Фосфор общий и фосфатный.....	31
2.7. Азот общий и минеральный.....	32
2.8. Сестон (взвешенные вещества), содержание зольных элементов в его составе.....	34
2.9. Содержание хлорофилла <i>a</i> в сестоне.....	36
2.10. Потенциальный фотосинтез планктона.....	39
2.11. Аэробная деструкция органического вещества и биохимическое потребление кислорода (БПК).....	40
2.12. Фитопланктон.....	42
2.13. Зоопланктон.....	54
2.14. Бактериопланктон.....	59
2.15. Макрозообентос.....	64
3. ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	74
<i>А. А. Жукова, А. Ю. Панько, Д. В. Крюк, Б. В. Адамович</i> (3.1) (НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>Б. П. Власов, Н. Д. Грищенко, А. Ю. Сивенков</i> (3.2) (НИЛ озераведения БГУ)	
3.1. Оценка ростовых показателей зарослей тростника в оз. Нарочь.....	74
3.2. Геоэкологическая информативность данных дистанционного зондирования Земли при изучении высшей водной растительности.....	79
4. РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ И СТЕПЕНЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРОЧАНСКИХ ОЗЕРАХ В 2018 г.	82
<i>В. Г. Костоусов</i> (РУП «Институт рыбного хозяйства»), <i>О. С. Ежова, С. А. Латушкин, В. С. Люштык</i> (ГПУ «НП «Нарочанский»»)	
5. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ОЗ. НАРОЧЬ В 2018 г.	85
<i>А. Г. Аронов, Т. И. Аронова</i> (Государственное учреждение «Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси»)	
6. ПОКАЗАТЕЛИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОБЕРЕЖЬЯХ НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ ОЗЕР В 2018 г.	87
<i>О. С. Ежова, В. С. Люштык</i> (ГПУ «НП «Нарочанский»»)	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
<i>Т. М. Михеева</i> (НИЛ гидроэкологии БГУ); <i>Т. В. Жукова</i> (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ)	
ПРИЛОЖЕНИЕ	94
Вертикальное распределение температуры, содержания сестона, хлорофилла <i>a</i> и феопигментов в оз. Нарочь (2004–2018 гг.).....	94
Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ, НИЛ гидроэкологии БГУ	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ	109

CONTENTS

FOREWORD	6
<i>T. M. Mikheyeva</i> (Research Laboratory of Hydroecology BSU)	
1. HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NAROCH LAKES	
IN THE AUTUMN-WINTER OF 2017–2018 AND THE SPRING OF 2018	7
<i>T. V. Zhukova, B. V. Adamovich, R. Z. Kovalevskaya, I. V. Savich</i> , with the participation of <i>E. A. Zhuravleva, I. A. Korotyshevskiy, E. I. Lapizkaya</i> (1.1–1.2) (Educational and Scientific Center «Narochanskaya Biological Station named after G. G. Vinberg» BSU, Research Laboratory of Hydroecology BSU); <i>T. M. Mikheyeva, I. V. Savich</i> (1.3) (Research Laboratory of Hydroecology BSU); <i>I. N. Selivonchik</i> (1.4) (Research Laboratory of Hydroecology BSU); <i>L. V. Nikitina</i> (1.5) (Research Laboratory of Hydroecology BSU)	
1.1. Water Transparency, Temperature and Oxygen Content	7
1.2. Suspended organic and biogenic matter.....	10
1.3. Phytoplankton	14
1.4. Zooplankton.....	19
1.5. Bacterioplankton	22
2. HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NAROCH LAKES	
IN THE VEGETATION SEASON OF 2018	24
<i>T. V. Zhukova, B. V. Adamovich, R. Z. Kovalevskaya, I. V. Savich</i> , with the participation of <i>E. A. Zhuravleva, I. A. Korotyshevskiy, E. I. Lapizkaya</i> (2.1–2.8, 2.10–2.11) (Educational and Scientific Center «Narochanskaya Biological Station named after G. G. Vinberg» BSU); <i>R. Z. Kovalevskaya, N. V. Dubko</i> (2.9); <i>T. M. Mikheyeva, I. V. Savich</i> (2.12); <i>I. N. Selivonchik</i> (2.13) (Research Laboratory of Hydroecology BSU); <i>L. V. Nikitina</i> (2.14); <i>O. A. Makarevich, M. aq. Baturina</i> (2.15) (Research Laboratory of Hydroecology BSU, Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)	
2.1. Water temperature.....	24
2.2. Water transparency.....	26
2.3. Dissolved oxygen	27
2.4. The concentration of hydrogen ions (pH).....	29
2.5. Total, suspended and organic carbon	30
2.6. Total phosphorus and phosphate	31
2.7. Total and mineral nitrogen	32
2.8. Seston (suspended solids), ash content	34
2.9. Chlorophyll <i>a</i> in seston	36
2.10. Photosynthesis of plankton.....	39
2.11. Aerobic destruction of organic matter and biochemical oxygen demand (BOD)	40
2.12. Phytoplankton	42
2.13. Zooplankton	54
2.14. Bacterioplankton	59
2.15. Macrozoobenthos	64
3. HIGHER WATER VEGETATION	74
<i>A. A. Zhukova, A. Yu. Panko, D. V. Kruk, B. V. Adamovich</i> (3.1) (Research Laboratory of Hydroecology BSU); <i>B. P. Vlasov, N. D. Grishchenkova, A. Yu. Sivenkov</i> (3.2) (Research Laboratory of Limnology, BSU)	
3.1. The development of reeds in the littoral of the Lake Naroch	74
3.2. Geocological information content of remote sensing data in the study of higher aquatic vegetation.....	79
4. FISH RESOURCES IN 2018	82
<i>V. G. Kostousov</i> (RUC «Institute of Fisheries»), <i>O. S. Ezhova, S. A. Latushkin, V. S. Lyushtyk</i> (SEI «NP “Narochansky”»)	
5. HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF UNDERGROUND WATER	
IN THE LAKE NAROCH AREA IN 2018	85
<i>A. G. Aronov, T. I. Aronova</i> (State Institution “Center for Geophysical Monitoring of the NAS of Belarus”)	
6. INDICATORS OF RECREATIONAL LOADING ON THE COAST OF NAROCH LAKES	
IN 2018	87
<i>O. S. Ezhova, S. A. Latushkin, V. S. Lyushtyk</i> (SEI «NP “Narochansky”»)	
CONCLUSION	89
<i>T. M. Mikheyeva</i> (Research Laboratory of Hydroecology BSU), <i>T. V. Zhukova</i> (Educational and Scientific Center «Narochanskaya Biological Station named after G. G. Vinberg» BSU)	
APPENDIX	94
Vertical distribution of temperature, content of seston, chlorophyll <i>a</i> and feopigments	
in the Naroch Lake (2004–2018).....	94
Educational and Scientific Center «Narochanskaya Biological Station named after G. G. Vinberg» BSU, Research Laboratory of Hydroecology BSU	
REFERENCES	109

Научное издание

Жукова Татьяна Васильевна
Михеева Тамара Михайловна
Адамович Борис Владиславович и др.

**БЮЛЛЕТЕНЬ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ОЗЕР
НАРОЧЬ, МЯСТРО,
БАТОРИНО
(2018 год)**

На русском и английском языках

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Т. М. Турчиняк*
Художник обложки *Т. Ю. Таран*
Технический редактор *Л. В. Жаборовская*
Компьютерная верстка *С. Н. Егоровой*
Корректор *Е. И. Бондаренко*

Подписано в печать 12.12.2019. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 13,02.
Уч.-изд. л. 10,83. Тираж 50 экз. Заказ 726.

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского
государственного университета».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/63 от 19.03.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.



А/А



Б/В



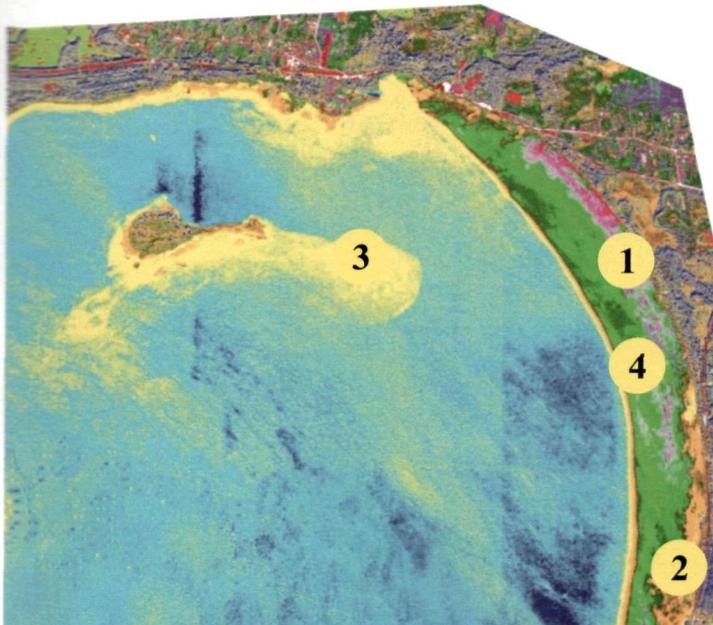
В/С

Озеро Нарочь:

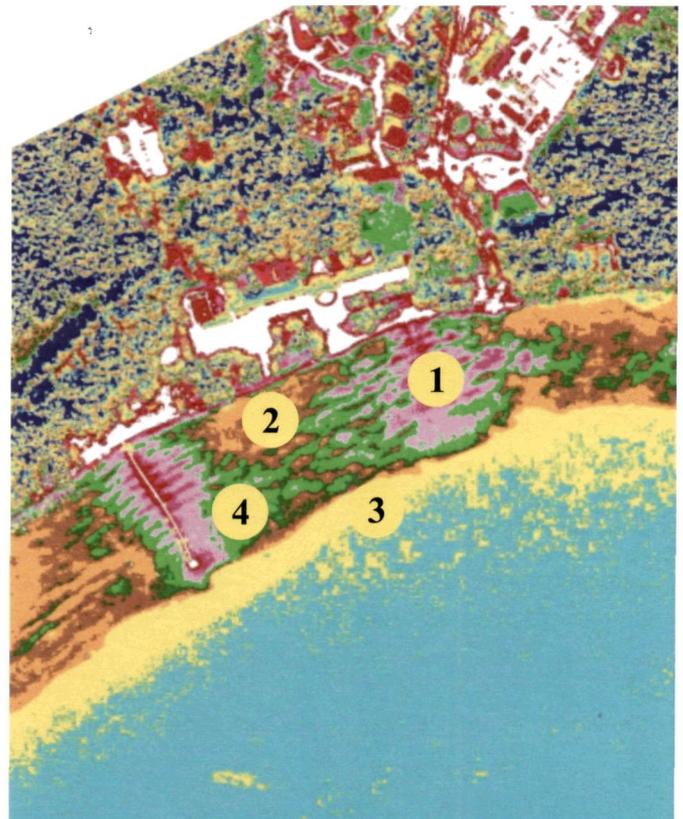
- А** – фрагмент мультиспектрального снимка
- Б** – результат расчета индекса NDVI
- В** – картосхема зарастания

Lake Naroch:

- A** – fragment of a multispectral image
- B** – the result of the calculation of the NDVI index
- C** – overgrowing map



А/А



Б/В

Озеро Нарочь:

- А** – фрагмент классифицированного изображения (северо-восточная часть Большого плеса)
- Б** – фрагмент классифицированного изображения (к. п. Нарочь)
- 1** – участки мелководья, свободные от растительности; **2** – надводная растительность
- 3** – пятна цветения фитопланктона; **4** – участки накопления и разрушения органики

Lake Naroch:

- A** – fragment of a classified image (northeastern part of the Large stretch)
- B** – fragment of the classified image (resort village Naroch)
- 1** – shallow areas free of vegetation; **2** – emergent vegetation
- 3** – spots of flowering of phytoplankton; **4** – areas of accumulation and destruction of organics

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР

Показатель	оз. Нарочь	оз. Мястро	оз. Баторино
Площадь водного зеркала, км ²	79,6	13,1	6,3
Объем водной массы, млн м ³	710,4	70,0	18,7
Глубина средняя, м	8,9	5,4	3,0
Глубина максимальная, 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
Время водообмена, годы	10–11	2,5	1,0
Тип перемешивания		полимиктический	
Площадь общего водосбора, км ²	279,0	133,1	92,5
Площадь частного водосбора без акватории озер, км ²	58,8	34,6	86,2
Удельный водосбор	3,5	10,2	14,7

BASIC CHARACTERISTICS OF NAROCH LAKES

Index	Naroch L.	Myastro L.	Batorino L.
Water mirror area, km ²	79,6	13,1	6,3
The volume of water mass, mln m ³	710,4	70,0	18,7
Depth average, m	8,9	5,4	3,0
Maximum Depth, m	24,8	11,3	5,5
Length of coastline, km	40,0	20,2	15,0
Roughness Coefficient	1,27	1,88	–
Depth indicator	2,07	2,29	1,62
Openness rate	8,8	2,4	2,1
Water exchange time, years	10–11	2,5	1,0
Type of mixing		polymytic	
Total catchment area, km ²	279,0	133,1	92,5
Private catchment area without lakes, km ²	58,8	34,6	86,2
Specific catchment	3,5	10,2	14,7

ISBN 978-985-566-788-0



9 789855 667880