

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

БЮЛЛЕТЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР НАРОЧЬ, МЯСТРО, БАТОРИНО (2014 год)

Минск
2015

ISBN 978-985-566-203-8



9 789855 662038

Министерство природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь

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 (2014 год)

Под общей редакцией
доктора биологических наук
Т. М. Михеевой

МИНСК
БГУ
2015

УДК 551.481.1+577.472
ББК 26.22+28.082
Б98

Авторы:

Т. В. Жукова, Т. М. Михеева, Р. З. Ковалевская, Ю. К. Верес,
Е. В. Лукьянова, Л. В. Никитина, О. А. Макаревич, И. Н. Селивончик,
Б. В. Адамович, И. В. Савич, Н. В. Дубко, В. С. Карабанович,
А. Г. Гончар, В. И. Мельник, Е. В. Комаровская, Л. Н. Журавович, Е. Г. Квач,
Н. С. Шевцова, И. И. Бручковский, В. Я. Венчиков, В. С. Демин,
В. Н. Денисенко, А. Н. Красовский, А. Г. Светашев, В. Л. Тавгин,
Л. Н. Турьшев, А. Г. Аронов, Т. И. Аронова, В. С. Люштык

Рекомендовано
советом биологического факультета
12 сентября 2014 г., протокол № 1

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор *С. В. Буга*;
кандидат биологических наук, доцент *В. Г. Костоусов*

Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2014 год) /
Б98 Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. д-ра биол. наук Т. М. Михеевой. — Минск : БГУ,
2015. — 111 с. : ил.
ISBN 978-985-566-203-8.

«Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино» — межведомственное ежегодное издание, выпускаемое с 1999 г. В этом выпуске приведены сведения о физико-химических и биологических показателях, данные о вылове рыбы, показатели рекреационной нагрузки. Материалы режимных наблюдений 2014 г. сравниваются с результатами, полученными за предыдущий 15-летний период. Описаны климатические особенности 2014 г. в Нарочанском регионе. Представлены результаты измерения общего содержания озона в вертикальном столбе атмосферы, а также уровней и доз приземного УФ-излучения в районе оз. Нарочь. Даны методика и ретроспективный анализ УФ-климата в Нарочанском регионе. Приведены данные измерений распространения УФ и видимого излучения в водной среде природных водоемов Нарочанской группы с помощью разработанного в НИИЦ МО БГУ погружного прибора.

УДК 551.481.1+577.472
ББК 26.22+28.082

ПРЕДИСЛОВИЕ

В очередном выпуске «Бюллетеня экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2014 год)» представлены результаты исследований разных ведомств, которым не безразлична экологическая ситуация Нарочанских озер и всего Нарочанского региона.

Республиканским гидрометеорологическим центром даны сведения о климатических особенностях на территории Беларуси, в частности Нарочанского региона, в 2014 г. Характеристика водного режима озер Нарочь и Мястро приведена для 2013 г.

Гидроэкологическая характеристика озер в подледный период 2013–2014 гг. и вегетационный сезон (май – октябрь) 2014 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. Следуя данному регламенту, в 2014 г. в пелагической зоне озер на станциях постоянных наблюдений (рисунок на второй стороне обложки) общепринятыми методами измеряли прозрачность воды по белому диску, распределение по столбу воды температуры и растворенного в воде кислорода. Для гидрохимического и гидробиологического анализов с учетом батиметрических данных отбиралась интегральная проба, отражающая средний состав озерной воды. В этой пробе в лабораторных условиях стандартными методами измеряли общее содержание взвешенных веществ, в том числе минеральной составляющей, концентрацию органических и биогенных веществ (азот и фосфор), скорость биохимического потребления кислорода за первые и пятые сутки в стандартных условиях (при 20 °С в темноте), скорости продукционно-деструкционных процессов планктонного сообщества *in situ* на глубине оптимального фотосинтеза, показатель рН и электропроводность воды. Определялись структурные показатели планктонной биоты: содержание хлорофилла в сестоне, видовой состав, доминирующие комплексы видов фито- и зоопланктонных сообществ, численность, биомасса фито-, зоо- и бактериопланктона. Приведены сведения о видовом составе, плотности и биомассе макрозообентоса. Применяемые методы и методики более подробно описаны в соответствующих разделах.

Материалы режимных наблюдений 2014 г., как и во всех предыдущих выпусках «Бюллетеня...», сравниваются с данными, полученными за предшествующий год и многолетний период. Представлены результаты измерения общего содержания озона в вертикальном столбе атмосферы (ОСО), а также уровней и доз приземного УФ-излучения в районе оз. Нарочь. Разработана методика, и проведен ретроспективный анализ УФ-климата в Нарочанском регионе. Проведены измерения распространения УФ и видимого излучения в водной среде природных водоемов Нарочанской группы с помощью погружного прибора, разработанного в НИИЦ МО БГУ.

Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси предоставил данные 2014 г. о режиме подземных вод в Нарочанском регионе.

Научным и туристическим отделами ГПУ «Национальный парк “Нарочанский”» представлены материалы о рекреационной нагрузке на побережье Нарочанских озер в 2014 г.

Приведены материалы о вылове рыбы в озерах, дополнена многолетняя динамика промыслового вылова рыбы.

Выпуск подготовили:

Предисловие. *Т. В. Жукова* (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ), *Т. М. Михеева* (НИЛ гидроэкологии БГУ).

Раздел 1. Климатические особенности 2014 года в Нарочанском регионе. *А. Г. Гончар, В. И. Мельник, Е. В. Комаровская* (ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр»).

Раздел 2. Водный режим озер Нарочь и Мястро в 2013 году. *Л. Н. Журавович, Е. Г. Квац, Н. С. Шевцова* (РГМЦ) при участии *В. С. Теляка, К. В. Хотяновича* (озерная станция «Нарочь», Минский облгидромет).

Раздел 3. Гидроэкологическая характеристика Нарочанских озер в осенне-зимний период 2013–2014 годов и весной 2014 года. *Т. В. Жукова, Р. З. Ковалевская, Ю. К. Верес, Б. В. Адамович, И. В. Савич, В. С. Карбанович* при участии *А. Ю. Азаренкова, Э. А. Журавлевой* (подраздел 3.1) (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ, НИЛ гидроэкологии БГУ); *Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова* (подраздел 3.2); *И. Н. Селивончик* (подраздел 3.3); *Л. В. Никитина* (подраздел 3.4) (НИЛ гидроэкологии БГУ).

Раздел 4. Гидроэкологическая характеристика Нарочанских озер в вегетационном сезоне 2014 года. *Т. В. Жукова, Ю. К. Верес, Б. В. Адамович, И. В. Савич, В. С. Карбанович* при участии *А. Ю. Азаренкова, Э. А. Журавлевой* (подразделы 4.1–4.8, 4.10, 4.11) (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ); *Р. З. Ковалевская, Н. В. Дубко* (подразделы 4.9–4.10); *Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова* (подраздел 4.12); *И. Н. Селивончик* (подраздел 4.13); *Л. В. Никитина* (подраздел 4.14); *О. А. Макаревич* (подраздел 4.15) (НИЛ гидроэкологии БГУ).

Раздел 5. Результаты измерений уровней УФ-облученности в водных средах озер Нарочанской группы и ретроспективная оценка режима УФ-радиации в приземном слое атмосферы в районе оз. Нарочь. *И. И. Бручковский, В. Я. Венчиков, В. С. Демин, В. Н. Денисенко, А. Н. Красовский, А. Г. Светашев, В. Л. Тавгин, Л. Н. Турышев* (ННИЦ МО БГУ).

Раздел 6. Гидродинамические параметры подземных вод в районе оз. Нарочь в 2014 году. *А. Г. Аронов, Т. И. Аронова* (ГУ «Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси»).

Раздел 7. Показатели рекреационной нагрузки на побережье Нарочанских озер в 2014 году – *В. С. Люштык* при участии *Л. С. Кравчонок, О. С. Ежовой, О. В. Шукейло* (ГПУ «НП Нарочанский»).

Раздел 8. Вылов рыбы. *О. В. Шукейло* (ГПУ «НП Нарочанский»).

Заключение. *Т. М. Михеева* (НИЛ гидроэкологии БГУ), *Т. В. Жукова* (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция имени Г. Г. Винберга» БГУ).

1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2014 г. В НАРОЧАНСКОМ РЕГИОНЕ

2014 год был теплым. Средняя годовая температура воздуха составила 7,1 °С, что на 1,9 °С выше климатической нормы.

В течение года в большинстве месяцев (9 из 12) температура воздуха превышала климатическую норму. Положительная аномалия температуры воздуха удерживалась с февраля по май включительно и с июля до конца года, исключая октябрь, когда температура была равна климатической норме. Максимального значения положительное отклонение температуры воздуха от климатической нормы достигло в марте (+6,6 °С). Лишь немногим меньше оказалась февральская аномалия (+5,4 °С). И только в январе и июне отклонение температуры воздуха от климатической нормы было отрицательным. Температура воздуха этих месяцев оказалась ниже климатической нормы на 0,5 и 0,9 °С соответственно.

Теплыми были все сезоны года, а наибольшая положительная аномалия (+3,7 °С) наблюдалась в весенний сезон. Средняя за сезон температура воздуха составила +8,2 °С. Аномалия зимы +3,1 °С, лета и осени +1,1 и +0,6 °С соответственно.

Зима 2013–2014. Средняя температура воздуха за зимний сезон 2013–2014 гг. составила –2,6 °С, что выше климатической нормы на 3,1 °С. В эту зиму очень теплыми были декабрь и февраль и холодным – январь.

Средняя температура воздуха января 2014 г. была близка к климатической норме и составила –7,2 °С (при норме –6,7 °С). В феврале 2014 г. средняя температура воздуха составила –1,0 °С, что на 5,4 °С выше климатической нормы. Таким и еще более теплым февраль бывает примерно один раз в 7 лет.

Весна 2014. Средняя за весенний сезон температура воздуха составила +8,3 °С, что выше климатической нормы на 3,7 °С. Средняя температура воздуха всех весенних месяцев превышала климатическую норму.

Особенно теплым выдался март со средней температурой воздуха +4,2 °С, что на 6,6 °С выше нормы. Наиболее теплая погода установилась с 21 по 27 марта, когда в дневные часы температура воздуха превышала 15-градусную отметку. В апреле средняя температура воздуха составила 7,5 °С, что на 3,1 °С выше климатической нормы. Такой теплый апрель бывает примерно один раз в 10 лет. Май 2014 г. в целом выдался теплым. В первой половине мая было прохладно. Очень тепло было в период 17–27 мая, когда в дневные часы температура воздуха превышала +25 °С. Так и еще теплее бывает примерно 1 раз в 9 лет. Средняя температура мая составила 13,1 °С, что на 1,2 °С выше климатической нормы.

Лето 2014. Преобладала теплая погода. Средняя температура воздуха за летний сезон составила +17,2 °С, что на 1,1 °С выше климатической нормы. Таким и более теплым лето бывает примерно один раз в 10 лет.

По температурному режиму летний сезон оказался неоднородным. Прохладным был июнь со средней температурой воздуха 14,5 °С, что ниже климатической нормы на 0,9 °С.

Самым теплым выдался июль, когда средняя температура воздуха составила +19,5 °С, что выше климатической нормы на 2,2 °С.

В августе также преобладала теплая погода со средней температурой воздуха +17,6 °С, что выше климатической нормы на 1,9 °С. Очень жаркая погода установилась с середины июля и продолжалась до середины августа. В большинстве дней этого периода днем столбик термометра поднимался до +25 °С и выше, нередко до +30 °С.

Осень 2014 г. была несколько теплее обычного. Средняя температура воздуха осеннего сезона составила +6,5 °С при климатической норме +5,9 °С. Наибольшие положительные отклонения отмечены в сентябре (+1,0 °С) и ноябре (+0,7 °С).

Сентябрь в этом году был теплым. Температура воздуха за месяц составила +12,3 °С, что выше климатической нормы на 1,0 °С.

По температурному режиму октябрь 2014 г. был близок к климатической норме. Температура воздуха октября составила +5,9 °С, что соответствует климатической норме.

Средняя температура воздуха за ноябрь 2014 г. составила +1,2 °С, что выше климатической нормы на 0,7 °С. 18 ноября произошел переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения.

И закончился 2014 г. теплым декабром со средней температурой воздуха –2,3 °С, что выше климатической нормы на 1,7 °С.

За 2014 г. выпало 699 мм осадков, или 98,7 % нормы. Влажной была лишь весна, когда за сезон выпало 224 мм осадков, или 146 % климатической нормы. Количество осадков за зиму и лето было близким к норме.

Очень сухая погода стояла в осенний сезон. Выпало лишь 87 мм осадков, что составляет 52 % климатической нормы за сезон. Такое малое количество осадков за осень зарегистрировано впервые за весь период наблюдений.

Наиболее влажным был май. В этом месяце количество осадков составило 146 мм, или 235 % нормы. Самыми сухими месяцами были октябрь и ноябрь, за октябрь выпало 30 мм осадков, за ноябрь – 14 мм, или 59 и 26 % нормы.

В 2014 г. не отмечалось большого количества опасных и неблагоприятных явлений. В отдельные сутки были сильные дожди, усиление ветра. Наиболее заметным неблагоприятным явлением была жара, установившаяся с середины июля до середины августа.

Элементы климата в Нарочанском регионе в 2014 г. даны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Элементы климата в Нарочанском регионе в 2014 г.

Месяцы												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
Суммарная по месяцам и за год ФАР* (МДж/м²)*												
40	58	154	258	300	286	354	264	172	96	32	19	2033
Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)												
–7,2	–1,0	4,2	7,5	13,1	14,5	19,5	17,6	12,3	5,9	1,2	–2,3	7,1
Суммарное по месяцам и за год количество осадков (мм)												
45	42	40	38	146	76	42	112	43	30	14	71	699
Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)												
1,7	0,9	1,4	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0	0,7	0,9	1,1	1,1	1,2
Повторяемость (%) направления ветра и штилей												
С	6	0	8	10	12	8	9	1	9	7	2	3
СВ	12	0	5	7	11	4	16	11	7	14	4	2
В	38	31	18	27	16	9	34	13	36	30	52	8
ЮВ	12	29	6	11	7	6	8	7	9	8	18	13
Ю	6	9	5	8	9	3	7	12	4	14	18	20
ЮЗ	10	19	14	11	10	12	1	18	5	10	2	28
З	10	12	31	17	14	36	15	32	18	13	4	20
СЗ	6	0	13	9	21	22	10	6	12	4	0	6
Штиль	13	42	27	37	35	33	46	33	46	32	29	29

* Информация представлена по ближайшей к озерной станции «Нарочь» МС г. п. Шарковщина Витебской области.

2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕР НАРОЧЬ И МЯСТРО В 2013 г.

2.1. Ледовые явления, толщина льда и снежный покров

Зимний период на водоемах наступил на 1–2 декады позже обычных сроков – устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения произошел 2 декабря.

Появление первых ледовых образований зимой 2012–2013 гг. было отмечено 4 декабря на оз. Мястро и 7 декабря на оз. Нарочь. Это позже среднемноголетних сроков на 20 и 14 дней для озер Мястро и Нарочь соответственно.

Ледостав на оз. Мястро образовался 13 декабря, а на оз. Нарочь – 17 декабря, что соответственно на 6 и 4 дня позже обычных дат.

Переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения осуществился 11 апреля, что на 13 дней позже средних многолетних дат.

Разрушение льда на озерах началось во второй декаде апреля, что позже среднемноголетних сроков на 17 дней на оз. Мястро и на 15 дней на оз. Нарочь (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1

Ледовые явления на участке поста наблюдений за 2012–2013 гг. и многолетний период (средние значения)

Период	Осенне-зимние ледовые явления				Весенние ледовые явления			Продолжительность ледовых явлений	Продолжительность периода, свободного ото льда
	Дата		Продолжительность, дни		Дата				
	появления ледовых образований	начала ледостава	осенних ледовых явлений	ледостава	начала разрушения льда	окончания ледостава	очистения ото льда		
Озеро Мястро									
2012–2013	04.12	13.12	9	135	12.04	26.04	27.04	15	225
1961–2013	14.11	07.12	16	124	26.03	08.04	13.04	19	221
Озеро Нарочь									
2012–2013	07.12	17.12	10	133	13.04	28.04	29.04	16	224
1944–2013	23.11	13.12	15	120	29.03	11.04	16.04	17	226

Продолжительность ледостава на рассматриваемых водоемах была выше среднемноголетних значений. На оз. Мястро продолжительность составила 135 дней, на оз. Нарочь – 133 дня.

Полное очищение водной поверхности ото льда произошло 27 апреля на оз. Мястро и 29 апреля на оз. Нарочь, что позже средних многолетних сроков на 14 дней.

Наибольшая толщина льда на оз. Мястро отмечена 31 марта и составила 57 см, что на 10 см больше средней многолетней величины (47 см). При этом наибольшая толщина льда за весь период наблюдений отмечалась в 1963 г. и составила 75 см.

Наибольшая толщина льда на оз. Нарочь отмечена 10 апреля и составила 58 см, что на 9 см больше средней многолетней величины (49 см). Наибольшая толщина льда на оз. Нарочь за весь период наблюдений была отмечена в 1947 г. и составила 79 см.

Максимальная высота снега на льду наблюдалась в первой декаде февраля и составила на оз. Мястро 23 см, а на оз. Нарочь – 38 см (табл. 2.1.2).

Таблица 2.1.2

Толщина льда и высота снега на льду у берега (см) на последний день декады, наибольшая за сезон 2012–2013 гг. и за многолетний период

Период	Число	Месяцы												Наибольшая толщина, дата, число случаев
		XI		XII		I		II		III		IV		
		снег	лед	снег	лед	снег	лед	снег	лед	снег	лед	снег	лед	
Озеро Мястро														
2012–2013	10					4	29	23	38	5	47	12	54	57 31.03 1
	20			4	13	12	30	16	37	11	52	–	–	
	послед. день			1	25	18	38	6	45	15	57			
Наибольшая за многолетие (1961–2013)														75 31.03.63 1
Озеро Нарочь														
2012–2013	10					2	34	38	48	17	51	19	58	58 10.04 1
	20			1	19	11	36	29	46	13	54		47	
	послед. день			1	30	16	45	26	47	12	57			
Наибольшая за многолетие (1944–2011)														79 10.03–20.03.47 3

Примечание. «–» – явление было, но нельзя было измерить.

2.2. Температура воды у берега и в поверхностном слое воды на акватории озер Мястро и Нарочь

Позднее очищение озер ото льда оказало влияние на более поздний переход температуры воды у берега через 0,2 °С на оз. Мястро на 28 дней, а на оз. Нарочь – на 20 дней по сравнению со средними многолетними датами перехода.

Низкие температуры воздуха в конце марта – первой декаде апреля обусловили более поздний переход температуры воды через 4 °С (на 9–10 дней позже средних многолетних сроков).

Высокие температуры воздуха во второй половине апреля – начале мая обусловили близкие к средним многолетним значениям даты перехода температуры воды через 10 °С. На оз. Мястро переход через 10 °С произошел 7 мая, а на оз. Нарочь – 17 мая.

Температура воды у берега на рассматриваемых озерах в апреле была ниже, а в мае – выше средних многолетних значений.

Лето и осень характеризовались повышенным температурным режимом (на 1,2–1,9 °С выше нормы), что привело к повышенным значениям температуры воды у берега в эти периоды по сравнению со средними многолетними значениями (табл. 2.2.1).

Таблица 2.2.1

Температура воды (°С) у берега за 2013 г. и многолетний период

Период	Дата перехода температуры весной			IV			V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
	0,2°	4°	10°	1	2	3							1	2	3
Озеро Мястро															
2013	21.04	25.04	07.05		0,1	3,7	15,3	22,2	22,0	20,7	15,4	9,3	7,7	5,9	4,1
1962–2013	24.03	15.04	07.05	2,8	5,0	7,9	13,4	18,5	20,6	19,4	14,0	7,8	4,0	2,6	1,7
Озеро Нарочь															
2013	23.04	01.05	17.05		–	2,0	15,0	21,7	21,1	20,4	15,3	9,4	7,6	5,4	3,9
1945–2013	03.04	20.04	13.05	1,5	3,8	7,0	11,9	17,1	19,6	19,0	14,2	8,0	4,2	2,8	1,7
Период	Дата перехода температуры воды осенью						Высшая температура								
	10°		4°		0,2°		t°		дата						
Озеро Мястро															
2013	18.10		26.11		*		27,1		23.06						
1962–2013	10.10		12.11		10.12		29,1		17, 23.07.10						
Озеро Нарочь															
2013	30.10		26.11		15.01.14		27,0		05.07						
1945–2013	10.10		12.11		09.12		29,7		16.08.10						

* Дата перехода температуры воды осенью через 0,2 °С не выбрана в связи с закрытием поста 31.12.2013 г.

Положительная аномалия температуры воздуха была отмечена во всех осенних месяцах, что привело к смещению перехода температуры воды через пороговые отметки на более поздние сроки.

Переход температуры воды через 10 °С в сторону понижения наблюдался 18 октября на оз. Мястро и 30 октября на оз. Нарочь.

Переход температуры воды через 4 °С произошел на рассматриваемых озерах 26 ноября, что в среднем на 15 дней позже средних многолетних сроков.

Переход температуры воды через 0,2 °С в сторону понижения на оз. Нарочь произошел 15 января 2014 г., что на 37 дней позже средних многолетних дат.

Температура воды поверхностного слоя на акватории водоемов в течение 2013 г. была значительно выше средних многолетних значений (табл. 2.2.2).

Максимум температуры воды на оз. Мястро был отмечен 23 июня и составил 27,1 °С, что на 0,9 °С выше среднего многолетнего значения.

Максимальная температура воды на оз. Нарочь наблюдалась 5 июля и составила 27,0 °С, что на 1,9 °С выше среднего многолетнего значения.

Таблица 2.2.2

Температура поверхностного слоя воды (°С) на акватории за 2013 г. и многолетний период (средние значения)

Период	IV			V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			XII		
	1	2	3							1	2	3	1	2	3
Озеро Мястро															
2013			–	15,8	21,6	21,3	21,5	16,3	9,4	8,0	6,6	4,4	2,1	0,8	1,1
1969–2013	2,7	5,4	8,1	13,6	18,5	20,6	19,7	14,4	8,3	4,5	3,3	2,2	1,0	0,4	0,2
Озеро Нарочь															
2013			–	14,4	20,2	21,3	21,3	16,3	9,9	8,2	6,6	4,4	2,5	1,4	1,5
1969–2013	2,0	3,9	6,9	12,0	17,1	19,7	19,3	14,8	9,0	5,1	4,2	2,8	1,3	0,5	0,2

2.3. Уровень воды в озерах Мястро и Нарочь

Средние месячные уровни воды на озерах Мястро и Нарочь в 2013 г. характеризовались значениями, близкими к среднемуголетним, отклонения составили не более 4 см. Исключение – оз. Мястро, где средний уровень за апрель был на 7 см ниже среднего многолетнего значения.

В зимний период наблюдался небольшой подъем уровня воды с максимальными значениями в феврале. Средние месячные уровни воды за период оставались близкими к средним многолетним значениям.

Весенний подъем уровня воды был постепенным, достигнув максимального значения в третьей декаде мая на оз. Нарочь и в конце апреля – начале мая на оз. Мястро. Среднемесячные уровни воды на озерах в весенний период были ниже среднемуголетних значений, за исключением оз. Мястро, где средний уровень за май превысил средние многолетние значения на 4 см.

С июня на озерах наблюдалось снижение уровня воды, продолжавшееся до третьей декады октября.

Наибольший уровень воды на оз. Мястро наблюдался с 29 апреля по 7 мая и составил 202 см, что на 2 см ниже средних многолетних значений. Низший уровень воды на оз. Мястро наблюдался с 17 по 21 октября и составил 177 см, что на 4 см выше средних многолетних значений.

Наибольший уровень на оз. Нарочь наблюдался 9 июня и составил 186 см, что на 2 см ниже средних многолетних значений. Низший уровень воды на оз. Нарочь наблюдался 18 октября и составил 159 см, что на 2 см выше средних многолетних значений (табл. 2.3.1).

Таблица 2.3.1

Средние месячные и характерные уровни воды (см) за 2013 г. и многолетний период

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Озеро Мястро (отметка нуля поста 163,65 м БС)												
2013	184	186	185	191	199	192	183	184	181	179	182	185
1962–2013	185	186	189	198	195	189	186	183	180	180	182	183
Озеро Нарочь (отметка нуля поста 163,65 м БС)												
2013	168	173	172	176	178	179	174	176	172	167	169	169
1945–2013	169	172	174	179	181	179	176	173	169	166	166	167
Период	Среднегодовой	Высший			Низший			Годовая амплитуда				
		H _{макс}	дата		H _{мин}	дата						
Озеро Мястро (отметка нуля поста 163,65 м БС)												
2013	186	202	29.04–07.05(8)	177	17–21.10(5)	25						
1962–2013	186	204*	21.04	173*	19.09	30						
Озеро Нарочь (отметка нуля поста 163,65 м БС)												
2013	171	186	09.06	159	18.10	26						
1945–2013	173	188*	03.05	157*	14.10	32						

*Для высшего и низшего уровней воды приведены средние значения из характерных уровней и средняя дата наступления этой характеристики.

Средний уровень воды за календарный год на рассматриваемых озерах соответствовал среднему многолетнему значению. Годовая амплитуда уровня воды на оз. Мястро – 25 см, на оз. Нарочь – 27 см, что ниже среднего многолетнего значения на 5 см.

2.4. Поверхностный приток в оз. Нарочь по впадающим ручьям, протоке Скема и сток по р. Нарочь

Поверхностный приток за 2013 г. в оз. Нарочь по впадающим ручьям и протоке Скема был ниже средних многолетних значений.

Средние месячные расходы воды по основным притокам и р. Нарочь, вытекающей из оз. Нарочь, на фоне средних многолетних значений представлены в табл. 2.4.1, 2.4.2.

Поверхностный приток в зимний период в сравнении с многолетними значениями был ниже во все месяцы по впадающему ручью у с. Антонисберг и составил 52–67 % от нормы. По протоке Скема значения средних месячных расходов за весь сезон были выше средних многолетних (107–112 % от нормы). По ручьям без названия (б/н) у к. п. Нарочь и с. Купа наибольшие значения средних месячных расходов пришлось на февраль (110–146 % от нормы).

Таблица 2.4.1

Средние месячные расходы воды по ручьям (л/с), впадающим в оз. Нарочь, и протоке Скема (м³/с) за 2013 г. и многолетний период

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ручей б/н – к. п. Нарочь (площадь водосбора 2,92 км²)												
2013	6,26	6,71	4,69	26,7	11,1	2,03	2,70	1,94	1,72	2,82	5,62	6,75
1962–2013	6,75	6,12	12,4	22,1	11,7	6,72	4,01	3,87	3,99	5,35	7,40	6,70
Текущий год по отношению к многолетнему периоду, %	96	110	38	121	95	30	67	50	43	53	76	101
Ручей б/н – с. Купа (площадь водосбора 2,10 км²)												
2013	3,41	5,30	5,31	7,36	4,36	2,69	2,48	2,23	2,48	2,08	3,57	3,43
1963–2013	3,62	3,64	5,70	8,80	5,49	4,07	3,17	2,94	3,01	3,64	4,13	3,90
Текущий год по отношению к многолетнему периоду, %	94	146	93	84	79	66	78	76	82	57	86	88
Ручей б/н – с. Антонисберг (площадь водосбора 5,56 км²)												
2013	18,7	21,0	17,8	111	30,6	8,00	4,89	6,48	4,48	6,49	16,7	19,3
1963–2013	30,4	31,7	75,7	105	35,0	19,6	13,7	10,4	11,4	20,3	30,3	30,2
Текущий год по отношению к многолетнему периоду, %	62	66	24	106	87	41	36	62	39	32	55	64
Протока Скема – с. Никольцы (площадь водосбора 133 км²)												
2013	0,81	0,85	0,73	1,12	1,49	0,73	0,41	0,39	0,38	0,51	0,73	0,86
1961–2013	0,75	0,79	0,96	1,67	1,33	0,75	0,49	0,44	0,44	0,51	0,64	0,69
Текущий год по отношению к многолетнему периоду, %	108	108	76	67	112	97	84	89	86	100	114	125

Период	Средне- годовой	Наибольший		Наименьший			
				периода открытого русла		зимнего периода	
		Q_{\max}	дата	Q_{\min}	дата	Q_{\min}	дата
Ручей б/н – к. п. Нарочь (площадь водосбора 2,92 км²)							
2013	6,59	104	18.04	0,40	11.12.07	3,40	06.12.12. 24.03
1962–2013	8,09	273	05.08.79	нб (27 %)	08.06–12.10.92 (119)	нб (12 %)	11.12.96–28.02.97 (80)
Ручей б/н – с. Купа (площадь водосбора 2,10 км²)							
2013	3,73	24,7	31.07	0,80	08.09.08	2,30	24.12.12
1962–2013	4,34	86,5	07.06.94	нб (22 %)	04.07–19.10.02 (108)	нб (18 %)	26.11.02–27.03.03 (121)
Ручей б/н – с. Антонисберг (площадь водосбора 5,56 км²)							
2013	22,1	518	17.04	1,70	12.07	11,5	16.12.12
1962–2013	34,4	1600	05.10.78	нб (24 %)	08.06–30.10.01 (106)	нб (10 %)	21.01–21.03.69. 06.12.02–11.03.03 (120)
Протока Скема – с. Никольцы (площадь водосбора 133 км²)							
2013	0,75	1,82	28.29.04	0,35	12–26.09 (14)		
1962–2013	0,79	3,98	07.05.64	0,43	13.09–07.10.02 (25)		

Таблица 2.4.2

Средние месячные расходы воды (м³/с) по р. Нарочь, вытекающей из оз. Нарочь, за 2013 г. и многолетний период

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
р. Нарочь – с. Черемшицы (площадь водосбора 337 км²)												
2013	1,83	2,24	1,87	3,14	2,71	2,35	1,41	1,27	1,14	1,31	2,06	2,33
1962–2013	1,69	1,74	2,38	3,28	2,79	1,97	1,34	1,09	1,08	1,34	1,61	1,68
Текущий год по отношению к многолетнему периоду, %	108	129	79	96	97	119	105	117	106	98	128	139
Период	Средне- годовой	Наибольший		Наименьший								
				периода открытого русла		зимнего периода						
		Q_{\max}	дата	Q_{\min}	дата	Q_{\min}	дата					
р. Нарочь – с. Черемшицы (площадь водосбора 337 км²)												
2013	1,97	4,69	19.04	1,08	20.09–01.10 (8)	1,18	26.12.12					
1962–2013	1,82	6,21	29.03.10	0,22	02–05.10.02 (4)	0,57	29.12.02–12.01.03 (9)					

Сток из оз. Нарочь в зимний период был выше средних многолетних значений и составил 107–129 % от нормы.

Наибольшие значения средних месячных расходов воды за весенний период наблюдались по впадающим ручьям в апреле, а по протоке Скема – в мае. В апреле на всех притоках, кроме ручья б/н – Купа, отмечен наибольший расход воды за год.

Сток из оз. Нарочь во все весенние месяцы был ниже средних многолетних значений и составил 79–97 % от нормы. В апреле наблюдался наибольший расход воды за год.

Летом значения средних месячных расходов воды по впадающим ручьям и протоке Скема были ниже средних многолетних значений. Сток из озера по р. Нарочь в летний период был выше средних многолетних значений и составил 105–119 % от нормы.

В осенний период поверхностный приток по впадающим ручьям был ниже средних многолетних значений и составил 32–86 %. Приток по протоке Скема был близок или выше средних многолетних значений (100–114 % от нормы).

Сток из оз. Нарочь был близок к средним многолетним значениям в октябре (98 %) и выше в ноябре (128 % от нормы).

3. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2013–2014 гг. И ВЕСНОЙ 2014 г.

3.1. Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы

В Малом плесе оз. Нарочь наблюдения проводили в период осенней гомотермии – в начале второй декады ноября при температуре воды по всему водному столбу, равной 7,9 °С. В середине февраля и апреле наблюдения были выполнены в пелагической зоне всех трех озер.

Зимний период 2014 г. отличался экстремально коротким сроком ледостава. По нашим наблюдениям, в Малом плесе оз. Нарочь ледостав образовался 17 января 2014 г., полное его разрушение произошло 26 марта 2014 г. Подледный период длился примерно 68 суток и оказался в ряду самых коротких за последние годы, как указано в табл. 3.1.1. Еще одной особенностью подледного периода было небольшое количество атмосферных осадков (снега), что обусловило необычно высокую прозрачность ледового покрова.

Таблица 3.1.1

Сроки и продолжительность ледостава в оз. Нарочь в 2005–2014 гг.

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
2012–2013	16–17.12.12	27–28.04.13	132
2013–2014	17.01.14	26.03.14	68

Как следует из представленных в табл. 3.1.2 данных, прозрачность воды в оз. Нарочь во время осенней гомотермии была равна 7,80 м. Содержание растворенного в воде кислорода (определяли методом Винклера) распределялось по столбу воды равномерно при насыщении 93–94 %. Поздний ледостав на озерах (в середине января) обусловил сравнительно небольшие градиенты температуры воды и содержания кислорода между подповерхностным и придонным слоями в феврале, как свидетельствуют приведенные в табл. 3.1.2 данные. Во второй половине подледного сезона прозрачность воды в оз. Нарочь увеличилась по сравнению с осенним периодом до 8,40 м, в оз. Мястро она составила 4,10 м, а в оз. Баторино – 2,80 м. В связи с особенностями нынешнего зимнего сезона кислородный

режим в результате подледного фотосинтеза в толще всех трех озер оставался благоприятным для гидробионтов. За полтора месяца до вскрытия ото льда (позднее лед стал опасным для проведения наблюдений) насыщение придонных слоев кислородом в оз. Нарочь составляло 95 %, в оз. Мястро – 92 % и в оз. Баторино – 56 %, а в подповерхностном слое оно несколько превышало 100 % (102 % в озерах Нарочь и Баторино и 113 % в оз. Мястро).

Таблица 3.1.2

**Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы
в Нарочанских озерах в осенне-зимний период 2013–2014 гг. и весной 2014 г.**

Дата	Прозрачность, м	Горизонт, м	Температура, °С	Растворенный в воде кислород	
				мг/л	насыщение, %
Озеро Нарочь, Буй-1					
12.11.2013	7,8	0,5	5,8	10,38	82,9
		3,0	5,8	10,41	83,1
		6,0	5,8	10,53	84,1
		8,0	5,8	10,38	82,9
		12,0	5,8	10,38	82,9
		16,0	5,8	10,36	82,6
10.02.2014	8,4	2,0	1,0	14,65	102,8
		9,0	1,1	14,35	101,0
		15,0	1,9	13,15	94,6
14.04.2014	7,0	0,5	5,6	12,81	101,7
		3,0	5,6	12,89	102,4
		6,0	5,6	12,89	102,4
		8,0	5,6	12,84	102,0
		12,0	5,6	12,87	102,2
		16,0	5,5	12,84	101,7
Озеро Нарочь, Буй-2					
14.04.2014	7,5	0,5	5,2	13,01	102,3
		3,0	5,2	13,01	102,3
		6,0	5,2	13,01	102,3
		8,0	5,2	13,04	102,5
		12,0	5,2	13,01	102,3
		16,0	5,2	13,04	102,5
Озеро Мястро, пелагиаль					
12.02.2014	4,1	1,0	1,2	15,86	112,6
		4,0	1,2	16,23	115,2
		8,0	2,0	12,71	91,7
21.04.2014	4,6	0,5	10,7	11,78	106,3
		4,0	9,1	11,97	103,9
		7,0	7,9	11,84	99,7
		9,0	7,2	10,85	89,9
Озеро Баторино, пелагиаль					
12.02.2014	2,8	1,0	2,0	14,13	102,0
		3,0	2,1	12,62	91,3
		5,0	2,4	7,68	56,0
22.04.2014	1,8	1,0	11,8	12,89	119,3
		3,0	10,4	13,01	116,6
		5,0	9,4	12,07	105,5

В середине апреля в оз. Нарочь температура воды в период отбора составляла 5,5–5,6 °С в Малом плесе и 5,2 °С – в Большом, т. е. была близка к классической границе весеннего перемешивания. Прозрачность воды при этом составляла 7,00–7,50 м, а содержание растворенного в воде кислорода было близким к 100 % насыщения.

В озерах Мястро и Баторино в начале четвертой декады апреля уже наблюдался явный прогрев водной массы, т. е. ситуация, характеризующая начало вегетационного сезона (см. табл. 3.1.2).

В оз. Мястро прозрачность воды несколько возросла по сравнению с подледным периодом (с 4,10 до 4,60 м). Наблюдалась температурная и кислородная стратификация (10,7 °С в поверхностном слое и 7,2 °С – в придонном и соответственно 106,3 и 89,9 % насыщения кислородом). В оз. Баторино вегетационный сезон практически уже начался. Прозрачность воды снизилась с 2,80 м в подледный период до 1,80 м, а содержание растворенного в воде кислорода повысилось до 119 % в поверхностном слое и 106 % – в придонном.

Несмотря на то что в апреле текущего года практически наблюдалось начало вегетационного сезона, гидрохимические и гидробиологические показатели в этот период обсуждаются в данном разделе, а не в разделе 4, так как многолетний тренд интегральных показателей гидроэкологического режима Нарочанских озер приурочен к стандартным срокам вегетационного сезона (май – октябрь).

3.2. Режим взвешенных, органических и биогенных веществ

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.

Концентрацию взвешенных веществ (сестона), как и в предыдущие годы, определяли гравиметрическим методом на ядерных фильтрах Nucleopor с диаметром пор 1,5 и 0,4 мкм. Фильтры с размером пор 1,5 мкм (принятый стандарт в многолетнем мониторинге) использовали также для определения минеральной компоненты (зольности) сестона. Во взвеси, собранной на указанных типах фильтров, определяли содержание хлорофилла-*a* спектрофотометрическим методом ацетоновых экстрактов, рекомендованным рабочей группой ЮНЕСКО [1].

Как следует из приведенных в табл. 3.2.1 данных, наиболее полных для Малого плеса оз. Нарочь, концентрация взвешенных веществ в периоды осеннего и весеннего перемешивания, а также во время подледного периода (по результатам определения в интегральной пробе на фильтрах 1,5 мкм) колебалась незначительно, составляя 0,7–0,8 мг/л при примерно равном соотношении органической и минеральной компонент. Однако значительная доля взвеси в оба периода была представлена мелкодисперсной фракцией (46 и 34 %). Относительная доля данной фракции рассчитана по разности результатов, полученных на фильтрах 0,4 и 1,5 мкм. В озерах Мястро и Баторино, где в апреле, как уже упоминалось, наблюдался значительный прогрев водной массы, концентрация сестона была близка к летним величинам, составляя соответственно 1,7 и 6,3 мг/л во взвеси на фильтрах 1,5 мкм. С увеличением трофности озер закономерно снижалась доля мелкодисперсной фракции, составившая 37 % (средняя для двух плесов) в оз. Нарочь, 20 и 8 % соответственно в озерах Мястро и Баторино.

Результаты определения содержания хлорофилла *a* в сухой массе сестона, представленные в табл. 3.2.1, как было принято в многолетнем мониторинге, приведены без поправки

на присутствие феопигментов. Поздний ледостав, малое количество снега на поверхности льда обусловили подледное развитие фитопланктона. В оз. Нарочь в феврале величины хлорофилла были выше, чем в периоды осенней и весенней циркуляции водной массы. В целом в осенне-зимнем сезоне 2013–2014 гг. содержание хлорофилла во всех озерах оказалось выше, чем в аналогичный период предыдущего года. Особенно это проявилось в оз. Баторино, где абсолютное содержание хлорофилла в апреле на порядок превысило уровень предыдущего года (10 мкг/л против менее 1 мкг/л). Более высоким оказалось и относительное содержание хлорофилла в сухой массе сестона, укладываясь для всех озер в пределы 0,14–0,20 %.

Таблица 3.2.1

Концентрация сестона и содержание хлорофилла а в Нарочанских озерах в осенне-зимний период 2013–2014 гг. и весной 2014 г. (интегральная проба)

Показатель	Озеро/дата					
	Нарочь, Малый плес			Нарочь, Большой плес	Мястро	Баторино
	12.11.13	10.02.14	14.04.14	14.04.14	21.04.14	22.04.14
Сестон, мг/л (1,5 мкм)*	0,71	0,77	0,79	0,60	1,69	6,34
Сестон, мг/л (0,4 мкм)*	1,32	н	1,20	1,02	2,12	6,89
Хлорофилл, мкг/л (1,5 мкм)*	1,41	1,55	1,11	1,18	2,82	10,32
Доля в сестоне, %	0,20	н	0,14	0,20	0,17	0,17
Хлорофилл, мкг/л (0,4 мкм)*	2,32	н	1,93	1,94	3,92	13,15
Доля в сестоне, %	0,18	н	0,16	0,19	0,18	0,19
Зольность сестона, процент	51,3	н	48,5	47,6	49,4	53,7
БПК ₋₁ , мг О ₂ /л	0,06	0,64	0,16	0,21	0,31	0,57

* На фильтре с диаметром пор 1,0 мкм; «н» – отсутствие определения.

Высокая доля мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей взвеси отмечена в оз. Нарочь – около 40 % в начале и конце сезона. В озерах Мястро и Баторино доля данной фракции была ниже, составив 28 и 21,5 % соответственно. Очевидно, хотя и менее выражено, чем в случае общей концентрации сестона, проявилась закономерность снижения уровня мелкодисперсной фракции хлорофиллсодержащей компоненты с нарастанием трофности озер. Изложенные выше материалы, основанные на анализе интегральной пробы, отражают динамику концентрации сестона и его хлорофиллсодержащей компоненты в среднем для водной массы в рассматриваемый период. Как показали специальные исследования в условиях короткой малоснежной зимы, распределение общей концентрации сестона и хлорофилла по глубине водного слоя неравномерно, что хорошо отражено приведенными в табл. 3.2.2 материалами.

Таблица 3.2.2

Вертикальное распределение взвешенных веществ и биохимическое потребление кислорода в Нарочанских озерах в середине подледного периода 2013–2014 гг.

Дата	Озеро	Горизонт, м	Сестон, мг/л*	Хлорофилл, мкг/л*,	% в сестоне	БПК ₁ , мг О ₂ /л	БПК ₅ , мг О ₂ /л
10.02.2014	Нарочь, Малый плес	2	1,05	1,96	0,19	0,64	1,75
		9	0,53	1,52	0,29	0,81	1,51
		15	0,74	1,14	0,15	0,46	1,58

Дата	Озеро	Горизонт, м	Сестон, мг/л*	Хлорофилл, мкг/л*	% в сестоне	БПК ₁ , мг О ₂ /л	БПК ₅ , мг О ₂ /л
12.02.2014	Мястро, пелагиаль	1	1,36	4,75	0,35	н	н
		4	2,00	9,21	0,46	н	н
		8	1,82	6,67	0,37	н	н
12.02.2014	Баторино, пелагиаль	1	2,18	2,99	0,14	н	н
		3	3,07	7,41	0,24	н	н
		5	3,21	7,57	0,24	н	н

* На фильтре с диаметром пор 1,0 мкм; «н» – отсутствие определения.

Обращает на себя внимание высокий уровень общей концентрации сестона и хлорофилла в озерах, неравномерность их распределения по глубине водного слоя. Характер вертикального профиля общей концентрации сестона и содержания хлорофилла не всегда совпадали. Высокий процент содержания хлорофилла в сухой массе взвеси в озерах, особенно в оз. Мястро, подчеркивает высокую роль фитопланктона в ее формировании.

В табл. 3.2.3 представлены результаты, отражающие режим органических и биогенных веществ в осенне-зимнем сезоне 2013–2014 гг. 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 [2]. 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 [3]. 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 [4].

Таблица 3.2.3

Гидроэкологические параметры Нарочанских озер в весенне-зимний период 2013–2014 гг. и весной 2014 г. (интегральная проба воды)

Показатель	Озеро/дата					
	Нарочь, Малый плес			Нарочь, Большой плес	Мястро	Баторино
	12.11.13	10.02.14	14.04.14	14.04.14	21.04.14	22.04.14
БПК ₁ , мг О ₂ /л	0,06	0,64	0,16	0,21	0,31	0,57
БПК ₅ , мг О ₂ /л	0,68	1,62	0,96	0,59	1,15	2,05
Аэробная деструкция, мг О ₂ /л · сут	н	н	0,03	0,04	0,23	0,42
Потенциальный фотосинтез, мг О ₂ /л · сут	н	н	0,12	0,13	0,37	0,97
Органический углерод общий, мг С/л	5,39	5,66	5,42	5,75	8,69	11,83
Органический углерод взвешенный, мг С/л	0,17	н	0,20	0,16	0,43	1,47
Общий азот, мг N/л	1,235	0,921	1,031	1,052	н	н
Органический азот, мг N/л	1,136	0,840	0,996	1,025	н	н

Показатель	Озеро/дата					
	Нарочь, Малый плес			Нарочь, Большой плес	Мястро	Баторино
	12.11.13	10.02.14	14.04.14	14.04.14	21.04.14	22.04.14
Сумма минеральных форм азота, мг N/л	0,099	0,081	0,035	0,027	0,063	0,310
Аммонийный азот, мг N/л	0,094	0,031	0,031	0,025	0,053	0,146
Нитратный азот, мг N/л	0,005	0,050	0,004	0,002	0,009	0,160
Нитритный азот, мг N/л	0	0	0	0	0,001	0,004
Общий фосфор, мг P/л	0,010	0,010	0,012	0,012	0,021	0,023
Фосфаты, мг P/л	0	0,002	0,001	0	0,001	0,001
pH	8,04	8,15	8,33	8,01	8,30	8,60
Электропроводность, мкСм	255	308	240	245	346	408

В воде оз. Нарочь концентрация органического вещества в интегральной пробе воды в осенне-зимний период была близка к 5,5 мг С/л. Скорость биохимического потребления кислорода (определялась в термостате при 20 °С в темноте в течение 1 и 5 суток) в расчете на 1 сутки (БПК₁) в осеннее время была равна 0,06 мг O₂/л, а БПК₅ составляло 0,68 мг O₂/л (см. табл. 3.2.3). В подледный период величины данных показателей были значительно выше, как было показано в табл. 3.2.2. Величины БПК₁ по глубине водного слоя колебались в пределах 0,46–0,81 мг O₂/сут и БПК₅ – 1,51–1,75 мг O₂/л. В общем содержании азота (соответственно 1,235 и 0,921 мг N/л в два срока наблюдений) около 90 % приходилось на органические формы. В сумме минеральных соединений осенью и весной доминировала аммонийная форма (соответственно 0,099 и 0,094 мг N/л), а во вторую половину подледного сезона – нитратная форма (0,050 и 0,031 мг N/л в общем запасе, равном 0,081 мг N/л). Концентрация общего фосфора в три срока наблюдений оставалась неизменной и равной 0,010–0,012 мг P/л. Фосфатный фосфор, как и нитритный азот, аналитически не определялся (следовые или нулевые количества).

Во время исследуемого периода активная реакция среды (показатель pH), измеряемая универсальным иономером ЭВ-74, увеличивалась от 8,04 до 8,33 единиц, а общая минерализация, показателем которой служит электропроводность, возросла до максимальных значений (308 мкСм) в подледный период. Возникающие весной в оз. Нарочь небольшие различия величин некоторых показателей между двумя плесами обусловлены различиями условий в период вскрытия озер и характера перемешивания водных масс их акваторий. В озерах Мястро и Баторино значения всех показателей органических и минеральных веществ возрастали в соответствии с увеличением их трофического статуса.

3.3. Фитопланктон

Изучение видового состава и степени развития фитопланктона всех трех озер в осенне-зимний период текущего года, как и во все предыдущие годы, проводили в те же сроки, что и физико-химических и других гидроэкологических показателей, а именно в период осенней гомотермии (середина ноября) при температуре воды по всему водному столбу, равной 7,9 °С, а также в пелагической зоне в середине апреля при сформировавшейся во время подледного периода обратной стратификации водной массы (см. раздел 3.1) с использованием стандартных методов, применяемых нами на протяжении многих лет и неоднократно цитировавшихся в наших публикациях.

Воду со всех глубин (горизонтов), отбирающуюся 2-литровым батометром Рутнера, смешивали в 50-литровом черном баллоне для получения интегральной пробы, отражающей средний состав озерной воды, с последующим определением всех гидрохимических и гидробиологических показателей. Объем воды каждого горизонта в интегральной пробе был пропорционален доле, которую составляет данный слой в общем объеме озера в соответствии с данными батиметрии. Из интегральной пробы отбирали пробу фитопланктона объемом 0,5 л.

Фиксацию проб фитопланктона проводили раствором Утермея в модификации Т. М. Михеевой [5]. В лабораторных условиях пробы отстаивали в затемненном месте не менее недели. Затем их концентрировали до 100–150 мл, аккуратно сливая верхний слой с использованием резинового сифона, затянутого на конце двухслойным мельничным шелковым ситом со стороной ячей 55–60 мкм, переливали в планктонные склянки, в которых продолжали отстаивание в течение 2–3 дней. После этого с помощью медицинского шприца с тонкой виниловой трубкой на конце отсасывали воду, доводя объем пробы до 15–30 мл в зависимости от густоты осадка. Качественный и количественный анализ фитопланктонных проб проводили с помощью светового микроскопа Zeiss Axiolab. Для подсчета мелких представителей фитопланктона использовали камеру Фукс-Розенталя емкостью 3,2 мм³. Подсчет крупных (*Ceratium*, *Asterionella*, *Melosira*, *Aulacoseira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Microcystis*, *Coelosphaerium*, *Anabaena* и др.) проводили в камере объемом 1 мл. Такие крупные колониальные организмы, как *Gloetrichia echinulata*, *Volvox*, считали в камере Богорова, просматривая весь объем сконцентрированной пробы. Оценку биомассы организмов проводили «методом истинных объемов» [6], приравнивая клетку или организм к определенным геометрическим фигурам [7, 8]. Размеры клеток и организмов измеряли под микроскопом с помощью окуляр-микрометра. Удельный вес их принимали равным единице. Общую биомассу фитопланктона находили суммированием биомасс отдельных представителей. Численность фитопланктона выражали в количестве клеток (число одноклеточных водорослей, число клеток в нитях и колониях) в литре (кл/л), биомассу (в расчете на сырое вещество) – в мг/л.

Степень количественного развития фитопланктона обычно выражают величинами его численности и биомассы. Общепринятое выражение численности – общая численность клеток ($N_{\text{общ}}$, кл/л), куда входит число одноклеточных водорослей, число клеток в нитях и колониях. Однако клетки в колонии или нити в процессах метаболизма тесно связаны друг с другом и могут функционировать как единый организм. Ввиду большой трудоемкости обработки фитопланктонных проб при учете его представителей, как правило, ограничиваются подсчетом либо организмов (что проще, так как наряду с одноклеточными организмами, легко поддающимися учету, за единицу учета – организм – принимаются и многоклеточные колониальные, ценобиальные и нитевидные водоросли), либо только клеток (что намного сложнее, поскольку подсчет количества клеток, особенно в колониях цианобактерий (синезеленых водорослей) при микроскопической обработке очень затруднителен). Оба метода имеют свои преимущества и недостатки и необходимы для понимания ряда биологических процессов и установления существующих закономерностей в водных экосистемах. В связи с этим наряду с учетом общего числа клеток нами также приводится учет числа организмов (планктонных единиц), при этом колонии и нити считаются отдельными организмами ($N_{\text{общ орг}}$ /л). Соотношение двух параметров численности отражает степень агрегированности, или «колониальности» (количество клеток, приходящихся на организм), фитопланктонного сообщества в целом и определяется сезонной и межгодовой сукцессией отдельных групп водорослей. Их соотношение с биомассой (B/N) характеризует среднюю массу клетки и организма соответственно [9].

В указанные выше сроки наблюдений 2013–2014 гг. видовой состав фитопланктона озер был более разнообразным, чем в осенне-зимний период 2012–2013 г.: в оз. Нарочь отмечено 27 (против 15), в оз. Мясро – 28 (против 11), в оз. Баторино – 45 (против 10) видов (табл. 3.3.1). Возможно, это связано с более теплыми климатическими особенностями 2013–2014 гг. и малоснежной зимой.

Таблица 3.3.1

Число видов в разных отделах водорослей, обнаруженных в осенне-зимний период в фитопланктоне Нарочанских озер

Отделы водорослей	Озеро Нарочь	Озеро Мястро	Озеро Баторино
Синезеленые (= цианобактерии)	0	1	2
Криптофитовые	4	5	5
Динофитовые	2	1	1
Золотистые	7	9	12
Диатомовые	10	6	9
Эвгленовые	1	2	2
Желтозеленые	0	0	0
Зеленые:	3	4	14
вольвоксовые	1	0	0
хлорококковые	2	4	13
десмидиевые	0	0	1
ВСЕГО	27	28	45

Как следует из табл. 3.3.1, по сравнению с предыдущим годом, когда было отмечено больше видов криптонад, в 2013–2014 гг. более представленными в озерах Нарочь и Мястро были диатомовые и золотистые, криптонады переместились на третью позицию; в оз. Баторино по видовому богатству на первом месте оказались зеленые (хлорококковые), затем расположились золотистые, диатомовые и криптофитовые. В табл. 3.3.2 представлена степень участия доминирующих в осенне-зимний период 2013–2014 гг. видов фитопланктона в общей их численности и биомассе.

Таблица 3.3.2

Доминирующий комплекс видов фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в осенне-зимний период 2013–2014 гг.

Дата, глубина	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-доминанты по биомассе	%
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1				
Накануне ледостава				
12.11.2013 интегральная проба	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	33,3 28,0 21,0	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>	45,7 15,5 11,1 9,1 8,4 5,2
Ледостав				
10.02.2014 2,6 м	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Rhodomonas lens</i>	50,6 22,3 20,7	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chromulina</i> sp. <i>Glenodinium apiculatum</i> <i>Cryptomonas curvata</i>	45,6 15,9 10,9 10,7 6,2 5,8 5,4

Дата, глубина	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-доминанты по биомассе	%
9 м	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	35,7	<i>Rhodomonas lens</i>	52,9
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	25,0	<i>Rhodomonas pusilla</i>	12,1
	<i>Rhodomonas lens</i>	23,8	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	7,8
	<i>Chromulina</i> sp.	9,5	<i>Chromulina</i> sp.	6,2
15 м	<i>Rhodomonas pusilla</i>	31,0	<i>Rhodomonas lens</i>	35,4
	<i>Rhodomonas lens</i>	23,9	<i>Synedra acus</i>	19,0
	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	19,1	<i>Asterionella formosa</i>	11,7
	<i>Chromulina</i> sp.	14,3	<i>Rhodomonas pusilla</i>	10,0
	<i>Kephyrion</i> sp.	9,5	<i>Synedra ulna</i>	9,5
14.04.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	50,0	<i>Rhodomonas pusilla</i>	28,8
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	23,8	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	27,3
	<i>Dichotomococcus curvatus</i>	7,3	<i>Chromulina</i> sp.	10,0
	<i>Chromulina</i> sp.	6,1	<i>Asterionella formosa</i>	9,6
			<i>Dinobryon sociale</i>	7,4
			<i>Gomphonema</i> sp.	5,3
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2				
Ледостав				
14.04.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	38,8	<i>Asterionella formosa</i>	13,4
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	20,5	<i>Rhodomonas pusilla</i>	12,6
	<i>Pseudokephyrion entzii</i>	14,0	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	10,8
	<i>Chromulina</i> sp.	8,6	<i>Woloszynskia ordinata</i>	8,4
			<i>Synedra ulna</i>	8,2
			<i>Gomphonema</i> sp.	7,3
			<i>Chromulina</i> sp.	7,2
Озеро Мястро				
Ледостав				
12.02.2014 1 м	<i>Cyclotella</i> sp.	97,7	<i>Cyclotella</i> sp.	90,5
4 м	<i>Cyclotella</i> sp.	97,0	<i>Cyclotella</i> sp.	88,0
8 м	<i>Cyclotella</i> sp.	95,2	<i>Cyclotella</i> sp.	69,3
			<i>Cyclotella meneghiniana</i>	20,9
21.04.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	53,3	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	41,1
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	18,3	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	15,1
	<i>Pseudokephyrion entzii</i>	6,7	<i>Cyclotella</i> sp.	11,5
	<i>Cyclotella</i> sp.	5,8	<i>Rhodomonas pusilla</i>	11,5
Озеро Баторино				
Ледостав				
12.02.2014 1 м	<i>Cyclotella</i> sp.	59,9	<i>Cyclotella</i> sp.	67,5
	<i>Kephyrion sphaericum</i>	11,4	<i>Woloszynskia ordinata</i>	10,4
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	10,1	<i>Kephyrion sphaericum</i>	6,5
	<i>Kephyrion planctonicum</i>	5,9		
3 м	<i>Cyclotella</i> sp.	67,6	<i>Cyclotella</i> sp.	80,9
	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	14,4		
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	6,4		
5 м	<i>Cyclotella</i> sp.	82,2	<i>Cyclotella</i> sp.	87,4
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	5,3		
27.04.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	43,1	<i>Woloszynskia ordinata</i>	44,3
	<i>Cyclotella</i> sp.	29,6	<i>Cyclotella</i> sp.	17,4
	<i>Pseudokephyrion entzii</i>	5,9	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	14,7
			<i>Chrysidalis peritaphrena</i>	6,9

В численном и весовом отношениях, как можно видеть из табл. 3.3.2., криптофитовые и накануне ледостава, и в период ледостава лидировали, основная доля и в численности, и в биомассе общего фитопланктона принадлежала в оз. Нарочь мелкоклеточным их представителям: *Rhodomonas pusilla*, *Rh. lens* и *Cryptomonas curvata*. В период ледостава вместе с ними в значительном количестве вегетировали золотистые, из них *Chrysidalis peritaphrena* в более верхних горизонтах (на глубине 2,6 м) составил более 50 % в общей численности фитопланктона, с глубиной его доля уменьшалась: на 9 м – до 35,5 %, на глубине 15 м – до 19,1 %. Вертикальное распределение представителя криптононад *Rh. pusilla*, наоборот, характеризовалось увеличением его численности с глубиной: соответственно 22,3; 25,0 и 31,0 % на тех же глубинах. Из других золотистых водорослей в этот период отмечены *Chromulina* sp. и *Kephyrion* sp., а в Большом плесе также *Pseudokephyrion entzii*. В биомассу в осенне-зимний период наряду с мелкоклеточными криптофитовыми и хризофитовыми вносили вклад и крупноклеточные диатомовые: *Fragilaria crotonensis* (9,1 %), *Cyclotella meneghiniana* (15,5), *Asterionella formosa* (9,6–15,9), *Synedra ulna* (= *Ulnaria*) (8,2–9,5), *S. acus* (19,0 %), а также динофитовые – *Glenodinium apiculatum* (5,8 %) и *Woloszynskia ordinata* (8,4 %), в апреле – крупноклеточный представитель золотистых *Dinobryon sociale* (7,4 %).

В оз. Мястро в подледный период (в феврале) отмечено почти абсолютное доминирование и по численности, и по биомассе представителей рода *Cyclotella* из диатомовых водорослей, в апреле в значительном количестве появились криптоноады (*Rh. pusilla*) и золотистые (*Ch. peritaphrena*). В оз. Баторино основу доминирующего комплекса в феврале составляли также диатомовые (представители рода *Cyclotella*), и входили в него те же, что и в оз. Мястро, представители криптононад и золотистых. В апреле значительным был вклад в биомассу представителя динофитовых *W. ordinata* (44,3 %).

Долевой вклад основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу в озерах в осенне-зимний период приведен в табл. 3.3.3.

Таблица 3.3.3

Абсолютные значения показателей количественного развития общего фитопланктона и долевой вклад (%) основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в 2013–2014 гг. накануне ледостава, в период ледостава

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	криптофитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Численность организмов, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
Накануне ледостава							
12.11.2013 интегральная проба	0,94	0,0	68,3	22,8	3,6	5,3	0,0
Ледостав							
10.02.2014 2,6 м	3,10	0,0	43,5	54,0	1,2	0,00	1,36
9 м	3,15	0,0	49,5	45,2	2,2	1,79	1,24
15 м	0,88	0,0	54,9	43,0	2,1	0,00	0,09
14.04.2014	4,30	0,0	23,8	63,0	5,3	7,93	0,01
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
Ледостав							
14.04.2014	2,47	0,0	21,5	62,6	11,0	4,3	0,6

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Озеро Мястро							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	19,91	0,0	1,5	0,5	97,7	0,3	0,1
4 м	23,41	0,0	2,2	0,2	97,1	0,4	0,1
8 м	8,77	0,0	2,4	0,8	96,0	0,8	0,0
21.04.2014	7,20	0,4	20,0	65,4	10,8	3,3	0,0
Озеро Баторино							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	5,04	0,4	14,8	61,6	20,7	1,1	1,5
3 м	10,17	0,0	11,0	69,8	17,3	1,7	0,2
5 м	8,73	0,3	6,7	84,4	4,7	3,9	0,1
27.04.2014	17,76	1,8	4,4	33,9	54,7	2,6	2,6
Численность клеток, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
Накануне ледостава							
12.11.2013 интегральная проба	1,02	0,0	62,5	20,8	10,3	6,4	0,0
Ледостав							
10.02.2014 2,6 м	3,27	0,0	41,2	51,2	6,3	0,00	1,29
9 м	3,24	0,0	48,2	44,0	4,3	2,32	1,21
15 м	0,95	0,0	50,9	39,9	9,1	0,00	0,09
14.04.2014	4,96	0,0	20,6	56,6	6,9	15,87	0,01
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
Ледостав							
14.04.2014	3,05	0,0	17,5	52,4	16,6	13,1	0,5
Озеро Мястро							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	20,09	0,0	1,4	0,5	96,9	1,1	0,1
4 м	23,61	0,0	2,1	0,2	96,6	1,0	0,1
8 м	9,00	0,0	2,3	0,8	94,3	2,7	0,0
21.04.2014	16,77	53,7	8,6	28,1	4,7	5,0	0,0
Озеро Баторино							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	5,26	4,4	14,1	58,9	20,1	1,0	1,4
3 м	10,36	0,0	10,8	68,8	17,0	3,2	0,2

Дата	Общие величины	Долевой вклад (процент)					
		сине-зеленых	криптофитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
5 м	9,08	3,1	6,4	81,7	4,5	4,2	0,1
27.04.2014	63,33	71,5	1,2	9,5	15,3	1,6	0,7
Биомасса, мг/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
Накануне ледостава							
12.11.2013 интегральная проба	0,63	0,0	70,4	3,1	24,9	1,7	0,0
Ледостав							
10.02.2014 2,6 м	1,29	0,0	61,6	13,0	16,9	0,00	8,41
9 м	1,30	0,0	68,4	14,0	10,8	2,04	4,76
15 м	0,55	0,0	45,4	10,5	42,7	0,00	1,35
14.04.2014	0,71	0,0	28,8	48,3	20,6	1,63	0,67
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
Ледостав							
14.04.2014	0,80	0,0	15,7	25,5	49,3	0,5	9,1
Озеро Мястро							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	4,38	0,0	7,2	0,7	90,9	0,0	1,2
4 м	5,15	0,0	4,8	0,2	93,8	0,0	1,1
8 м	2,41	0,0	6,8	0,6	92,2	0,4	0,0
21.04.2014	2,30	2,0	18,0	21,3	57,0	1,7	0,0
Озеро Баторино							
Ледостав							
12.02.2014 1 м	2,99	0,0	8,0	71,0	9,5	0,3	11,2
3 м	5,98	0,0	5,4	86,5	3,3	1,1	3,6
5 м	5,97	0,0	3,1	93,6	1,1	1,2	1,1
27.04.2014	9,97	2,3	2,2	38,2	11,2	1,7	44,4

Анализ уровня значений абсолютных показателей количественного развития общего фитопланктона озер в осенне-зимний период 2013–2014 гг. (табл. 3.3.3) и их сравнение с таковым 2012–2013 гг. («Бюллетень...». Минск : БГУ, 2014. С. 28–32) показывает кардинальные различия сравниваемых показателей в эти годы, а именно во много раз более высокие величины отмечены в 2013–2014 гг. В начале раздела отмечалось, что и видовое богатство в осенне-зимний период 2013–2014 гг. было гораздо большим, чем в предшествующий год. По степени доминирования основных отделов водорослей также произошли заметные изменения: в озерах Нарочь и Мястро по численности организмов в апреле стало большим относительное участие золотистых (было криптофитовых), в оз. Баторино — диатомовых (было криптофитовых); по численности клеток в оз. Нарочь в ноябре стала выше

доля криптофитовых (было синезеленых), в апреле – золотистых (было криптофитовых); в оз. Мястро – синезеленых и золотистых, в оз. Баторино – синезеленых (была и в том и в другом озере больше доля криптофитовых); в биомассе в Нарочи в ноябре доли криптофитовых и диатомовых почти не изменились по сравнению с 2012–2013 гг., а в апреле стала большей доля диатомовых и в оз. Нарочь и в оз. Мястро (было криптофитовых); в оз. Баторино возросла доля золотистых (было криптофитовых).

3.4. Зоопланктон

Воду со всех глубин (горизонтов), отбирающуюся 2-литровым батометром Рутнера, смешивали в 50-литровом черном баллоне для получения интегральной пробы, отражающей средний состав озерной воды. Объем воды каждого горизонта в интегральной пробе был пропорционален доле, которую составляет данный слой в общем объеме озера в соответствии с данными батиметрии. Из интегральной пробы отбирали пробу зоопланктона объемом 10 л.

Пробы зоопланктона процеживали через планктонную сеть Апштейна с длиной стороны ячейки, равной 64 мкм. Полученный осадок объемом 150 мл сливали в пластиковые бутылки, фиксировали в 4 % растворе формалина и отстаивали не менее 10 суток. С помощью сифона, затянутого синтетическим ситом со стороной ячеи 55 мкм, декантировали верхний слой, не взмучивая осадок, и доводили объем пробы до 50 мл. Из нее с помощью пипет-дозатора отбирали по 2–6 мл (в зависимости от концентрации взвеси в пробе) и проводили качественный и количественный анализ с помощью бинокля Zeiss Stemi 2000 и микроскопа Zeiss Axiolab. Количество организмов учитывали в двух повторностях для каждой пробы в чашке Петри диаметром 40 мм с нанесенным на дно рисунком в виде счетной сетки. Размеры организмов измеряли с помощью окуляр-микрометра. Массу тела рачков определяли расчетным методом в соответствии со степенными уравнениями зависимости массы тела от его длины [10]. Массу коловраток находили, приравнивая форму их тела к определенным геометрическим фигурам [10]. Удельный вес представителей зоопланктона принимали равным единице. Общую биомассу зоопланктона находили суммированием биомасс отдельных представителей.

В текущем году о зимнем развитии зоопланктона можно судить только по разовому отбору проб в подледный период в феврале. Распределение доминирующих групп зоопланктона по численности (N) и биомассе (B) в подледный период представлено в табл. 3.4.1, а их относительные значения в общей N и B зоопланктона – в табл. 3.4.2.

Таблица 3.4.1

Численность (N , тыс. экз/м³) и биомасса (B , г/м³) зоопланктона в озерах в подледный период

Месяц	Cladocera		Copepoda		Rotifera		Суммарная	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1								
II	1,7	0,03	13,2	0,26	9,0	0,02	23,9	0,31
Озеро Мястро, пелагиаль								
II	4,2	0,05	29,8	0,52	17,7	0,02	51,7	0,59
Озеро Баторино, пелагиаль								
II	8,3	0,04	45,8	0,26	89,5	0,12	143,6	0,42

Доля отдельных групп зоопланктона (%) в общей его численности и биомассе в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в феврале 2014 г.

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						
II	7,1	9,7	55,2	83,9	37,7	6,4
Озеро Мястро, пелагиаль						
II	8,1	8,5	57,6	88,1	34,3	3,4
Озеро Баторино, пелагиаль						
II	5,8	9,5	31,9	61,9	62,3	28,6

Во всех трех озерах в процентном отношении доминировали и по численности и по биомассе копеподы. В оз. Баторино, по сравнению с озерами Мястро и Нарочь, было выше относительное значение коловраток.

3.5. Бактериопланктон

Для анализа количественного развития бактериопланктона и его морфометрических параметров применяли метод эпифлуоресцентной микроскопии на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм [11]. Использовали инвертированный микроскоп Axiovert 25 с телекамерой AxioCam MRc. Приготовленные препараты просматривали под иммерсионным объективом (100x). Снимки делали в программе Axiovision Rel. 4.4 по 10 параллельных с каждого фильтра. Обработка полученных данных производилась в программе Image-Pro Plus.

Создан макрос на встроенном макроязыке Image-Pro Plus для автоматизации процесса цветовой и тоновой коррекции изображения и подсчета объектов с выводом их геометрических характеристик.

Макрос выполняет:

- 1) цветоделение изображения с выделением зеленого канала в цветовой модели RGB;
- 2) автоматическое выравнивание плотности фона;
- 3) построение диаграммы оптической плотности изображения;
- 4) тоновую коррекцию изображения методом нормализации диаграммы оптической плотности;
- 5) автоматическую генерацию матрицы параметров счета объектов и предварительный подсчет объектов;
- 6) после предварительного подсчета макрос дает возможность вручную откорректировать подсчитанные объекты (разделение слившихся объектов, удаление из подсчета артефактов изображения, ошибочно идентифицированных как объекты);
- 7) финальный подсчет объектов по откорректированным данным;
- 8) передачу информации по объектам в приложение Microsoft Excel с использованием технологии DDE.

Также создана программа для Microsoft Excel на языке VBA для автоматического ввода формул пересчета в электронной таблице и формирования массива результатов обработки.

Использование вышеописанных программ позволило с большой точностью получить ряд параметров, необходимых для характеристики морфологических особенностей бактерий,

Численность, биомасса бактерий и их морфометрические параметры в озерах Нарочанской группы в осенне-зимний период

Дата	Горизонт, м	Численность, млн кл/мл	Площадь, мкм ²	Отношение длины к ширине	Длина, мкм	Ширина, мкм	Диаметр, мкм	Периметр, мкм	Объем, мкм ³	Биомасса, мг/л									
											\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1																			
12.11.13	интегральная проба	1,58	0,23	0,05	1,31	0,07	0,64	0,08	0,47	0,05	0,51	0,05	1,69	0,23	0,065	0,020	0,103	0,034	
11.02.14	2,0	1,51	0,24	0,07	1,35	0,07	0,64	0,09	0,45	0,06	0,51	0,07	1,71	0,27	0,068	0,032	0,100	0,041	
	9,0	0,96	0,31	0,07	1,36	0,16	0,68	0,11	0,50	0,05	0,55	0,07	1,83	0,27	0,085	0,032	0,075	0,022	
	15,0	0,98	0,30	0,05	1,26	0,08	0,63	0,07	0,46	0,05	0,51	0,05	1,65	0,20	0,066	0,018	0,065	0,031	
14.04.14	$\bar{X} \pm SD$	1,15 ± 0,31	0,25 ± 0,02	1,33 ± 0,06	1,48	0,11	0,65 ± 0,03	0,47 ± 0,02	0,52 ± 0,02	1,73 ± 0,09	0,073 ± 0,010	0,080 ± 0,0018							
	интегральная проба	1,68	0,19	0,24	0,05	0,05	0,67	0,08	0,45	0,05	0,52	0,05	1,75	0,21	0,070	0,021	0,118	0,037	
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2																			
14.04.14	интегральная проба	1,39	0,21	0,23	0,07	0,09	0,66	0,10	0,43	0,06	0,51	0,07	1,71	0,32	0,068	0,031	0,095	0,044	
Озеро Мястро																			
12.02.14	1,0	1,42	0,35	0,27	0,04	1,38	0,11	0,72	0,08	0,49	0,05	0,54	0,05	1,89	0,19	0,079	0,019	0,114	0,045
	4,0	1,52	0,34	0,24	0,04	1,39	0,12	0,67	0,09	0,47	0,05	0,53	0,05	1,76	0,19	0,072	0,019	0,110	0,041
	8,0	2,04	0,27	0,24	0,03	1,38	0,05	0,67	0,06	0,46	0,04	0,52	0,04	1,74	0,16	0,068	0,014	0,139	0,037
21.04.14	$\bar{X} \pm SD$	1,66 ± 0,34	0,25 ± 0,02	1,39 ± 0,01	1,37	0,11	0,69 ± 0,03	0,48 ± 0,02	0,53 ± 0,01	1,79 ± 0,08	0,073 ± 0,006	0,121 ± 0,016							
	интегральная проба	2,52	0,41	0,23	0,04	0,04	0,65	0,05	0,46	0,04	0,52	0,04	1,71	0,17	0,066	0,016	0,169	0,057	
Озеро Баторино																			
11.02.14	1,0	1,18	0,22	0,32	0,11	1,51	0,14	0,80	0,13	0,50	0,09	0,60	0,11	2,14	0,44	0,110	0,058	0,133	0,081
	3,0	1,60	0,34	0,29	0,06	1,46	0,15	0,74	0,10	0,49	0,05	0,57	0,07	1,97	0,29	0,092	0,035	0,151	0,072
	5,0	1,62	0,32	0,31	0,06	1,36	0,09	0,75	0,07	0,54	0,06	0,59	0,07	2,04	0,22	0,104	0,033	0,169	0,066
22.04.14	$\bar{X} \pm SD$	1,47 ± 0,25	0,31 ± 0,02	1,44 ± 0,07	1,53	0,17	0,76 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,59 ± 0,01	2,05 ± 0,08	0,102 ± 0,009	0,151 ± 0,018							
	интегральная проба	1,57	0,40	0,42	0,08	0,08	0,93	0,11	0,55	0,07	0,73	0,07	2,51	0,27	0,171	0,048	0,278	0,140	

провести количественную оценку бактериопланктона и рассчитать его биомассу с учетом размеров каждой бактериальной клетки.

Исследование бактериального сообщества в осенний период проводили на пелагической станции Малого плеса оз. Нарочь. В зимний прослежено вертикальное его распределение в озерах Нарочь, Мястро и Баторино, а после вскрытия озер в апреле исследовались интегральные пробы. Полученные данные по численности, биомассе и морфометрическим параметрам бактериопланктона представлены в табл. 3.5.1.

В оз. Нарочь в среднем для столба воды концентрация бактериопланктона в подледный период составила $1,15 \pm 0,31$ млн кл/мл, в оз. Мястро несколько выше, чем в оз. Баторино, — $1,66 \pm 0,34$ и $1,47 \pm 0,25$ млн кл/мл. Биомасса при этом возрастала в соответствии с трофностью водоемов — $0,080 \pm 0,0018$; $0,121 \pm 0,016$ и $0,151 \pm 0,018$ мг/л. В апреле численность бактерий незначительно возросла по сравнению с подледным периодом во всех трех озерах.

Размерный спектр бактериопланктона представлен на рис. 1.

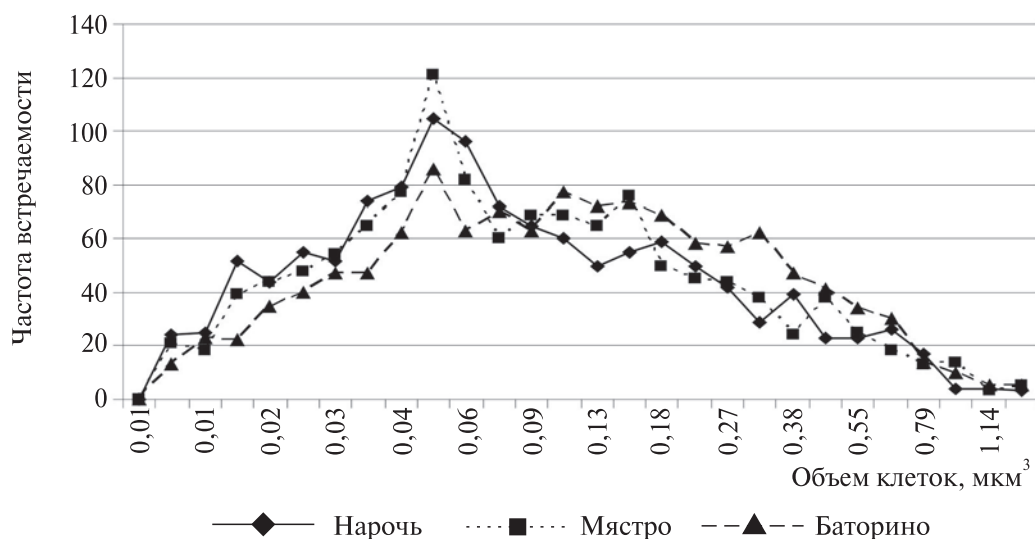


Рис. 1. Частота встречаемости бактериальных клеток разного объема в озерах Нарочь, Мястро и Баторино (февраль, 2014 г.)

Размерный диапазон бактерий находился в пределах $0,012$ – $1,15$ мкм³. Максимальное количество бактериальных клеток во всех озерах в зимний период было представлено в основном мелкими кокками — от $0,04$ до $0,07$ мкм³.

4. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ВЕГЕТАЦИОННОМ СЕЗОНЕ 2014 г.

4.1. Температура воды

Сравнение температурного режима воздуха и воды каждого текущего года с многолетними значениями особенно интересно в меняющихся климатических условиях. На рис. 2 приведены среднемесячные значения температуры воздуха в районе биостанции в апреле – октябре 2008–2014 гг. В текущем году температура воздуха в среднем для апреля была сравнительно высокой, температурный режим во время вегетационного сезона (май – октябрь) характеризовался менее теплыми маем и июнем и близкими к многолетним данным величинами температуры в остальные месяцы.

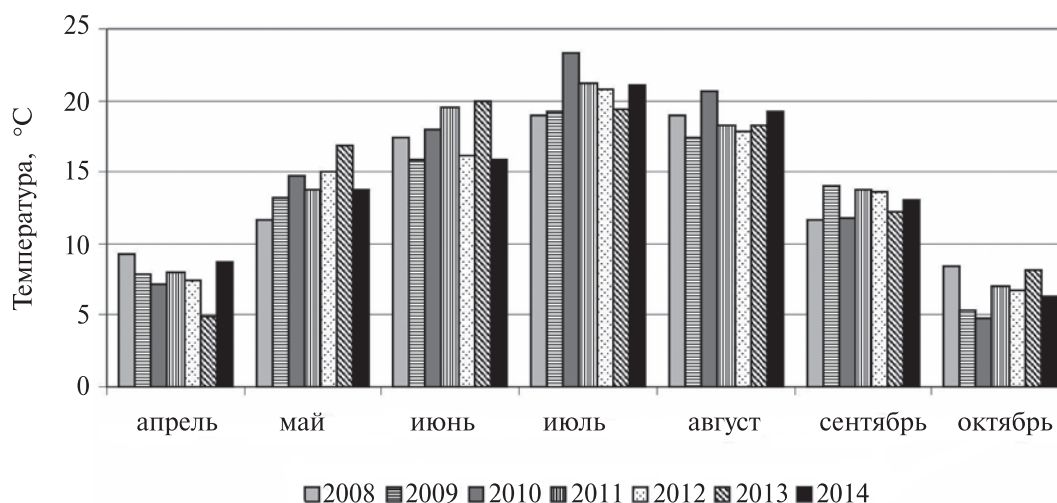


Рис. 2. Динамика среднемесячной температуры воздуха в районе биостанции в апреле – октябре 2008–2014 гг.

В вегетационном сезоне 2014 г. температурный режим воды в оз. Нарочь характеризовался стратификацией водной массы в начале вегетационного сезона (май) и в июле – августе, сменившись в дальнейшем практически полным перемешиванием водной массы. Во второй половине мая разность температуры между поверхностным и придонным слоями составляла около 4 °С. Далее при заметном выравнивании температуры в июне в середине июля разность температуры между поверхностным и придонным слоями составила 3–6 °С, в августе – 7–9 °С. В конце вегетационного сезона (сентябрь – октябрь) по всему столбу воды наблюдалась гомотермия с постепенным уменьшением температуры от 17 до 12 °С.

В оз. Мястро температурная дихотомия также наблюдалась в мае, июле и августе с температурным градиентом между поверхностным и придонным слоями, равным в мае и июле около 3,0 °С и максимальным в августе – 5,3 °С. Далее, в сентябре – октябре, водная толща была практически гомотермной с понижением температуры в сроки наблюдений от

примерно 17 до 10 °С. В оз. Баторино термическое расслоение было менее выражено и составило по разности температур между поверхностным и придонным слоями лишь в мае около 5 °С, а в дальнейшем водная масса характеризовалась гомотермией и постепенным понижением температуры от 20–21 °С в июле – августе до примерно 9 °С в октябре (табл. 4.1.1).

Таблица 4.1.1

Температура воды (°С) в озерах (вегетационный сезон 2014 г.)

Озеро	Горизонт, м	Месяц					
		V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	0,5	14,3	15,9	21,3	24,1	17,3	12,2
	3,0	12,4	15,9	20,6	24,0	17,1	12,2
	6,0	12,0	15,8	18,9	23,8	17,0	12,1
	8,0	11,8	15,6	18,1	21,3	16,9	12,1
	12,0	11,4	15,6	17,3	17,8	16,7	11,8
	16,0	10,6	14,1	15,5	16,8	16,2	11,7
Нарочь, Большой плес	0,5	15,3	16,1	20,5	24,8	16,7	12,2
	3,0	12,6	16,1	19,8	24,6	16,5	12,2
	6,0	11,9	16,1	19,1	24,5	16,4	12,1
	8,0	11,7	16,1	18,4	22,8	16,4	12,1
	12,0	11,3	16,1	17,7	17,6	16,4	11,9
	16,0	11,2	16,0	17,2	15,9	16,2	11,9
Мястро, пелагиаль	0,5	17,1	17,2	21,4	24,4	16,7	9,8
	4,0	16,8	17,1	19,6	24,4	16,7	9,8
	7,0	13,7	17,1	19,3	19,7	16,7	9,8
	9,0	13,5	17,0	18,8	19,1	16,7	9,7
Баторино, пелагиаль	0,5	19,9	16,3	20,5	20,7	14,5	8,7
	3,0	18,7	16,1	19,9	20,6	14,5	8,6
	5,0	15,1	16,1	19,5	20,3	14,4	8,8

Среднемесячные величины температуры воды в поверхностном слое во всех трех озерах в 2014 г., как и в сезоне 2013 г., были несколько выше, чем в предыдущие годы. Межгодовые колебания температуры в придонном слое отражают не только климатические, но и динамические условия водной массы (табл. 4.1.2).

Таблица 4.1.2

Среднесезонные величины температуры (°С) воды в озерах в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$	\bar{X}	$\pm SD$
Нарочь	<u>16,2</u>	<u>4,3</u>	<u>16,8</u>	<u>4,4</u>	<u>16,5</u>	<u>3,1</u>	<u>17,0</u>	<u>4,0</u>	<u>17,6</u>	<u>4,2</u>
	13,6	3,0	11,8	3,2	13,8	4,3	10,7	3,0	14,4	2,4
Мястро	<u>16,8</u>	<u>4,9</u>	<u>17,3</u>	<u>6,0</u>	<u>18,1</u>	<u>4,2</u>	<u>18,8</u>	<u>4,6</u>	<u>17,8</u>	<u>5,0</u>
	14,6	3,6	14,6	4,9	15,7	3,3	14,3	3,8	15,8	3,6
Баторино	<u>16,6</u>	<u>5,3</u>	<u>17,2</u>	<u>6,7</u>	<u>17,9</u>	<u>4,1</u>	<u>18,5</u>	<u>5,2</u>	<u>16,8</u>	<u>4,7</u>
	15,5	4,4	15,6	6,0	17,0	3,6	17,0	4,8	15,7	4,1

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

4.2. Прозрачность воды

Прозрачность воды в течение мая – октября в оз. Нарочь колебалась от 6,80 до 7,80 м, составив в среднем для вегетационного сезона $7,27 \pm 0,45$ м в Малом плесе и $7,25 \pm 0,32$ м – в Большом плесе. Максимальные величины наблюдались в начале и конце сезона, а минимальные – в июле (Малый плес) и июне (Большой плес). В оз. Мястро размах колебаний составил от 5,00 м в мае до 3,00 м в августе (в среднем для сезона – $4,03 \pm 0,77$ м), в оз. Баторино колебания прозрачности воды в период наблюдений были незначительны (1,20–1,40 м), составив в среднем для сезона $1,30 \pm 0,09$ м (табл. 4.2.1).

Как свидетельствуют приведенные в табл. 4.2.2 данные, средние для вегетационного сезона 2014 г. величины прозрачности воды в течение последних трех лет находились в пределах многолетних колебаний.

Таблица 4.2.1

Прозрачность воды (м) в озерах (вегетационный сезон 2014 г.)

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь , Малый плес	7,80	7,30	6,80	7,00	6,90	7,80
Большой плес	7,70	6,80	7,00	7,40	7,20	7,40
Мястро	5,00	3,40	3,80	3,00	4,30	4,70
Баторино	1,30	1,20	1,40	1,20	1,30	1,40

Таблица 4.2.2

Среднесезонные величины прозрачности воды (м) в озерах в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	6,53	1,03	7,37	1,42	7,11	1,01	7,26	0,37
Мястро	3,80	0,95	3,98	1,31	4,16	0,81	4,28	1,01	4,03	0,77
Баторино	1,47	0,42	1,56	0,65	1,25	0,30	1,46	0,31	1,30	0,09

Примечание. Здесь и далее *X* – среднее; *SD* – стандартное отклонение, для оз. Нарочь среднее для двух станций наблюдений.

4.3. Растворенный в воде кислород

Кислородный режим в Нарочанских озерах в вегетационный сезон 2014 г. представлен в табл. 4.3.1. В оз. Нарочь начало вегетационного сезона характеризовалось насыщением водной массы кислородом, близким к 100 %. Однако уже в июне в Малом плесе, а в июле и августе в обоих плесах придонные слои были заметно обеднены кислородом (особенно это выражено в Малом плесе, где содержание растворенного кислорода в придонном слое в июне составило 53 % насыщения, в июле – 39 %, а в августе – всего лишь 4 % насыщения). В Большом плесе минимальная величина зарегистрирована в августе – 12 % насыщения). Создавшиеся экстремальные условия в придонном слое вызвали массовую гибель сеголетков ряпушки. Даже прошедший сильный шторм не исправил ситуацию. Растворенный в воде кислород из верхних перенасыщенных слоев ушел в атмосферу, а придонный слой так и остался практически бескислородным (табл. 4.3.2). Далее, в конце сезона, кислородный режим нормализовался.

Таблица 4.3.1

**Содержание кислорода (мг/л, % насыщения) в толще воды в озерах
(вегетационный сезон 2014 г.)**

Показатель	Горизонт, м	Месяц					
		V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	11,09	9,54	9,36	9,40	10,02	10,83
	3,0	11,21	9,61	9,29	9,43	9,96	11,19
	6,0	11,15	9,72	9,39	9,28	10,02	10,77
	8,0	11,00	9,57	8,72	6,12	9,87	10,74
	12,0	10,97	9,41	7,56	1,82	9,50	10,24
	15,5	10,63	5,43	3,89	0,38	5,21	10,04
Насыщение, процент	0,5	108,8	96,9	106,5	113,0	105,0	101,2
	3,0	105,2	97,7	104,2	113,2	103,9	104,6
	6,0	103,7	98,6	101,8	110,9	104,3	100,4
	8,0	101,9	96,6	93,0	69,6	102,5	100,1
	12,0	100,7	95,1	79,2	19,2	98,2	94,8
	15,5	95,7	53,0	39,2	3,9	53,3	92,8
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	10,86	9,38	9,46	9,55	9,53	10,49
	3,0	11,06	9,38	9,36	9,72	9,47	10,46
	6,0	11,22	9,32	9,58	9,69	9,41	10,49
	8,0	11,15	9,38	9,10	8,20	9,31	10,49
	12,0	10,92	9,32	7,99	2,55	9,07	10,22
	16,0	10,83	9,17	7,53	1,20	8,03	10,04
Насыщение, процент	0,5	108,9	95,8	105,9	116,3	98,5	98,1
	3,0	104,3	95,8	103,4	118,0	97,5	97,8
	6,0	104,2	95,2	104,2	117,5	96,7	97,9
	8,0	103,0	95,8	97,7	96,1	95,7	97,9
	12,0	99,9	95,2	84,4	26,9	93,2	94,9
	16,0	98,9	93,3	78,7	12,2	82,2	93,2
Озеро Мясро, пелагиаль							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	9,80	8,81	9,01	8,74	9,45	10,28
	4,0	9,79	8,75	8,72	8,67	9,27	10,31
	7,0	9,05	8,69	7,99	1,29	9,27	10,22
	9,0	8,43	8,72	6,73	0,38	9,21	10,20
Насыщение, процент	0,5	102,3	92,2	102,8	105,7	97,8	90,7
	4,0	101,5	91,4	95,8	104,8	95,8	91,0
	7,0	87,6	90,7	87,3	14,2	95,8	90,2
	9,0	81,2	90,7	72,8	4,1	95,2	89,9
Озеро Баторино, пелагиаль							
Кислород, мг O ₂ /л	0,5	9,72	9,16	8,81	8,97	9,14	10,04
	3,0	9,47	9,22	8,57	8,91	9,08	10,01
	5,0	6,95	9,27	7,94	8,86	8,93	9,93
Насыщение, процент	0,5	107,5	94,0	98,7	100,8	90,1	86,3
	3,0	102,2	94,2	94,8	100,0	89,5	85,8
	5,0	69,4	94,7	87,1	98,8	87,8	85,5

Таблица 4.3.2

**Температура и содержание кислорода (мг/л, % насыщения)
в Малом плесе оз. Нарочь в августе 2014 г.**

Дата	Прозрачность, м	Горизонт, м	Температура, °С	Растворенный кислород	
				мг/л	% насыщения
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1					
11.08.14	7,00	0,5	24,1	9,40	113,0
		3,0	24,0	9,43	113,2
		6,0	23,8	9,28	110,9
		8,0	21,3	6,12	69,6
		12,0	17,8	1,82	19,2
		16,0	16,8	0,38	3,9
15.08.14	5,80	0,5	22,2	7,20	83,5
		3,0	22,2	7,20	83,5
		6,0	22,2	7,20	83,5
		8,0	21,7	6,68	76,6
		12,0	18,2	1,52	16,3
		16,0	16,8	0,32	3,3

В оз. Мястро кислородный режим в течение сезона был обычен для этого водоема с насыщением воды кислородом от 90 до 105 % в поверхностном слое и 73–95 % в придонном. Исключением является август, когда и здесь на фоне перенасыщения поверхностных слоев (около 105 %) далее содержание растворенного кислорода резко снижалось до 14 % на глубине 7 м и 4 % на глубине 9 м.

В оз. Баторино кислородный режим оставался благоприятным для гидробионтов на протяжении всего исследованного периода.

В целом кислородный режим в текущем сезоне в сопоставлении с многолетними среднесезонными величинами представлен в табл. 4.3.3.

Таблица 4.3.3

**Среднесезонные величины насыщения воды кислородом (%) в озерах
в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	<u>102,3</u> 80,4	<u>6,3</u> 26,4	<u>103,2</u> 66,9	<u>6,2</u> 35,7	<u>100,6</u> 84,0	<u>9,2</u> 19,5	<u>101,8</u> 76,8	<u>8,6</u> 24,7	<u>104,9</u> 63,1	<u>6,5</u> 32,7
Мястро	<u>101,1</u> 70,4	<u>10,9</u> 28,9	<u>104,9</u> 74,3	<u>11,7</u> 29,7	<u>100,4</u> 65,7	<u>13,3</u> 26,8	<u>103,3</u> 52,3	<u>16,4</u> 35,3	<u>98,6</u> 72,3	<u>6,1</u> 34,4
Баторино	<u>100,6</u> 89,8	<u>7,4</u> 17,6	<u>100,4</u> 76,4	<u>9,5</u> 27,5	<u>97,8</u> 84,3	<u>9,8</u> 11,8	<u>100,8</u> 81,0	<u>12,9</u> 15,8	<u>96,2</u> 87,2	<u>7,7</u> 10,1

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

4.4. Концентрация водородных ионов (рН)

Активная реакция среды в Нарочанских озерах слабо щелочная. В оз. Нарочь пределы колебаний показателя рН на протяжении сезона составили 8,26–8,56 в Малом плесе и 7,92–8,28 в Большом, в среднем для вегетационного сезона соответственно $8,41 \pm 0,11$ и $8,12 \pm 0,15$. В воде оз. Мястро среднесезонная величина равна $8,39 \pm 0,07$ (пределы колебаний 8,34–8,52) и в воде оз. Баторино – $8,49 \pm 0,12$ (пределы колебаний 8,31–8,60) (табл. 4.4.1).

Таблица 4.4.1

**Концентрация водородных ионов (рН) в озерах
(интегральная проба воды, вегетационный сезон 2014 г.)**

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь , Малый плес	8,38	8,46	8,45	8,56	8,33	8,26
Большой плес	8,28	8,15	8,15	8,26	7,96	7,92
Мястро	8,40	8,52	8,35	8,34	8,41	8,34
Баторино	8,54	8,60	8,51	8,59	8,39	8,31

Значения этого показателя в многолетнем ряду представлены в табл. 4.4.2 и свидетельствуют о близких величинах рН в текущем сезоне к средним многолетним значениям.

Таблица 4.4.2

**Среднесезонные величины концентрации водородных ионов (рН) в озерах
в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD
Нарочь	8,19	0,37	7,97	0,11	8,37	0,16	8,47	0,18	8,26	0,19
Мястро	8,37	0,23	8,00	0,24	8,43	0,15	8,55	0,12	8,39	0,07
Баторино	8,43	0,31	8,11	0,16	8,54	0,12	8,64	0,16	8,49	0,12

4.5. Углерод органический общий и взвешенный

Средняя для вегетационного сезона концентрация органического вещества в пересчете на органический углерод в воде оз. Нарочь составляла $5,58 \pm 0,49$ (Малый плес) и $5,45 \pm 0,43$ (Большой плес) мг С/л (пределы колебаний от 5,24 до 6,43 и от 5,17 до 6,30 мг С/л соответственно), в оз. Мястро – $8,54 \pm 0,48$ мг С/л (пределы колебаний 7,64–8,91 мг С/л), в оз. Баторино – $12,53 \pm 0,59$ мг С/л (пределы колебаний 11,58–13,18 мг С/л). Органическое вещество представлено в основном растворенными соединениями. Доля взвешенной фракции невелика и возрастает с увеличением трофности озер: $4,1 \pm 0,9$ и $4,8 \pm 0,9$ % от общего содержания органического углерода в воде Малого и Большого плесов оз. Нарочь, $6,5 \pm 1,5$ % – в оз. Мястро и $14,6 \pm 3,1$ % – в оз. Баторино. Концентрация взвешенного органического углерода для вегетационного сезона была равна соответственно $0,23 \pm 0,04$ (пределы колебаний 0,19–0,29 мг С/л) и $0,26 \pm 0,05$ (пределы колебаний 0,20–0,32 мг С/л) в двух плесах оз. Нарочь, $0,56 \pm 0,15$ (пределы колебаний 0,41–0,76 мг С/л) в оз. Мястро и $1,84 \pm 0,42$ (пределы колебаний 1,31–2,31 мг С/л) в оз. Баторино (табл. 4.5.1).

Таблица 4.5.1

**Концентрация общего ($C_{\text{общ}}$) и взвешенного ($C_{\text{взвеш}}$) органического углерода (мг С/л)
в озерах (интегральная проба воды, вегетационный сезон 2014 г.)**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
$C_{\text{общ}}$	5,28	6,43	5,93	5,24	5,28	5,32
$C_{\text{взвеш}}$	0,20	0,19	0,25	0,29	0,24	0,19

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
$C_{\text{общ}}$	5,24	6,30	5,17	5,41	5,37	5,19
$C_{\text{взвеш}}$	0,24	0,23	0,26	0,32	0,31	0,20
Озеро Мястро						
$C_{\text{общ}}$	8,91	8,87	8,44	8,82	8,56	7,64
$C_{\text{взвеш}}$	0,43	0,76	0,59	0,70	0,47	0,41
Озеро Баторино						
$C_{\text{общ}}$	12,46	13,18	12,47	13,15	12,33	11,58
$C_{\text{взвеш}}$	1,31	2,00	2,31	2,00	2,08	1,31

Показатели содержания органического вещества в воде Нарочанских озер в вегетационный сезон текущего года близки к средним многолетним значениям за период 2006–2013 гг. (табл. 4.5.2).

Таблица 4.5.2

Среднесезонные величины концентрации общего и взвешенного углерода (мг С/л) в озерах в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$
Нарочь	<u>5,57</u> 0,25	<u>0,58</u> 0,08	<u>5,65</u> 0,28	<u>0,78</u> 0,06	<u>5,77</u> 0,26	<u>0,31</u> 0,09	<u>5,92</u> 0,19	<u>0,47</u> 0,05	<u>5,51</u> 0,24	<u>0,45</u> 0,05
Мястро	<u>9,22</u> 0,63	<u>0,89</u> 0,31	<u>8,98</u> 0,63	<u>0,52</u> 0,26	<u>8,64</u> 0,71	<u>0,67</u> 0,30	<u>9,22</u> 0,42	<u>0,56</u> 0,22	<u>8,54</u> 0,56	<u>0,48</u> 0,15
Баторино	<u>12,55</u> 1,77	<u>1,46</u> 0,70	<u>12,13</u> 1,65	<u>1,47</u> 0,75	<u>12,39</u> 2,43	<u>1,43</u> 0,73	<u>11,98</u> 1,51	<u>1,06</u> 0,53	<u>12,53</u> 1,84	<u>0,59</u> 0,42

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

4.6. Фосфор общий и фосфатный

Пределы концентрации общего фосфора в воде оз. Нарочь в течение вегетационного сезона были невелики и составляли 0,010–0,015 мг Р/л в обоих плесах. Одинакова была и среднесезонная концентрация: $0,013 \pm 0,002$ мг Р/л. В воде оз. Мястро средняя для вегетационного сезона концентрация была равна $0,027 \pm 0,013$ мг Р/л (пределы колебаний 0,012–0,050 мг Р/л), в оз. Баторино – $0,032 \pm 0,005$ мг Р/л (пределы колебаний 0,023–0,038 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 во второй половине вегетационного сезона концентрация фосфатов обычно повышается. Именно минеральными формами фосфора определялась экстремально высокая концентрация общего фосфора в воде оз. Мястро в августе (табл. 4.6.1).

Таблица 4.6.1

**Концентрация общего фосфора ($P_{\text{общ}}$) и фосфатов ($P-PO_4^{3-}$) (мг P/л) в озерах
(интегральная проба воды, вегетационный сезон 2014 г.)**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
$P_{\text{общ}}$	0,010	0,013	0,011	0,012	0,015	0,014
$P-PO_4^{3-}$	0	0,001	0	0	0	0,001
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
$P_{\text{общ}}$	0,013	0,014	0,011	0,015	0,013	0,014
$P-PO_4^{3-}$	0	0,001	0	0	0	0,001
Озеро Мястро						
$P_{\text{общ}}$	0,012	0,023	0,023	0,050	0,025	0,026
$P-PO_4^{3-}$	0,001	0	0,001	0,014	0,004	0,004
Озеро Баторино						
$P_{\text{общ}}$	0,023	0,032	0,030	0,031	0,035	0,038
$P-PO_4^{3-}$	0	0	0	0	0	0,001

Среднесезонные величины концентрации общего фосфора в озерах Нарочь и Баторино близки к многолетним значениям, тогда как для оз. Мястро характерна высокая вариабельность межгодовых значений. Продолжается тенденция сближения концентраций общего фосфора в воде озер Мястро и Баторино (табл. 4.6.2).

Таблица 4.6.2

**Среднесезонные величины общего и фосфатного фосфора (мг P/л) в озерах
в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$	X	$\pm SD$
Нарочь	<u>0,015</u> 0,001	<u>0,003</u> 0,001	<u>0,012</u> 0,001	<u>0,004</u> 0,001	<u>0,011</u> 0,001	<u>0,004</u> 0,001	<u>0,011</u> 0,001	<u>0,004</u> 0,001	<u>0,013</u> 0,000	<u>0,002</u> 0,000
Мястро	<u>0,042</u> 0,010	<u>0,022</u> 0,014	<u>0,032</u> 0,004	<u>0,012</u> 0,006	<u>0,027</u> 0,003	<u>0,009</u> 0,003	<u>0,023</u> 0,005	<u>0,007</u> 0,004	<u>0,027</u> 0,004	<u>0,013</u> 0,005
Баторино	<u>0,033</u> 0,001	<u>0,007</u> 0,001	<u>0,029</u> 0,000	<u>0,005</u> 0,001	<u>0,033</u> 0,000	<u>0,009</u> 0,003	<u>0,023</u> 0,001	<u>0,007</u> 0,001	<u>0,032</u> 0,000	<u>0,005</u> 0,000

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

4.7. Азот общий и минеральный

Общее содержание азота в воде оз. Нарочь в вегетационный сезон текущего года составило в Малом и Большом плесах соответственно $0,62 \pm 0,11$ и $0,57 \pm 0,10$ мг N/л, в оз. Мястро – $0,64 \pm 0,22$ мг N/л, в оз. Баторино – $0,88 \pm 0,28$ мг N/л. Общий запас азота представлен главным образом органическими соединениями. Доля минерального азота в воде всех трех озер колеблется в среднем для вегетационного сезона около 5 % в оз. Нарочь, 14 % в оз. Мястро и 28 % в оз. Баторино. Концентрация минерального азота в двух плесах оз. Нарочь была равна соответственно $0,035 \pm 0,003$ и $0,029 \pm 0,009$ мг N/л за счет аммонийной формы. Нитратный и нитритный азот аналитически не определяются.

В воде оз. Мястро содержание минерального азота и тоже преимущественно в аммонийной форме в среднем для сезона составило $0,085 \pm 0,012$ мг N/л. В воде оз. Баторино общая концентрация азота в минеральной форме равна $0,259 \pm 0,203$ мг N/л. В сумме минеральных форм, также как в озерах Нарочь и Мястро, доминировала аммонийная (табл. 4.7.1).

Таблица 4.7.1

**Концентрация общего и минерального азота (мг N/л) в озерах
(интегральная проба воды, вегетационный сезон 2014 г.)**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
N _{общ}	0,763	н	0,488	0,540	0,607	0,692
N _{орг}	0,732	н	0,455	0,509	0,569	0,656
N _{минер}	0,031	0,038	0,033	0,031	0,038	0,036
N–NH ₄ ⁺	0,030	0,037	0,033	0,031	0,038	0,035
N–NO ₃ ⁻	0,001	0,001	0	0	0	0,001
N–NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
N _{общ}	0,667	н	0,447	0,479	0,563	0,673
N _{орг}	0,634	н	0,416	0,454	0,550	0,636
N _{минер}	0,033	0,037	0,031	0,025	0,013	0,037
N–NH ₄ ⁺	0,032	0,036	0,031	0,025	0,013	0,037
N–NO ₃ ⁻	0,001	0,001	0	0	0	0
N–NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0
Озеро Мястро						
N _{общ}	0,585	0,437	0,539	0,560	0,668	1,057
N _{орг}	0,499	0,368	0,464	0,471	0,567	0,965
N _{минер}	0,086	0,069	0,075	0,089	0,101	0,092
N–NH ₄ ⁺	0,083	0,068	0,074	0,088	0,098	0,088
N–NO ₃ ⁻	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003
N–NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0,001
Озеро Баторино						
N _{общ}	0,551	0,940	1,033	0,792	0,659	1,331
N _{орг}	0,298	0,764	0,872	0,638	0,517	0,666
N _{минер}	0,253	0,176	0,161	0,154	0,142	0,665
N–NH ₄ ⁺	0,253	0,171	0,161	0,153	0,131	0,643
N–NO ₃ ⁻	0	0,005	0	0,001	0,011	0,021
N–NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0,001

Сравнительные данные о концентрациях соединений азота указывают, что в текущем сезоне концентрации общего и минерального (кроме оз. Баторино) азота в воде озер были несколько ниже, чем в предыдущие годы (табл. 4.7.2).

Таблица 4.7.2

**Среднесезонные величины концентрации азота (мг N/л) в озерах в 2014 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Показатель	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD
Озеро Нарочь										
N _{общ}	0,810	0,280	0,960	0,200	1,170	0,570	1,160	0,330	0,590	0,110
N _{минер}	0,049	0,037	0,047	0,014	0,050	0,022	0,045	0,017	0,032	0,007
N–NH ₄ ⁺	0,043	0,038	0,040	0,013	0,040	0,014	0,041	0,017	0,032	0,077
N–NO ₃ ⁻	0,005	0,005	0,007	0,007	0,010	0,009	0,004	0,002	0	0

Показатель	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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										
$N_{\text{общ}}$	1,070	0,310	1,260	0,320	1,470	0,750	1,050	0,210	0,640	0,220
$N_{\text{минер}}$	0,096	0,037	0,096	0,051	0,093	0,031	0,098	0,022	0,085	0,012
$N-NH_4^+$	0,081	0,034	0,079	0,042	0,081	0,022	0,082	0,024	0,083	0,011
$N-NO_3^-$	0,015	0,017	0,016	0,024	0,013	0,017	0,015	0,016	0,002	0,000
Озеро Баторино										
$N_{\text{общ}}$	1,320	0,510	1,370	0,280	1,850	0,380	1,270	0,340	0,880	0,280
$N_{\text{минер}}$	0,183	0,110	0,247	0,120	0,196	0,128	0,235	0,231	0,259	0,203
$N-NH_4^+$	0,134	0,049	0,189	0,079	0,142	0,065	0,134	0,062	0,252	0,196
$N-NO_3^-$	0,049	0,085	0,057	0,102	0,054	0,082	0,095	0,175	0,006	0,008

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

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

В оз. Нарочь среднее для вегетационного сезона содержание сестона в двух различных фракциях составляло $0,74 \pm 0,11$ и $1,11 \pm 0,14$ мг/л в Малом плесе и $0,83 \pm 0,12$ и $1,22 \pm 0,18$ мг/л в Большом плесе, в оз. Мястро – соответственно $2,24 \pm 0,72$ и $3,01 \pm 0,90$ мг/л и $7,07 \pm 0,93$ и $9,02 \pm 1,04$ мг/л в оз. Баторино (табл. 4.8.1) соответственно на фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм и 0,4 мкм.

Мелкоразмерная фракция (0,4–1,5 мкм) в сестоне оз. Нарочь колебалась в течение сезона от 15 до 40 %, составив в среднем $36,5 \pm 7,3$ % в воде Малого плеса и $32,0 \pm 9,2$ % в воде Большого плеса от общего содержания сестона. Содержание мелкоразмерной фракции в оз. Мястро составило $25,9 \pm 4,5$ % при колебаниях от 21 до 32 %. В оз. Баторино доля мелкоразмерной фракции была несколько ниже и в течение сезона изменялась в пределах от 10 % в июле до 30 % в начале и конце вегетационного сезона, составив в среднем $21,5 \pm 7,8$ %.

Таблица 4.8.1

Концентрация сестона (мг/л) и зольных элементов (%) в его составе в озерах (интегральная проба воды, вегетационный сезон 2014 г.)

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
$C_{\text{сесть}}$, мг/л	<u>0,68</u> 0,97	<u>0,58</u> 1,02	<u>0,77</u> 1,09	<u>0,91</u> н	<u>0,73</u> 1,33	<u>0,75</u> 1,15
Зола, процент	41,1	36,1	34,8	36,6	34,5	49,6
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
$C_{\text{сесть}}$, мг/л	<u>0,70</u> 1,12	<u>0,72</u> 1,08	<u>0,83</u> 1,15	<u>0,99</u> 1,17	<u>0,94</u> 1,58	<u>0,77</u> 1,23
Зола, процент	31,0	36,2	38,4	36,0	34,3	48,8

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Мястро						
С _{сест.} , мг/л	<u>1,73</u>	<u>3,43</u>	<u>2,09</u>	<u>2,78</u>	<u>1,72</u>	<u>1,69</u>
	2,53	4,63	2,67	3,50	2,29	2,43
Зола, процент	50,8	55,8	43,4	50,0	45,1	51,9
Озеро Баторино						
С _{сест.} , мг/л	<u>6,10</u>	<u>6,76</u>	<u>7,89</u>	<u>8,13</u>	<u>7,56</u>	<u>5,95</u>
	8,75	7,88	8,78	10,67	9,83	8,22
Зола, процент	57,0	40,8	41,5	50,8	44,9	56,0

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

Минеральная компонента взвеси (зольность сестона) равна примерно половине общего ее содержания, возрастая от оз. Нарочь к озерам Мястро и Баторино и составив в среднем для сезона $38,8 \pm 5,8$ и $32,0 \pm 9,2$ % в Малом и Большом плесах оз. Нарочь, $49,5 \pm 4,6$ в оз. Мястро и $48,5 \pm 7,1$ % в оз. Баторино.

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. 4.8.2).

Таблица 4.8.2

Среднесезонные величины концентрации сестона, зольных элементов в его составе в озерах в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.

Показатель	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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										
С _{сест.} , мг/л	0,87	0,25	1,00	0,19	0,92	0,26	0,93	0,21	0,78	0,12
Зола, процент	41,7	7,6	43,3	5,6	38,3	5,8	41,3	8,6	33,7	8,7
Озеро Мястро										
С _{сест.} , мг/л	2,41	1,27	2,52	1,39	2,76	1,56	1,95	0,64	2,24	0,72
Зола, процент	44,8	7,6	46,0	10,0	45,7	8,6	41,5	7,1	49,5	4,6
Озеро Баторино										
С _{сест.} , мг/л	6,42	2,35	7,04	3,23	8,55	2,79	6,38	2,19	7,07	0,93
Зола, процент	46,0	6,9	52,3	5,6	42,9	3,9	47,3	4,7	48,5	7,1

4.9. Содержание хлорофилла *a* в сестоне

Короткий ледостав, небольшое количество снега, раннее вскрытие озер в 2014 г. обусловили интенсивное развитие фитопланктона уже в подледный период с максимумом в апреле при значительном прогреве воды. В связи с этим результаты наблюдений, выполненных в мае, были характерны для обычно наблюдаемого в июне летнего минимума. Результаты, отражающие сезонную динамику абсолютного и относительного содержания хлорофилла *a* в трех озерах в 2014 г., приведены в табл. 4.9.1. В сезоне 2014 г. в характере динамики хлорофилльных показателей в двух плесах оз. Нарочь проявились относительно небольшие различия. Так, во взвеси, собранной на обоих типах фильтров, абсолютные и относительные величины в Малом плесе монотонно нарастали к концу сезона, в то время как в Большом плесе в июне отмечен отчетливый максимум.

**Абсолютное и относительное содержание хлорофилла а
в сестоне Нарочанских озер в 2014 г.**

Показатель	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (1,5 мкм)	0,58	0,66	0,88	1,28	1,35	1,17
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,08	0,11	0,12	0,12	0,23	
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (0,4 мкм)	1,41	1,62	1,53	1,58	2,25	2,26
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,15	0,16	0,14	н	0,17	0,20
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (1,5 мкм)	0,48	1,14	0,96	1,35	1,64	1,62
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,07	0,16	0,12	0,13	0,17	0,21
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (0,4 мкм)	1,16	2,28	1,46	1,95	2,50	2,48
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,10	0,21	0,13	0,17	0,16	0,20
Озеро Мястро						
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (1,5 мкм)	1,66	6,5	2,09	2,78	2,25	2,65
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,10	0,19	0,24	0,11	0,13	0,16
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (0,4 мкм)	2,03	7,72	5,82	4,61	3,20	3,90
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,08	0,17	0,22	0,13	0,14	0,16
Озеро Баторино						
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (1,5 мкм)	4,74	5,14	7,87	12,43	8,09	5,17
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,08	0,08	0,10	0,15	0,11	0,18
$C_{\text{хл}}$, мкг/л (0,4 мкм)	7,30	7,14	9,45	14,22	10,26	6,20
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,08	0,09	0,11	0,13	0,10	0,10

Осредненные за вегетационный сезон абсолютные величины, полученные на фильтрах с размером пор 1,5 мкм, в Большом плесе оказались несколько выше, чем в Малом: $1,19 \pm 0,44$ мкг/л против $0,96 \pm 0,31$ мкг/л; а на фильтрах 0,4 мкм – $1,94 \pm 0,52$ мкг/л против $1,78 \pm 0,38$ мкг/л соответственно. Относительное содержание хлорофилла в среднем за сезон в обоих плесах не различалось, составляя $0,14 \pm 0,05$ % на фильтрах 1,5 мкм и $0,16 \pm 0,04$ % на фильтрах 0,4 мкм. Более высокая доля мелкодисперсной хлорофиллсодержащей взвеси отмечена в Малом плесе – 46 % против 39 % в Большом.

В оз. Мястро после весеннего максимума в апреле минимальные значения абсолютного и относительного содержания хлорофилла за весь вегетационный сезон отмечены в мае. Максимум абсолютных значений во взвеси на обоих типах фильтров наблюдался в июне при сравнительно небольшой доле мелкодисперсной фракции (15,8 %). В июле содержание хлорофилла во взвеси, собранной на фильтрах 1,5 мкм, резко снизилось и значительно менее на фильтрах 0,4 мкм, как иллюстрируется данными в табл. 4.9.1, за счет резкого увеличения доли (64 %) мелкодисперсной фракции. Далее на протяжении остального периода сезона содержание крупнодисперсной фракции хлорофилла оставалось с небольшими колебаниями практически на одном уровне при достаточно монотонном снижении общего содержания хлорофилла во взвеси на фильтрах 0,4 мкм. Доля мелкодисперсной компоненты хлорофиллсодержащей взвеси постепенно снижалась до 30–32 % к концу сезона. В среднем за сезон содержание хлорофилла на двух типах (1,5 и 0,4 мкм) фильтров составило соответственно $2,99 \pm 1,77$ и $4,55 \pm 2,01$ мкг/л. Доля мелкодисперсной фракции составила 34,3 %. Относительное содержание хлорофилла в сухой массе сестона в оз. Мястро в среднем за сезон практически не различалось во взвеси на двух типах фильтров (0,15–0,16 %).

В оз. Баторино в соответствии с более высоким трофическим статусом уровень содержания хлорофилла был заметно выше, чем в озерах Нарочь и Мясро. Так, среднесезонные величины хлорофилла на фильтрах 1,5 и 0,4 мкм составили соответственно $7,71 \pm 2,92$ и $9,68 \pm 3,09$ мкг/л. Доля мелкодисперсной фракции ниже – $21 \pm 0,1$ %. Как в более мелководном из трех озер водоеме в силу частого ветрового взмучивания донных осадков относительное содержание хлорофилла в сухой массе сестона здесь меньше, составляя в среднем за сезон $0,10 \pm 0,02$ % на фильтрах 1,5 мкм и $0,12 \pm 0,04$ % на фильтрах 0,4 мкм.

В ряду многолетних наблюдений, как следует из представленных в табл. 4.9.2 данных, полученные в сезоне 2014 г. значения показателей оказались несколько ниже, чем в рассматриваемом многолетнем цикле. Вероятно, это обусловлено прежде всего тем, что весенний максимум развития фитопланктона начался раньше обычного и не был включен в стандартные границы вегетационного сезона, принятого в многолетнем мониторинге Нарочанских озер.

Таблица 4.9.2

Среднесезонные величины абсолютного и относительного содержания хлорофилла а в сестоне озер в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.

Показатель	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	1,56	0,74	1,15	0,40	1,30	0,62	1,08	0,38
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,14	0,02	0,15	0,05	0,14	0,03	0,13	0,04	0,14	0,05
Озеро Мясро										
$C_{\text{хл}}$, мкг/л	4,48	1,68	4,84	3,91	4,95	5,25	3,87	1,36	2,99	1,77
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,18	0,02	0,17	0,02	0,15	0,07	0,20	0,05	0,16	0,05
Озеро Баторино										
$C_{\text{хл}}$, мкг/л	9,18	1,47	7,04	3,23	8,68	1,58	8,07	2,62	7,71	2,92
$C_{\text{хл}}$, % в сух. массе	0,17	0,06	0,12	0,03	0,11	0,03	0,13	0,05	0,12	0,04

4.10. Потенциальный фотосинтез планктона

В текущем вегетационном сезоне скорость потенциального фотосинтеза на оптимальной глубине в озерах Нарочь (Малый и Большой плесы), Мясро и Баторино составила в среднем соответственно $0,30 \pm 0,10$; $0,31 \pm 0,10$; $0,61 \pm 0,35$ и $1,17 \pm 0,79$ мг O_2 /л · сут, а скорость аэробной деструкции, как будет показано в разделе 4.11, была равна соответственно $0,20 \pm 0,09$; $0,20 \pm 0,12$; $0,23 \pm 0,1$ и $0,51 \pm 0,38$ мг O_2 /л · сут. В оз. Нарочь максимальный уровень потенциального фотосинтеза отмечен в июле – августе, а минимальный – в конце вегетационного сезона. В оз. Мясро высокий продукционный потенциал отмечен в июле (минимальный – в октябре), а в оз. Баторино максимальные величины наблюдались в августе, минимальные – в октябре (табл. 4.10.1).

Таблица 4.10.1

**Потенциальный фотосинтез (мг O₂/л · сут) в озерах
(интегральная проба, вегетационный сезон 2014 г.)**

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	0,27 (17,4– 19,9 °С)	0,28 (16,2– 17,4 °С)	0,44 (22,2– 25,1 °С)	0,40 (23,1– 25,6 °С)	0,27 (15,0– 15,4 °С)	0,15 (12,6– 14,0 °С)
Большой плес	0,25 (17,4– 19,9 °С)	0,34 (16,2– 17,4 °С)	0,40 (22,2– 25,1 °С)	0,41 (23,1– 25,6 °С)	0,29 (15,0– 15,4 °С)	0,15 (12,6– 14,0 °С)
Мястро	0,47 (19,9– 20,8 °С)	0,73 (16,1– 17,2 °С)	1,22 (23,0– 23,4 °С)	0,52 (19,9– 23,0 °С)	0,51 (15,8– 16,8 °С)	0,19 (8,2– 10,2 °С)
Баторино	1,18 (20,8– 21,4 °С)	0,70 (15,1– 16,2 °С)	1,77 (23,0– 25,1 °С)	2,37 (21,4– 24,0 °С)	0,79 (14,2– 14,4 °С)	0,19 (8,2– 10,6 °С)

П р и м е ч а н и е. В скобках указан размах колебаний температуры воды в период экспозиции склянок.

Среднесезонные значения скорости потенциального фотосинтеза в текущем году во всех трех озерах не выходили за пределы многолетних колебаний (табл. 4.10.2).

Таблица 4.10.2

**Среднесезонные величины потенциального фотосинтеза (мг O₂/л · сут) в озерах
в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	0,27	0,10	0,31	0,10	0,25	0,10	0,24	0,08	0,30	0,10
Мястро	0,78	0,46	0,77	0,37	0,78	0,37	0,67	0,13	0,61	0,35
Баторино	1,33	0,52	1,27	0,68	1,30	0,42	1,08	0,53	1,17	0,79

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

В текущем году средняя для вегетационного сезона скорость аэробной деструкции в озерах Нарочь (Малый и Большой плесы), Мястро и Баторино составила соответственно $0,20 \pm 0,09$; $0,20 \pm 0,12$; $0,23 \pm 0,10$ и $0,51 \pm 0,38$ мг O₂/л · сут. Минимальные величины в озерах Нарочь и Мястро зарегистрированы в начале и конце сезона, максимальные – в июле – августе. В воде оз. Баторино максимальный уровень наблюдали в августе и необычно низкий уровень – в октябре (табл. 4.11.1).

Таблица 4.11.1

**Скорость деструкции (мг O₂/л · сут) в озерах
(интегральная проба, вегетационный сезон 2013 г.)**

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	0,12 (17,4– 19,9 °С)	0,17 (16,2– 17,4 °С)	0,33 (22,2– 25,1 °С)	0,28 (23,1– 25,6 °С)	0,20 (15,0– 15,4 °С)	0,11 (12,6– 14,0 °С)
Большой плес	0,12 (17,4– 19,9 °С)	0,18 (16,2– 17,4 °С)	0,26 (22,2– 25,1 °С)	0,41 (23,1– 25,6 °С)	0,19 (15,0– 15,4 °С)	0,06 (12,6– 14,0 °С)
Мястро	0,19 (19,9– 20,8 °С)	0,18 (16,1– 17,2 °С)	0,40 (23,0– 23,4 °С)	0,30 (19,9– 23,0 °С)	0,17 (15,8– 16,8 °С)	0,12 (8,2– 10,2 °С)
Баторино	0,58 (20,8– 21,4 °С)	0,35 (15,1– 16,2 °С)	0,61 (23,0– 25,1 °С)	1,17 (21,4– 24,0 °С)	0,32 (14,2– 14,4 °С)	0,04 (8,2– 10,6 °С)

П р и м е ч а н и е. В скобках указан размах колебаний температуры воды в период экспозиции склянок.

Средние значения уровня деструкции в водной массе оз. Нарочь в вегетационный сезон 2014 г. находились в пределах многолетних значений (табл. 4.11.2).

Таблица 4.11.2

**Среднесезонные величины деструкции (мг O₂/л · сут) в озерах в 2014 г.
в сравнении с многолетними данными за период 2006–2013 гг.**

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	0,22	0,12	0,12	0,07	0,13	0,07	0,20	0,10
Мястро	0,31	0,17	0,22	0,14	0,25	0,11	0,33	0,14	0,23	0,10
Баторино	0,52	0,27	0,46	0,25	0,57	0,40	0,43	0,17	0,51	0,38

Скорости биохимического потребления кислорода (БПК) при экспозиции 1 и 5 суток в течение вегетационного сезона представлены в табл. 4.11.3. Потребление кислорода в течение первых суток во всех трех озерах составляет примерно 1/3 потребления в течение 5 суток. Средние для вегетационного сезона величины БПК₁ и БПК₅ равны 0,21 ± 0,12 и 0,74 ± 0,23 мг O₂/л в Малом плесе, 0,19 ± 0,10 и 0,78 ± 0,32 мг O₂/л в Большом плесе оз. Нарочь, 0,26 ± 0,13 и 0,95 ± 0,47 мг O₂/л в оз. Мястро и 0,49 ± 0,17 и 1,75 ± 0,48 мг O₂/л в оз. Баторино.

Таблица 4.11.3

**Величины БПК₁ и БПК₅ (мг O₂/л) в озерах
(интегральная проба, вегетационный сезон 2014 г.)**

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Нарочь, Малый плес	<u>0,10</u> 0,65	<u>0,14</u> 0,62	<u>0,33</u> 1,12	<u>0,32</u> 0,85	<u>0,32</u> 0,75	<u>0,06</u> 0,45
Большой плес	<u>0,10</u> 0,82	<u>0,17</u> 0,65	<u>0,25</u> 0,87	<u>0,34</u> 1,30	<u>0,21</u> 0,70	<u>0,08</u> 0,33

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Мястро	<u>0,13</u> 0,58	<u>0,29</u> 0,79	<u>0,39</u> 1,50	<u>0,40</u> 1,47	<u>0,21</u> 1,00	<u>0,11</u> 0,36
Баторино	<u>0,64</u> 2,34	<u>0,47</u> 1,42	<u>0,50</u> 2,09	<u>0,73</u> 2,05	<u>0,35</u> 1,49	<u>0,27</u> 1,11

П р и м е ч а н и е. В числителе – показатели для БПК₁, в знаменателе – для БПК₅.

Среднесезонные величины БПК₅ в вегетационный сезон 2014 г. близки к многолетним данным (табл. 4.11.4).

Таблица 4.11.4

Среднесезонные величины БПК₅ (мг О₂/л) в озерах в 2014 г. в сравнении с многолетними данными за период 2003–2013 гг.

Озеро	2006–2010 гг.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 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	0,84	0,26	0,63	0,18	0,62	0,19	0,76	0,27
Мястро	1,37	0,49	1,00	0,39	0,92	0,28	1,40	0,42	0,95	0,47
Баторино	2,06	0,44	1,74	0,61	2,07	0,73	1,72	0,46	1,75	0,48

В целом показатели качества воды во время вегетационного сезона 2014 г. были близки к средним многолетним значениям, учитывая наблюдаемую их межгодовую вариативность.

4.12. Фитопланктон

Изучение фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино на протяжении вегетационного сезона 2014 г., равно как и в осенне-зимний период и во все предыдущие годы, проводили параллельно с измерением физико-химических и других гидроэкологических показателей. Его видовое богатство в вегетационном сезоне и в годовом цикле представлено в табл. 4.12.1.

Таблица 4.12.1

Число видов в разных отделах водорослей, обнаруженных в течение вегетационного сезона (V–X) 2014 г. (в знаменателе) и в годовом цикле 2013–2014 гг. (в числителе) в фитопланктоне Нарочанских озер

Отделы водорослей	Озеро Нарочь	Озеро Мястро	Озеро Баторино
Синезеленые (= цианобактерии)	11/11	8/8	14/14
Криптофитовые	6/6	6/6	6/4
Динофитовые	4/4	3/2	4/4
Золотистые	15/11	12/6	14/10
Диатомовые	21/18	8/6	17/16
Эвгленовые	1/1	2/1	3/1
Желтозеленые	1/1	0/0	2/2

Отделы водорослей	Озеро Нарочь	Озеро Мясро	Озеро Баторино
Зеленые:	26/25	16/14	38/34
вольвоксовые	3/3	1/1	0/0
хлорококковые	18/17	14/12	35/32
десмидиевые	4/4	1/1	2/2
улотриксковые	1/1	0/0	1/0
ВСЕГО	85/77	55/43	98/85

Как и в осенне-зимний период, на протяжении вегетационного сезона 2014 г., и в годовом цикле 2013–2014 гг., во всех озерах зарегистрировано достаточно большее количество представителей фитопланктона: в оз. Нарочь 85/77, в оз. Мясро 55/43, в оз. Баторино 98/85. В озерах Нарочь и Мясро выявлен новый для флоры республики представитель золотистых водорослей *Pseudokephyrion inflatum* Hilliard.

В 2013 г. в случае оз. Нарочь, как об этом говорилось в разделе 4.12 (см. «Бюллетень...». Минск : БГУ, 2014. С. 51) не были учтены результаты обработки проб фитопланктона вертикальных серий по 7 горизонтам, которые отбираются параллельно с постановкой *in situ* опытов по определению первичной продукции и деструкции планктона и которые могли расширить список его видового состава. После внесения соответствующих дополнений видовое богатство фитопланктона озер в вегетационном сезоне 2013 г., как и предполагалось, стало более высоким (табл. 4.12.2), чем это приведено в табл. 4.12.1 («Бюллетень...». Минск : БГУ, 2013. С. 51–52), и сравнимым по разнообразию с данными 2014 г. в оз. Нарочь. По сравнению с двумя другими озерами, в которых видовое богатство возросло только на 2 вида, в оз. Нарочь оно стало больше на 18 видов, чем в 2014 г. (95 против 77), что, конечно, связано с большим количеством вертикальных серий, выполненных в оз. Нарочь в течение вегетационного сезона 2013 г.

В табл. 4.12.3 приведен доминирующий комплекс структурообразующих видов фитопланктона озер в вегетационный период 2014 г.

Таблица 4.12.2

**Число видов в разных отделах водорослей, обнаруженных
в течение вегетационного сезона (V–X) 2014 г.**

Отделы водорослей	Озеро Нарочь	Озеро Мясро	Озеро Баторино
Синезеленые (= цианобактерии)	19	7	13
Криптофитовые	7	7	4
Динофитовые	4	2	3
Золотистые	18	13	13
Диатомовые	20	8	16
Эвгленовые	1	1	0
Желтозеленые	1	0	1
Зеленые:	25	7	37
вольвоксовые	1	0	1
хлорококковые	21	7	34
десмидиевые	3	0	2
улотриксковые	0	0	0
ВСЕГО	95	45	87

Таблица 4.12.3

Доминирующий комплекс видов фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в течение вегетационного периода 2014 г.

Дата	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-доминанты по биомассе	%
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1				
19.05.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> Неопределенный вид Volvocales	65,7 18,6 7,7	Неопределенный вид Volvocales <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas curvata</i>	50,8 13,9 9,1 8,7 7,5
25.06.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	58,6 20,7	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas curvata</i> Неопределенный вид Volvocales <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Gloeocapsa limnetica</i>	25,8 16,3 10,5 10,0 9,1 6,2 5,6
15.07.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Synedra</i> sp.	22,0 18,6 15,2 13,5 10,2 5,1 5,1	<i>Rhodomonas lens</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Glenodinium apiculatum</i>	24,8 10,1 9,7 9,5 9,2 5,4
11.08.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp.	67,9 14,8 5,5	<i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	46,1 19,4 13,8 5,0
16.09.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp.	42,9 32,6 12,1	<i>Microcystis pulvereae</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Volvox polychlamys</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	25,8 16,1 16,0 9,0 8,5 7,5 5,3
13.10.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas lens</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	56,2 20,9 6,5 5,2	<i>Cryptomonas curvata</i> <i>Coenococcus planctonicus</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas lens</i> <i>Fragilaria crotonensis</i>	21,3 21,3 17,6 10,0 9,4 5,2
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2				
19.05.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> Неопределенный вид Volvocales	67,7 15,6 5,9	Неопределенный вид Volvocales <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Dinobryon crenulatum</i>	54,2 19,8 10,2 6,1 5,1
25.06.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	63,6 19,6 7,1 30,4	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Synedra ulna</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Cryptomonas curvata</i>	30,0 18,8 15,3 7,6

Дата	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-доминанты по биомассе	%
15.07.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Synedra</i> sp.	25,8 15,7 6,4 5,5	<i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Synedra acus</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Gloeocapsa limnetica</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	17,5 14,6 13,4 10,8 10,4 9,3 6,2
11.08.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp.	73,7 6,4 5,6	<i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cryptomonas curvata</i>	54,6 17,7 12,0 7,9
16.09.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp.	32,5 29,1 17,1	<i>Microcystis pulverea</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Attheya zachariasii</i> <i>Volvox polychlamys</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cyclotella</i> sp.	28,0 18,4 7,7 7,6 7,6 5,9 5,4
13.10.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas lens</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	42,2 21,1 15,8 13,2	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Rhodomonas lens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>	42,2 18,7 14,8 8,6 7,1
Озеро Мястро				
21.05.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cyclotella</i> sp.	47,4 25,0 13,6	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	65,4 23,6
23.06.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cryptomonas curvata</i>	54,1 19,1 6,4	<i>Aulacoseira granulata</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Cryptomonas curvata</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>	51,0 9,4 8,9 6,8 6,8
14.07.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>	68,9 8,0	<i>Aulacoseira granulata</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Dinobryon divergens</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	30,2 20,3 15,2 11,4 7,7
12.08.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	48,6 30,5	<i>Peridinium</i> sp. <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Volvox polychlamys</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	39,9 16,4 14,0 7,2
15.09.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp.	76,2 8,1 6,9	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Volvox polychlamys</i> <i>Dinobryon divergens</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cyclotella</i> sp.	21,0 19,5 18,8 15,2 7,1 6,8 5,8

Дата	Виды-доминанты по численности организмов	%	Виды-доминанты по биомассе	%
20.10.2014	<i>Rhodomonas pusilla</i>	96,3	<i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Volvox polychlamys</i>	44,0 24,3 13,5 9,8
Озеро Баторино				
22.05.2014	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Chrysidalis peritaphrena</i>	53,5 18,4	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Woloszynskia ordinata</i> <i>Dinobryon sociale</i> <i>Oocystis borgei</i> <i>Melosira varians</i>	19,9 16,0 15,4 9,2 6,3
24.06.2014	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	21,4 12,2 10,7 10,7 6,1	<i>Melosira varians</i> <i>Cryptomonas marssonii</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Scenedesmus quadricauda</i> <i>Staurastrum planctonicum</i> <i>Cyanodictyon planctonicum</i>	18,4 17,1 16,0 9,7 5,7 5,0
14.07.2014	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhabdoderma lineare</i>	48,3 11,2 11,2	<i>Aphanothece clathrata</i> <i>Asterionella formosa</i>	49,9 13,2
18.08.2014	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Chrysidalis peritaphrena</i> <i>Aphanothece clathrata</i>	32,1 9,6 8,0 7,2	<i>Staurastrum planctonicum</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Melosira varians</i> <i>Tetraedron minimum</i>	14,2 11,3 10,7 7,3 5,8
22.09.2014	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Rhodomonas pusilla</i>	46,3 12,5 8,7	<i>Melosira varians</i> <i>Cyclotella</i> sp. <i>Synedra acus</i> <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Oocystis marssonii</i>	31,7 19,6 6,6 5,0 5,0
21.10.2014	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Rhodomonas pusilla</i>	33,4 32,5	<i>Cyclotella</i> sp. <i>Asterionella formosa</i> <i>Rhodomonas pusilla</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Cyanodictyon planctonicum</i> <i>Aphanothece clathrata</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>	31,5 12,4 11,0 8,2 6,3 5,0 5,0

По численности организмов на протяжении всего вегетационного сезона в оз. Нарочь доминировали мелкоклеточные представители: *Chrysidalis peritaphrena* (золотистые), составляя от 5,2 (в октябре) до 65,7 % (в мае), и *Rh. pusilla* (криптофитовые) – от 18,6 (в мае и июле) до 67,9 % (в августе). В мае – июне отмечен не определенный до вида представитель вольвоксовых (диам. 17,5 мкм), который достигал до 7,7 % общей численности организмов и до 54,2 % – общей биомассы. С июля и до конца сезона заметным стал вклад в численность диатомовых – мелкоклеточной (5,5–10,0 мкм) *Cyclotella* sp. (до 20,9 %), а в биомассу – крупноклеточных *Fragillaria crotonensis*, в Большом плесе – *Asterionella formosa*, *Synedra (Ulnaria) ulna*, *S. acus* и *Attheya zachariasii*. В это же время появились цианопрокариоты *Anabaena (=Dolichospermum) lemmermannii*, *A. flos-aquae*, *Aphanothece clathrata*, *Gloeotrichia echinulata*, *Microcystis pulvereae*, получив максимальное развитие в июле – августе, и значимые в биомассе представители динофитовых *Ceratium hirundinella*, *Glenodinium apiculatum* и *Woloszynskia ordinata*. В сентябре стал отмечаться другой значимый в биомассе пред-

ставитель вольвоксовых – *Volvox polychlamis*, который впервые был указан нами в оз. Мястро в 2005 г. («Бюллетень...». Минск : БГУ, 2007. С. 40). Состав доминирующих в обоих плесах оз. Нарочь комплексов видов по биомассе в разные месяцы сезона в 2014 г. представляли 4–8 видов.

В оз. Мястро в отличие от предыдущего года, когда весной (в мае) самым многочисленным был представитель золотистых водорослей *Chrysidalis peritaphrena*, определивший 68,6 % общей численности организмов фитопланктона и почти 20 % его биомассы, в 2014 г. самым массовым видом, как и до 2013 г., был представитель криптононад *Rh. pusilla*, составивший в мае 47,4 % и продолжавший наращивать свою численность в июне до 54,1, в июле до 68,9 %, после некоторого ее снижения в августе до 48,6 % снова увеличил до 76,2 % в сентябре и достиг максимального значения 96,3 % в октябре. *Chr. peritaphrena* на протяжении сезона текущего года составлял только 8,1–19,1 % от общей численности организмов. Более значимыми, чем в 2013 г., были представители диатомовых *Cyclotella meneghiniana* и *Cyclotella* sp. Первая определяла биомассу на 6,8 (в июне, сентябре) – 65,4 (в мае) %. Значимой была доля и *Aulacoseira granulata* (51,6 % в июне, 13,5 % в октябре), и *Fr. crotonensis* (24,3 % – в октябре), а также *V. polychlamis* с августа по октябрь, в отдельные месяцы – *Ceratium hirundinella* (от 9,4 до 23,6 %), *A. formosa* (от 6,8 до 21,0 %).

В оз. Баторино более 50 % численности организмов в мае приходилось на долю представителя диатомовых из рода *Cyclotella* sp. и 18,4 % – на долю представителя золотистых *Chr. peritaphrena*. С июня по сентябрь заметный вклад стали вносить цианобактерии *Cyano-dictyon planctonicum* и *Aphanothece clathrata*. В доминирующий комплекс видов по биомассе в разные месяцы входили от 2 (в июле – *Aphanothece clathrata*, *Asterionella formosa*) до 7 (см. табл. 4.12.3) представителей из разных отделов. Это объясняется тем, что в эти месяцы в фитопланктоне вегетировало большое количество видов, в каждой пробе в указанные сроки наблюдения их отмечалось более 40, поэтому, имея небольшой индивидуальный вклад в общую численность и биомассу (от 0,1 до 4,7 %), в сумме они давали более 40 %.

Долевой вклад основных отделов водорослей фитопланктона Нарочанских озер в суммарные величины их абсолютной численности и биомассы приведены в табл. 4.12.4. Общие абсолютные количественные показатели развития фитопланктона в разные месяцы вегетационного сезона приведены также отдельно в табл. 4.12.5.

Таблица 4.12.4

Абсолютные значения показателей количественного развития общего фитопланктона и долевой вклад (%) основных отделов водорослей в общую их численность и биомассу в озерах Нарочь, Мястро, Баторино на протяжении вегетационного периода 2014 г.

Дата	Общие величины	Долевой вклад (%)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Численность организмов, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
19.05.2014	4,20	0,0	19,3	68,8	2,5	8,51	0,80
25.06.2014	2,33	2,5	64,9	23,5	5,5	2,71	0,90
15.07.2014	1,22	15,2	40,6	23,8	18,2	1,69	0,48
11.08.2014	1,24	3,9	73,3	14,9	5,5	2,34	0,01
16.09.2014	1,94	2,8	36,4	45,8	15,0	0,00	0,04
13.10.2014	1,60	0,0	66,7	5,3	23,4	3,27	1,33
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
19.05.2014	4,07	0,0	15,6	73,6	4,5	5,9	0,4
25.06.2014	2,71	1,0	72,2	20,5	5,3	0,8	0,2
15.07.2014	1,15	7,4	47,9	26,7	13,4	3,7	0,9
11.08.2014	3,51	9,0	76,9	7,3	5,6	0,8	0,4

Дата	Общие величины	Долевой вклад (%)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
16.09.2014	2,05	6,0	33,4	34,2	24,7	1,7	0,0
13.10.2014	2,13	0,0	62,5	0,9	36,6	0,0	0,0
Озеро Мястро							
21.05.2014	1,55	1,7	50,8	5,1	40,3	1,7	0,4
23.06.2014	0,86	0,0	65,8	19,4	9,4	5,3	0,2
14.07.2014	1,33	4,6	70,6	6,0	8,2	10,5	0,0
12.08.2014	1,26	7,7	53,4	30,5	0,6	2,9	4,9
15.09.2014	0,96	0,0	78,6	8,7	12,8	0,0	0,0
20.10.2014	2,78	0,8	97,6	0,8	0,8	0,0	0,0
Озеро Баторино							
22.05.2014	8,50	2,3	3,8	54,4	23,7	14,9	0,9
24.06.2014	4,25	27,5	9,2	13,6	26,0	23,0	0,8
14.07.2014	12,03	70,1	0,0	15,2	4,0	10,5	0,1
18.08.2014	8,10	22,5	11,2	34,7	8,8	21,9	0,8
22.09.2014	6,10	26,7	11,1	49,3	0,3	11,6	1,0
21.10.2014	4,19	10,8	34,3	35,9	3,6	15,4	0,0
Численность клеток, млн/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
19.05.2014	4,24	0,0	19,2	68,2	2,6	9,20	0,80
25.06.2014	2,71	12,0	55,8	20,9	8,1	2,33	0,78
15.07.2014	17,03	92,2	2,9	1,9	1,6	1,27	0,03
11.08.2014	16,65	92,6	5,5	1,3	0,4	0,17	0,00
16.09.2014	83,54	97,6	0,8	1,1	0,4	0,04	0,00
13.10.2014	2,14	0,0	49,7	4,9	23,0	21,44	0,99
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
19.05.2014	4,07	0,0	15,6	73,6	4,5	5,9	0,4
25.06.2014	2,96	6,3	66,0	20,8	6,1	0,7	0,2
15.07.2014	26,17	95,1	2,1	1,2	1,3	0,2	0,0
11.08.2014	100,93	96,8	2,7	0,3	0,2	0,0	0,0
16.09.2014	55,57	96,4	1,2	1,3	1,0	0,1	0,0
13.10.2014	2,28	0,0	58,3	0,8	40,7	0,1	0,0
Озеро Мястро							
21.05.2014	4,15	63,3	19,0	1,9	15,1	0,6	0,2
23.06.2014	1,69	0,0	33,6	12,5	34,4	19,5	0,1
14.07.2014	27,41	92,5	3,4	2,0	0,8	1,3	0,0
12.08.2014	14,48	91,1	4,6	2,7	0,4	0,7	0,4
15.09.2014	1,38	0,0	55,0	13,8	29,1	2,2	0,0
20.10.2014	4,74	30,4	57,2	0,5	11,2	0,7	0,0
Озеро Баторино							
22.05.2014	30,39	64,2	1,1	15,4	10,4	8,8	0,2
24.06.2014	133,03	96,4	0,6	0,7	0,8	1,4	0,0
14.07.2014	886,83	99,0	0,0	0,5	0,1	0,4	0,0
18.08.2014	214,55	95,2	0,4	1,4	0,3	2,6	0,0
22.09.2014	119,25	94,4	0,6	3,0	0,1	1,9	0,0
21.10.2014	52,92	90,7	2,7	3,9	0,3	2,4	0,0

Дата	Общие величины	Долевой вклад (%)					
		сине-зеленых	крипто-фитовых	золотистых	диатомовых	зеленых	прочих
Биомасса, мг/л							
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1							
19.05.2014	1,79	0,0	16,2	15,2	6,4	50,87	11,38
25.06.2014	1,06	8,1	51,2	5,6	14,5	10,53	9,95
15.07.2014	0,84	12,3	49,0	5,6	13,9	4,35	14,88
11.08.2014	0,87	51,1	38,3	3,6	3,5	1,41	2,16
16.09.2014	1,40	42,0	26,0	6,9	9,1	8,49	7,49
13.10.2014	1,02	0,0	51,0	1,8	22,4	22,39	2,37
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2							
19.05.2014	1,25	0,0	10,2	27,0	2,0	54,2	6,6
25.06.2014	1,15	1,8	54,4	7,1	27,2	5,5	4,1
15.07.2014	1,14	38,4	25,8	2,9	27,8	3,3	1,9
11.08.2014	2,93	67,4	27,4	1,8	1,5	0,0	1,9
16.09.2014	1,56	31,2	27,5	4,4	26,7	8,0	2,2
13.10.2014	2,09	0,0	43,3	0,1	56,4	0,2	0,1
Озеро Мясро							
21.05.2014	3,38	0,4	6,5	0,5	68,9	0,1	23,6
23.06.2014	2,44	0,0	16,0	1,5	66,0	7,1	9,4
14.07.2014	1,60	15,2	13,8	15,5	51,4	2,7	1,3
12.08.2014	1,70	8,1	12,6	2,2	2,2	14,7	60,2
15.09.2014	0,78	0,0	22,3	8,0	54,3	15,2	0,0
20.10.2014	1,22	0,2	48,6	0,2	41,1	9,8	0,0
Озеро Баторино							
22.05.2014	3,98	2,5	2,8	30,9	21,8	22,4	19,7
24.06.2014	2,94	23,4	18,6	26,7	5,9	22,8	2,6
14.07.2014	7,92	57,1	0,0	28,1	1,5	12,2	1,1
18.08.2014	3,87	21,9	6,7	24,7	3,9	39,8	3,0
22.09.2014	4,69	13,5	6,8	65,7	0,8	12,2	0,9
21.10.2014	2,09	11,4	14,5	59,0	1,0	14,1	0,0

Таблица 4.12.5

Среднемесячные показатели степени количественного развития общего фитопланктона озер Нарочь, Мясро, Баторино в течение вегетационного сезона 2014 г.

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Общая численность организмов, млн орг/л						
Нарочь , Малый плес	4,20	2,33	1,22	1,24	1,94	1,60
Большой плес	4,07	2,71	1,15	3,51	2,05	2,13
Мясро	1,55	0,86	1,33	1,26	0,96	2,78
Баторино	8,50	4,25	12,03	8,10	6,10	4,19
Общая численность клеток, млн кл/л						
Нарочь , Малый плес	4,24	2,71	17,03	16,65	83,54	2,14
Большой плес	4,07	2,96	26,17	100,93	55,57	2,28
Мясро	4,15	1,69	27,41	14,48	1,38	4,74
Баторино	30,39	133,03	886,83	214,55	119,25	52,92

Озеро	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Общая биомасса, мг/л						
Нарочь , Малый плес	1,79	1,06	0,84	0,87	1,40	1,02
Большой плес	1,25	1,15	1,14	2,93	1,56	2,09
Мястро	3,38	2,44	1,60	1,70	0,78	1,22
Баторино	3,98	2,94	7,92	3,87	4,69	2,09

Как и в 2013 г., максимальная численность организмов фитопланктона в обоих плесах оз. Нарочь отмечена в мае, однако в двух других озерах в 2014 г. она пришлась в оз. Мястро на октябрь (в 2013 г. была в мае), в оз. Баторино – на июль (была в июне). Максимальная численность клеток в Малом плесе оз. Нарочь отмечена в сентябре, в Большом плесе – в августе, в оз. Мястро также в сентябре, в оз. Баторино – в июне; максимальная биомасса в Нарочи в Малом плесе – в мае, в Большом – в сентябре; в озерах Мястро и Баторино – в июле. Наибольшие в течение вегетационного сезона величины общей биомассы фитопланктона в Малом плесе оз. Нарочь отмечены в мае, в Большом – в августе, в оз. Мястро – в мае, в оз. Баторино – в июле (см. табл. 4.12.5).

Динамику развития фитопланктона Нарочанских озер, а также изменения в его структурном составе на протяжении вегетационного сезона 2014 г. можно проследить на рис. 3 и 4.

Как видно из рис. 3 и 4, в оз. Нарочь проявились два пика в развитии фитопланктона: по биомассе весенний – в мае и осенний – в сентябре (в Малом плесе) и в августе (в Большом), в оз. Мястро – один довольно растянутый весенний в апреле – мае, в оз. Баторино

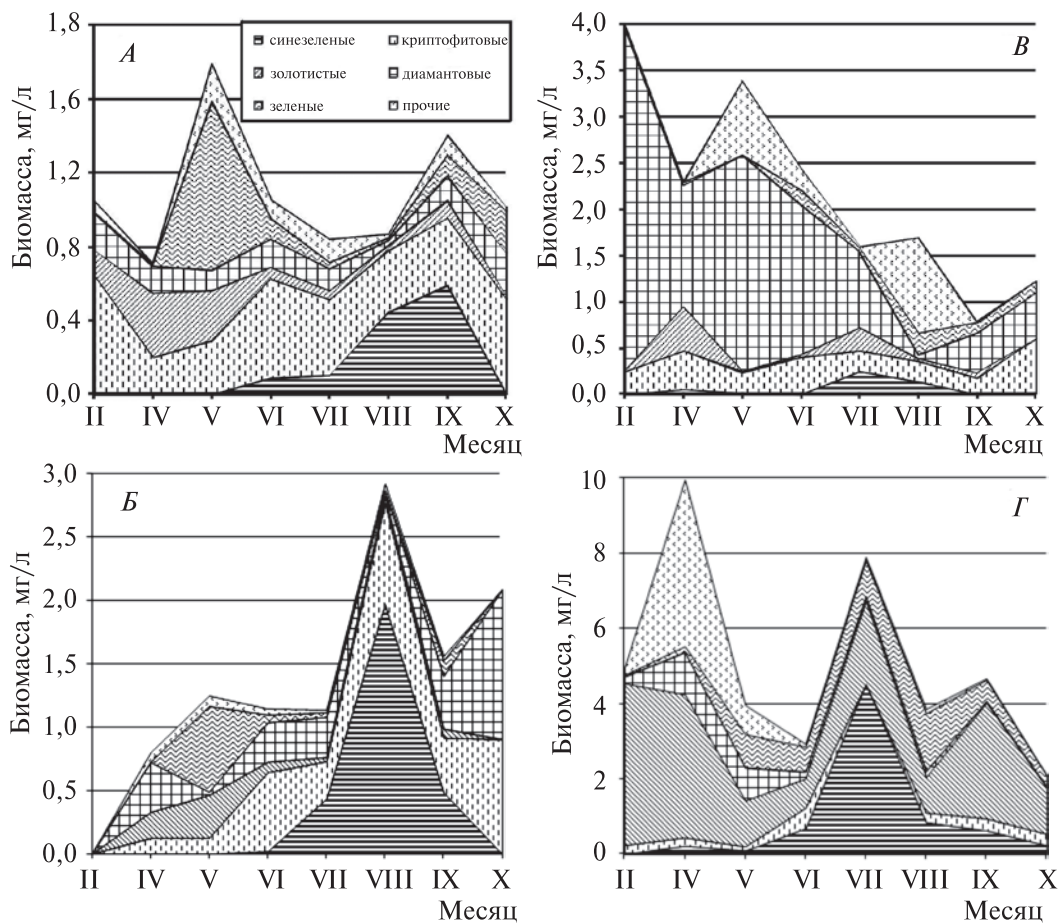


Рис. 3. Сезонная динамика и структурный состав фитопланктонного сообщества (В, мг/л) в 2014 г.: А – оз. Нарочь, Малый плес; Б – оз. Нарочь, Большой плес; В – оз. Мястро; Г – оз. Баторино

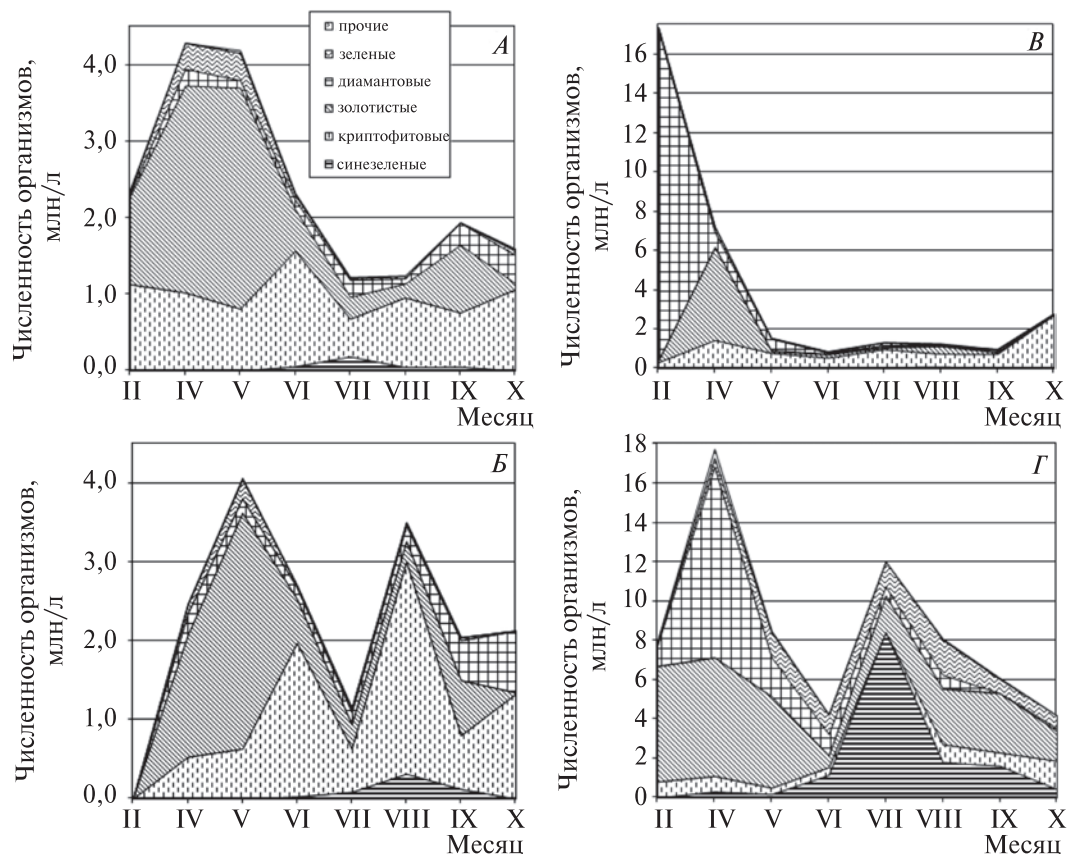


Рис. 4. Сезонная динамика и структурный состав фитопланктонного сообщества ($N_{орг}$ млн орг/л) в 2014 г.: А – оз. Нарочь, Малый плес; Б – оз. Нарочь, Большой плес; В – оз. Мястро; Г – оз. Баторино

весенний пик наступил также в апреле, а летний сместился по сравнению с 2013 г. на июль. В 2013 г. по биомассе был четко выражен только один максимум в июне – июле. Таким образом, можно отметить связь в наступлении пиков развития фитопланктона с климатическими особенностями года.

Абсолютные средневегетационные показатели количественного развития фитопланктона озер, а также относительная средняя значимость основных отделов в численности и биомассе представлена в табл. 4.12.6.

В целом для вегетационного сезона 2014 г. по численности клеток во всех озерах преобладали синезеленые, второе место в озерах Нарочь и Мястро заняли криптофитовые, в оз. Баторино – золотистые. По численности организмов в озерах Нарочь и Мястро лидировали криптофитовые, в оз. Баторино – золотистые, которые в озерах Нарочь и Мястро отошли на вторую позицию, а в оз. Баторино на втором месте стали цианопрокариоты. В 2012 г. в этом озере синезеленые были на первом месте, в 2013 г. второе место занимали диатомовые. По биомассе в 2014 г. в обоих плесах оз. Нарочь первое место заняли криптофитовые, в оз. Мястро – диатомовые, в оз. Баторино – золотистые. В 2013 г. по биомассе в Малом плесе оз. Нарочь и в оз. Мястро первое место занимали криптофитовые, в Большом плесе оз. Нарочь и в оз. Баторино – диатомовые в отличие от 2012 г., когда в озерах Нарочь и Баторино лидировали синезеленые, а в оз. Мястро – диатомовые. Некоторая смена лидирующих позиций имела место и среди других отделов водорослей. Вероятно, в первую очередь это связано с климатическими особенностями того или иного года.

В табл. 4.12.7 отражены средневегетационные весовые характеристики фитопланктонных сообществ озер и степень их «колониальности». Последняя по сравнению с предыдущим годом в оз. Нарочь снизилась примерно в 2,5 раза, в оз. Мястро, наоборот, возросла. Средний вес организма заметно увеличился только в оз. Мястро, а средний вес клетки в этом озере уменьшился вдвое, в оз. Нарочь он настолько же увеличился, а в оз. Баторино весовые различия среднего планктонного организма и клетки оказались несущественными.

Среднесезонные (V–X) значения величин количественного развития общего фитопланктона в озерах в 2014 г. и относительная (%) значимость основных доминирующих отделов водорослей в показателях количественного развития фитопланктона

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	2,09	1,12	–	2,60	1,06	–	1,46	0,69	–	7,19	2,99	–
синезеленые	4,1	5,7	IV	3,9	4,0	IV	2,5	3,1	IV	26,7	23,5	II
криптофитовые	50,2	21,3	I	51,4	23,8	I	69,5	17,3	I	11,6	12,0	III
золотистые	30,4	23,1	II	27,2	25,8	II	11,7	11,1	III	33,9	16,9	I
диатомовые	11,7	8,4	III	15,0	13,1	III	12,0	14,7	II	11,1	11,0	IV
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	21,05	31,36	–	32,00	39,62	–	8,97	10,22	–	239,49	323,73	–
синезеленые	49,1	49,6	I	49,1	51,6	I	46,2	42,4	I	90,0	12,9	I
криптофитовые	22,3	24,5	II	24,3	29,9	II	28,8	23,8	II	0,9	1,0	IV
золотистые	16,4	26,5	III	16,3	29,2	III	5,5	5,9	IV	4,1	5,7	II
диатомовые	6,0	8,8	IV	9,0	15,7	IV	15,2	14,2	III	2,0	4,1	III
$V_{\text{общ}}$, мг/л	1,16	0,37	–	1,69	0,71	–	1,85	0,93	–	4,25	2,01	–
синезеленые	18,9	22,1	II	23,1	27,5	III	4,0	6,4	IV	21,6	19,0	II
криптофитовые	38,6	14,7	I	31,4	15,4	I	20,0	14,9	II	8,3	7,1	III
золотистые	6,4	4,7	IV	7,2	10,0	IV	4,7	6,0	III	39,2	18,2	I
диатомовые	11,6	6,8	III	23,6	20,3	II	47,3	24,3	I	5,8	8,1	IV

Таблица 4.12.7

Степень «колониальности» и масса единицы фитопланктонных сообществ озер Нарочь, Мястро, Баторино в 2013 и 2014 гг. (среднее за сезон)

Озеро	$\frac{N_{\text{кл}}}{N_{\text{орг}}}$		$W_{\text{орг}} \cdot 10^{-6}$ мг		$W_{\text{кл}} \cdot 10^{-6}$ мг	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Нарочь , Малый плес	24,34	10,07	0,643	0,555	0,026	0,055
Большой плес	28,67	12,31	0,636	0,650	0,022	0,053
Мястро	3,10	6,14	0,625	1,267	0,204	0,111
Баторино	24,70	33,31	0,593	0,591	0,024	0,018

В табл. 4.12.8 дано сравнение средневегетационных величин количественного развития фитопланктона озер в 2014 г. со средними многолетними показателями за последние 14 лет.

Таблица 4.12.8

Средневегетационные значения показателей количественного развития общего фитопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино в различные периоды и годы наблюдений

Показатели	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1						
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	1,2 ± 0,2	2,2 ± 0,6	3,8 ± 3,8	1,8 ± 0,7	1,6 ± 1,2	2,1 ± 1,1
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	23,6 ± 17,7	29,3 ± 5,1	48,4 ± 50,5	70,0 ± 88,5	38,2 ± 58,8	21,1 ± 31,4
$V_{\text{общ}}$, мг/л	1,0 ± 0,4	1,2 ± 0,3	1,3 ± 0,4	1,5 ± 0,9	1,0 ± 0,7	1,2 ± 0,4
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	1,6 ± 0,5	2,0 ± 0,4	2,2 ± 1,6	2,3 ± 0,9	1,7 ± 0,5	2,6 ± 1,1
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	30,1 ± 19,7	38,7 ± 21,1	66,5 ± 109,9	105,5 ± 143,4	49,6 ± 74,1	32,0 ± 39,6
$V_{\text{общ}}$, мг/л	1,2 ± 0,6	1,1 ± 0,4	1,3 ± 0,7	1,4 ± 1,2	1,1 ± 0,5	1,7 ± 0,7
Озеро Мястро						
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	3,3 ± 1,1	3,1 ± 1,8	2,2 ± 1,3	2,9 ± 1,4	5,2 ± 2,7	1,5 ± 0,7
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	16,1 ± 13,2	24,1 ± 12,3	9,6 ± 6,4	58,1 ± 84,4	9,8 ± 5,7	9,0 ± 10,2
$V_{\text{общ}}$, мг/л	2,2 ± 0,7	4,0 ± 2,6	4,1 ± 5,4	5,1 ± 3,8	2,0 ± 0,9	1,9 ± 0,9
Озеро Баторино						
$N_{\text{общ}}$, млн орг/л	21,0 ± 12,8	16,5 ± 3,7	16,4 ± 9,9	15,6 ± 5,6	11,4 ± 6,0	7,2 ± 3,0
$N_{\text{общ}}$, млн кл/л	1014,0 ± 654,1	347,1 ± 264,9	113,7 ± 105,0	741,2 ± 498,7	279,8 ± 306,0	239,5 ± 323,7
$V_{\text{общ}}$, мг/л	11,3 ± 6,3	8,4 ± 2,9	5,3 ± 2,4	8,1 ± 2,6	6,7 ± 3,9	4,3 ± 2,0

Сравнивая многолетние за 2001–2005, 2006–2010 гг. и за 2011–2014 гг. средневегетационные показатели количественного развития фитопланктона Малого и Большого плесов оз. Нарочь, можно сказать, что в обоих плесах наблюдалась сходная картина изменений этих показателей в рассматриваемые периоды. Значения, отмеченные в 2014 г., сходны с

такowymi для 2001–2005 гг., впрочем, они не сильно отличаются и от величин для 2006–2010 гг. По показателям количественного развития фитопланктона в меньшую сторону в 2014 г. выделилось оз. Баторино, в котором в этом году оказались самые низкие значения почти всех количественных характеристик. Общая биомасса фитопланктона составила только $4,3 \pm 2,0$ мг/л (см. табл. 4.12.8).

4.13. Зоопланктон

Видовой состав зоопланктона Нарочанских озер за вегетационный период 2014 г. представлен в табл. 4.13.1.

Таблица 4.13.1

Видовой состав зоопланктона озер Нарочь, Мястро, Баторино
(вегетационный сезон)

Вид	Нарочь	Мястро	Баторино
Cladocera			
<i>Alonella</i> (Sars, 1862) sp.	+	–	+
<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>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1785)	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	+	+	+
<i>D. cuculata</i> (Sars, 1862)	+	+	+
<i>D. longiremis</i> (O. F. Müller, 1785)	+	–	–
<i>D. longispina</i> (O. F. Müller, 1785)	+	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	+	+	+
<i>Leptodora kindti</i> (Focke, 1844)	+	+	+
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	+	–	–
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller, 1776)	+	–	–
Copepoda			
<i>Cyclops</i> (O. F. Müller, 1776) sp.	+	+	+
<i>C. scutifer</i> (Sars, 1863)	+	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljebord, 1888)	+	+	+
<i>E. vulgaris</i> (Schmeil, 1898)	+	+	–
<i>Harpacticoida</i> (G. O. Sars, 1903) sp.	+	+	–
<i>Heterocope</i> (Sars, 1863) sp.	+	+	+
<i>Mesocyclops</i> (G. O. Sars, 1914) sp.	+	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	–	+
Rotifera			
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	+	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	+	–	–
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)	+	–	–
<i>Brachionus</i> (Pallas, 1766) sp.	+	–	–
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i> (Daday, 1883)	+	–	–
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	–	–

Вид	Нарочь	Мястро	Баторино
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	–	+	+
<i>Gastropus stylifer</i> (Imhof, 1891)	+	–	–
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (O. F. Müller, 1786)	+	–	–
<i>Lecane</i> (Nitzsch, 1827) sp.	+	–	–
<i>Polyarthra</i> (Ehrenberg, 1834) sp.	+	+	+
<i>P. dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	+	+	+
<i>P. major</i> (Burckhardt, 1900)	+	+	+
<i>P. remata</i> (Skorikov, 1896)	–	+	–
<i>P. vulgaris</i> (Carlin, 1943)	+	+	–
<i>Trichocerca</i> (Lamarck, 1801) sp.	–	–	+
<i>T. cylindrica</i> (Imhof, 1891)	–	–	+

В зоопланктоне исследуемых озер в 2014 г. отмечено 43 вида, из которых восемь – представители веслоногих ракообразных (18 % от общего количества видов) и практически одинаковое число видов ветвистоусых ракообразных и коловраток – 16 и 19 соответственно.

Среди общего числа видов зоопланктона четыре вида кладоцер – *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia longiremis*, *Polyphemus pediculus* и *Sida crystallina* – были зарегистрированы только в оз. Нарочь (см. табл. 4.13.1). В озерах Нарочь и Мястро в небольшом количестве отмечены представители отряда *Harpacticoida*. Среди видов коловраток специфичными оказались в оз. Нарочь *Bipalpus hudsoni*, *Conochilus unicornis*, *Brachionus* sp., *B. diversicornis*, *Euchlanis dilatata*, *Gastropus stylifer*, *Keratella quadrata*, *Lecane* sp., в оз. Мястро – *Polyarthra remata*, в оз. Баторино – *Trichocerca* sp. и *T. cylindrica*.

Величины численности и биомассы зоопланктона в озерах Нарочь, Мястро, Баторино представлены в табл. 4.13.2.

Таблица 4.13.2

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

Месяц	Cladocera		Copepoda		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								
IV	0,0	0,0	47,9	0,31	37,7	0,09	85,6	0,4
V	6,6	0,07	43,9	0,44	26,0	0,04	76,5	0,55
VI	14,0	0,19	38,0	0,63	106,0	0,04	158,0	0,86
VII	9,5	0,25	27,5	0,6	30,0	0,04	67,0	0,89
VIII	55,0	2,11	138,0	3,37	48,3	0,01	241,3	5,49
IX	18,0	0,91	36,6	1,11	14,3	0,02	68,9	2,04
X	41,5	1,11	51,5	2,82	20,0	0,28	113,0	4,21
<i>X ± SD</i>	20,7 ± ± 20,1	0,66 ± ± 0,77	54,8 ± ± 37,5	1,33 ± ± 1,24	40,3 ± ± 31,1	0,07 ± ± 0,09	115,8 ± ± 64,0	2,1 ± ± 2,0
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2								
IV	1,1	0,01	50,6	0,25	39,6	0,03	91,3	0,29
V	5,2	0,07	63,0	0,54	49,0	0,06	117,2	0,67
VI	23,0	0,22	39,1	0,34	89,7	0,06	151,8	0,62
VII	8,0	0,22	14,0	0,69	12,0	0,01	34,0	0,92

Месяц	Cladocera		Copepoda		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>
VIII	32,0	3,45	120,0	2,63	86,0	0,02	238,0	6,1
IX	32,0	1,25	112,0	3,31	16,0	0,05	160,0	4,61
X	29,0	1,13	55,5	2,39	0,5	0,01	85,0	3,53
<i>X ± SD</i>	18,6 ± ± 13,4	0,91 ± ± 1,23	64,9 ± 3 ± 8,3	1,45 ± ± 1,28	41,8 ± ± 35,5	0,03 ± ± 0,02	125,3 ± ± 65,6	2,4 ± ± 2,3
Озеро Мястро, пелагиаль								
IV	0,0	0,0	180,0	1,57	52,5	0,13	232,5	1,7
V	26,3	0,3	71,8	0,98	211,7	0,1	309,8	1,38
VI	25,0	0,25	82,5	0,64	62,5	0,08	170,0	0,97
VII	24,0	0,56	22,0	0,74	8,0	0,01	54,0	1,31
VIII	82,0	3,83	164,0	4,83	16,0	0,01	262,0	8,67
IX	98,0	2,52	188,0	5,37	132,0	0,09	418,0	7,98
X	110,0	1,81	90,0	4,36	86,0	1,68	286,0	7,85
<i>X ± SD</i>	52,2 ± ± 43,3	1,32 ± ± 1,44	114,0 ± ± 63,4	2,64 ± ± 2,11	81,2 ± ± 71,2	0,3 ± ± 0,61	247,5 ± ± 114,2	4,3 ± ± 3,7
Озеро Баторино, пелагиаль								
IV	32,0	0,16	90,0	0,65	210,0	0,25	332,0	1,06
V	340,0	1,81	110,0	1,08	205,0	0,16	655,0	3,05
VI	110,0	1,49	115,0	1,72	53,0	0,13	278,0	3,34
VII	184,0	5,24	158,0	6,74	14,0	0,01	356,0	11,99
VIII	258,0	5,93	96,0	2,26	68,0	0,07	422,0	8,26
IX	404,0	8,27	140,0	3,94	44,0	0,17	588,0	12,38
X	452,0	6,1	100,0	3,33	82,0	0,93	634,0	10,36
<i>X ± SD</i>	254,3 ± ± 154,9	4,14 ± ± 3,0	115,6 ± ± 24,9	2,81 ± ± 2,08	96,6 ± ± 78,7	0,25 ± ± 0,31	466,4 ± ± 156,1	7,2 ± ± 4,7

В оз. Нарочь в Малом и Большом плесах на протяжении всего вегетационного сезона наблюдалась сходная картина развития зоопланктона. С апреля по июнь можно отметить постепенный рост численности сообществ, которая составила в июне 158,0 и 151,8 тыс. экз/м³ соответственно. Затем было отмечено некоторое падение численности в июле с последующей вспышкой в августе, когда были зарегистрированы максимальные значения численности в Малом и Большом плесах озера за весь вегетационный сезон (241,3 и 238,0 тыс. экз/м³ соответственно). Если в июне максимум численности обусловлен главным образом развитием представителей типа Rotifera, то в августе — за счет представителей типа Copepoda. В августе также были зафиксированы максимальные показатели биомассы зоопланктона: в Малом плесе она составила 5,49 г/м³, в Большом — 6,1 г/м³.

В оз. Мястро высокие показатели численности были отмечены в мае и сентябре (309,8 и 418,0 тыс. экз/м³ соответственно). Максимум биомассы пришелся на август (8,67 г/м³).

Озеро Баторино характеризовалось сравнительно высокими показателями численности и биомассы на протяжении всего вегетационного сезона. С апреля по май наблюдался постепенный рост численности зоопланктона с максимальным значением в мае — 655,0 тыс. экз/м³, затем следовало кратковременное падение численности и последующий постепенный ее рост до конца сезона (октябрь), когда численность достигла 634 тыс. экз/м³. Значения максимальной биомассы зафиксированы в июле (11,99 г/м³) и сентябре (12,38 г/м³).

Распределение доминирующих групп зоопланктона по численности и биомассе на протяжении вегетационного периода представлено в табл. 4.13.3.

Таблица 4.13.3

**Доля отдельных групп зоопланктона (%) в общей его численности
и биомассе в озерах Нарочь, Мястро, Баторино в 2014 г.**

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						
IV	0,0	0,0	56,0	77,5	44,0	22,5
V	8,6	12,7	57,4	80,0	34,0	7,3
VI	8,8	22,1	24,1	73,2	67,1	4,7
VII	14,2	28,1	41,0	67,4	44,8	4,5
VIII	22,8	38,4	57,2	61,4	20,0	0,2
IX	26,1	44,6	53,1	54,4	20,8	1,0
X	36,7	26,4	45,6	67,0	17,7	6,6
Среднее за сезон $\pm SD$	16,7 \pm 12,5	24,6 \pm 15,0	47,8 \pm 12,2	68,7 \pm 9,0	35,5 \pm 17,9	6,7 \pm 7,4
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2						
IV	1,2	3,5	55,4	86,2	43,4	10,3
V	4,4	10,4	53,8	80,6	41,8	9,0
VI	15,1	35,5	25,8	54,8	59,1	9,7
VII	23,5	23,9	41,2	75,0	35,3	1,1
VIII	13,5	56,6	50,4	43,1	36,1	0,3
IX	20,0	27,1	70,0	71,8	10,0	1,1
X	34,1	32,0	65,3	67,7	0,6	0,3
Среднее за сезон $\pm SD$	16,0 \pm 11,3	27,0 \pm 17,4	51,7 \pm 14,8	68,5 \pm 15,0	32,3 \pm 20,2	4,5 \pm 4,8
Озеро Мястро, пелагиаль						
IV	0,0	0,0	77,4	92,4	22,6	7,6
V	8,5	21,7	23,2	71,0	68,3	7,3
VI	14,7	25,8	48,5	66,0	36,8	8,2
VII	44,5	42,7	40,7	56,5	14,8	0,8
VIII	31,3	44,2	62,6	55,7	6,1	0,1
IX	23,4	31,6	45,0	67,3	31,6	1,1
X	38,5	23,1	31,5	55,5	30,0	21,4
Среднее за сезон $\pm SD$	23,0 \pm 16,2	27,0 \pm 14,9	47,0 \pm 18,3	66,3 \pm 13,1	30,0 \pm 19,9	6,6 \pm 7,4
Озеро Баторино, пелагиаль						
IV	9,6	15,1	27,1	61,3	63,3	23,6
V	51,9	59,3	16,8	35,4	31,3	5,3
VI	39,5	44,6	41,4	51,5	19,1	3,9
VII	51,7	43,7	44,4	56,2	3,9	0,1
VIII	61,1	71,8	22,8	27,4	16,1	0,8
IX	68,7	66,8	23,8	31,8	7,5	1,4
X	71,3	58,9	15,8	32,1	12,9	9,0
Среднее за сезон $\pm SD$	50,5 \pm 21,1	51,5 \pm 19,1	27,4 \pm 11,3	42,2 \pm 13,7	22,0 \pm 20,2	6,3 \pm 8,2

В озерах Нарочь и Мястро наблюдается схожая картина соотношения долей кладоцер, копепод и коловраток как по численности, так и по биомассе. В оз. Баторино максимальный вклад в численность вносили кладоцеры – 50,5 %, в биомассу – кладоцеры (51,5 %) и копеподы (42,2 %).

Среднесезонные значения численности и биомассы зоопланктона Нарочанских озер в 2014 г. несколько отличаются от предыдущих лет (табл. 4.13.4).

Таблица 4.13.4

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

Численность, тыс. экз/м ³				Биомасса, г сырой массы/м ³			
2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Озеро Нарочь*							
122,9 ± 88,2	72,5 ± 45,2	101,7 ± 36,0	120,5 ± 62,4	0,92 ± 0,58	0,43 ± 0,29	0,69 ± 0,23	2,2 ± 2,1
Озеро Мястро							
162,1 ± 54,8	164,0 ± 63,4	176,8 ± 83,2	247,5 ± 114,2	1,71 ± 0,62	1,83 ± 0,57	1,80 ± 1,10	4,3 ± 3,7
Озеро Баторино							
317,9 ± 72,3	234,8 ± 80,7	282,0 ± 63,9	466,4 ± 156,1	3,18 ± 1,53	1,84 ± 0,77	2,31 ± 0,32	7,2 ± 4,7

*Среднее для Малого и Большого плесов.

Численность зоопланктона оз. Нарочь в 2014 г. находилась в пределах средних многолетних величин, в озерах Мястро и Баторино эти величины были выше, чем в предыдущие годы. Значения биомассы во всех Нарочанских озерах в 2014 г. выросли практически в два раза в сравнении с предыдущими годами.

4.14. Бактериопланктон

Данные исследований бактериального сообщества за вегетационный сезон 2014 г. представлены в табл. 4.14.1.

В начале вегетационного сезона на Малом и Большом плесах оз. Нарочь по сравнению с весенним периодом численность бактерий практически не изменилась. Возросла концентрация бактериопланктона в июне, достигнув пика в июле – соответственно $3,45 \pm 0,37$ и $3,08 \pm 0,40$ млн кл/мл. К концу вегетационного сезона происходит постепенное снижение численности бактерий на обоих плесах оз. Нарочь – до $1,67 \pm 0,31$ млн кл/мл в Малом плесе и $1,75 \pm 0,29$ млн кл/мл в Большом. Средневегетационная численность бактериопланктона составляет в Малом плесе $2,38 \pm 0,72$, в Большом – $2,20 \pm 0,52$ млн кл/мл.

В озерах Мястро и Баторино максимальные значения отмечены в июне – $3,82 \pm 0,89$ и $4,87 \pm 1,24$ млн кл/мл соответственно. Как и в оз. Нарочь, к концу вегетационного сезона концентрация бактерий в этих озерах снижается. В среднем для вегетационного сезона численность бактериопланктона составляет в оз. Мястро $3,05 \pm 0,52$, в оз. Баторино $3,79 \pm 0,97$ млн кл/мл.

На рис. 5 представлено изменение концентрации бактерий в озерах в течение вегетационного сезона.

Как видно из рисунка, численность бактерий в течение вегетационного сезона 2014 г. в озерах Нарочь и Мястро различалась незначительно. В среднем за вегетационный сезон численность бактериопланктона в оз. Мястро была выше, чем в оз. Нарочь в 1,3 раза, а в оз. Баторино – в 1,7 раза.

Средневегетационная биомасса бактериопланктона в исследуемых озерах представлена на рис. 6.

**Численность, биомасса бактерий и их морфометрические параметры
в озерах Нарочанской группы (вегетационный сезон 2014 г.)**

Дата	Горизонт, м	Численность, млн кл/мл		Площадь, мкм ²	Отношение длины к ширине		Длина, мкм	Ширина, мкм	Диаметр, мкм		Периметр, мкм	Объем, мкм ³		Биомасса, мг/л					
		X	±SD		X	±SD			X	±SD		X	±SD	X	±SD	X	±SD		
Озеро Нарочь, Малый плес, Буй-1																			
19.05.14	интегральная проба	1,80	0,22	0,26	0,06	1,41	0,06	0,69	0,08	0,48	0,05	0,54	0,06	1,86	0,23	0,076	0,026	0,138	0,052
25.06.14		3,09	0,24	0,21	0,03	1,36	0,08	0,61	0,06	0,44	0,04	0,48	0,04	1,61	0,14	0,056	0,012	0,173	0,039
15.07.14		3,45	0,37	0,21	0,04	1,35	0,05	0,62	0,04	0,44	0,04	0,49	0,04	1,65	0,16	0,058	0,014	0,199	0,050
11.08.14		2,24	0,40	0,25	0,07	1,52	0,10	0,71	0,07	0,46	0,07	0,55	0,07	1,90	0,25	0,079	0,039	0,171	0,061
16.09.14		2,04	0,32	0,24	0,05	1,32	0,08	0,64	0,06	0,47	0,07	0,51	0,05	1,72	0,20	0,069	0,022	0,143	0,051
13.10.14		1,67	0,31	0,25	0,06	1,36	0,10	0,67	0,08	0,47	0,07	0,53	0,05	1,77	0,23	0,075	0,026	0,123	0,039
Среднее за сезон ±SD		2,38 ± 0,72		0,24 ± 0,02		1,39 ± 0,07		0,66 ± 0,04		0,46 ± 0,02		0,52 ± 0,03		1,75 ± 0,11		0,069 ± 0,010		0,158 ± 0,028	
Озеро Нарочь, Большой плес, Буй-2																			
19.05.14	интегральная проба	1,85	0,19	0,30	0,05	1,47	0,11	0,75	0,07	0,50	0,05	0,58	0,05	1,99	0,18	0,094	0,022	0,175	0,049
25.06.14		2,39	0,21	0,20	0,04	1,36	0,09	0,61	0,05	0,43	0,06	0,48	0,04	1,59	0,19	0,054	0,016	0,129	0,039
15.07.14		3,08	0,40	0,21	0,02	1,41	0,08	0,62	0,04	0,43	0,03	0,48	0,02	1,64	0,09	0,055	0,007	0,168	0,029
11.08.14		2,40	0,34	0,23	0,06	1,46	0,15	0,67	0,08	0,43	0,07	0,51	0,06	1,76	0,26	0,067	0,027	0,161	0,072
16.09.14		1,76	0,46	0,23	0,04	1,36	0,10	0,63	0,06	0,45	0,05	0,50	0,04	1,67	0,19	0,062	0,015	0,111	0,048
13.10.14		1,75	0,29	0,29	0,07	1,35	0,06	0,71	0,10	0,51	0,06	0,57	0,08	1,92	0,28	0,092	0,041	0,158	0,060
Среднее за сезон ±SD		2,20 ± 0,52		0,24 ± 0,04		1,40 ± 0,05		0,67 ± 0,06		0,46 ± 0,04		0,52 ± 0,04		1,76 ± 0,16		0,071 ± 0,018		0,150 ± 0,025	
Озеро Мясро																			
21.05.14	интегральная проба	3,20	0,44	0,23	0,05	1,46	0,08	0,68	0,07	0,44	0,05	0,52	0,05	1,76	0,21	0,067	0,018	0,215	0,071
23.06.14		3,82	0,49	0,23	0,03	1,42	0,07	0,66	0,04	0,45	0,04	0,51	0,03	1,75	0,14	0,064	0,012	0,248	0,073
14.07.14		3,20	0,60	0,32	0,06	1,37	0,07	0,77	0,07	0,54	0,06	0,61	0,06	2,10	0,24	0,109	0,031	0,338	0,082
12.08.14		3,13	0,36	0,22	0,03	1,46	0,09	0,66	0,05	0,42	0,03	0,50	0,03	1,70	0,15	0,057	0,010	0,179	0,036
15.09.14		2,68	0,38	0,24	0,04	1,44	0,08	0,66	0,05	0,45	0,04	0,52	0,04	1,75	0,16	0,068	0,015	0,183	0,055
20.10.14		2,29	0,37	0,22	0,05	1,39	0,07	0,62	0,06	0,43	0,06	0,50	0,05	1,65	0,21	0,062	0,018	0,142	0,049
Среднее за сезон ±SD		3,05 ± 0,52		0,24 ± 0,05		1,42 ± 0,04		0,68 ± 0,05		0,46 ± 0,04		0,53 ± 0,04		1,79 ± 0,16		0,071 ± 0,019		0,217 ± 0,069	
Озеро Багорино																			
22.05.14	интегральная проба	3,64	0,58	0,47	0,07	1,47	0,18	0,95	0,09	0,62	0,06	0,76	0,07	2,65	0,25	0,196	0,047	0,718	0,224
24.06.14		4,87	1,24	0,46	0,11	1,46	0,14	0,93	0,10	0,62	0,10	0,73	0,09	2,64	0,39	0,187	0,070	0,928	0,482
14.07.14		4,57	0,76	0,36	0,12	1,49	0,13	0,83	0,13	0,52	0,09	0,65	0,11	2,28	0,43	0,134	0,066	0,598	0,287
18.08.14		3,97	0,66	0,29	0,14	1,70	0,14	0,76	0,16	0,44	0,10	0,57	0,13	2,03	0,53	0,097	0,074	0,394	0,353
22.09.14		3,56	0,89	0,25	0,06	1,48	0,08	0,70	0,08	0,45	0,06	0,54	0,06	1,80	0,25	0,076	0,026	0,266	0,103
21.10.14		2,12	0,34	0,28	0,06	1,36	0,07	0,70	0,08	0,49	0,06	0,55	0,07	1,90	0,25	0,087	0,035	0,183	0,069
Среднее за сезон ±SD		3,79 ± 0,97		0,35 ± 0,10		1,49 ± 0,11		0,81 ± 0,11		0,52 ± 0,08		0,63 ± 0,09		2,22 ± 0,37		0,129 ± 0,052		0,514 ± 0,285	

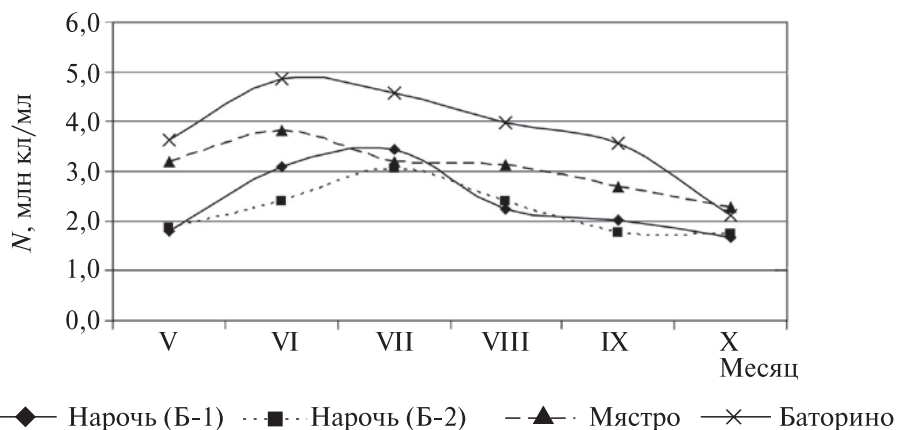


Рис. 5. Сезонный ход численности бактериопланктона в озерах Нарочанской группы

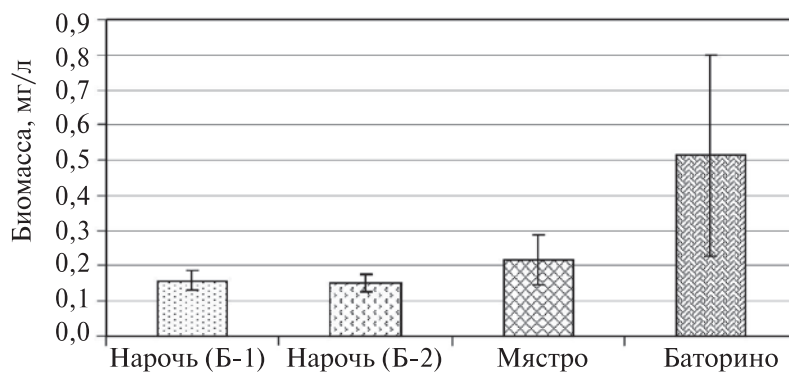


Рис. 6. Средневегетационная биомасса бактериопланктона в озерах Нарочанской группы в 2014 г.

В Малом плесе оз. Нарочь средняя за вегетационный сезон биомасса составляла $0,158 \pm 0,028$, в Большом – $0,150 \pm 0,025$ мг/л, в оз. Мястро – $0,217 \pm 0,069$ и в оз. Баторино – $0,514 \pm 0,285$ мг/л. В оз. Баторино средневегетационная биомасса бактерий в 2,4 раза выше, чем в оз. Мястро, и в 3,3 раза выше в сравнении с оз. Нарочь. Такая биомасса в оз. Баторино обусловлена не только более высокой численностью, но и более крупными бактериальными клетками. На рис. 7 представлена частота встречаемости клеток разного объема.

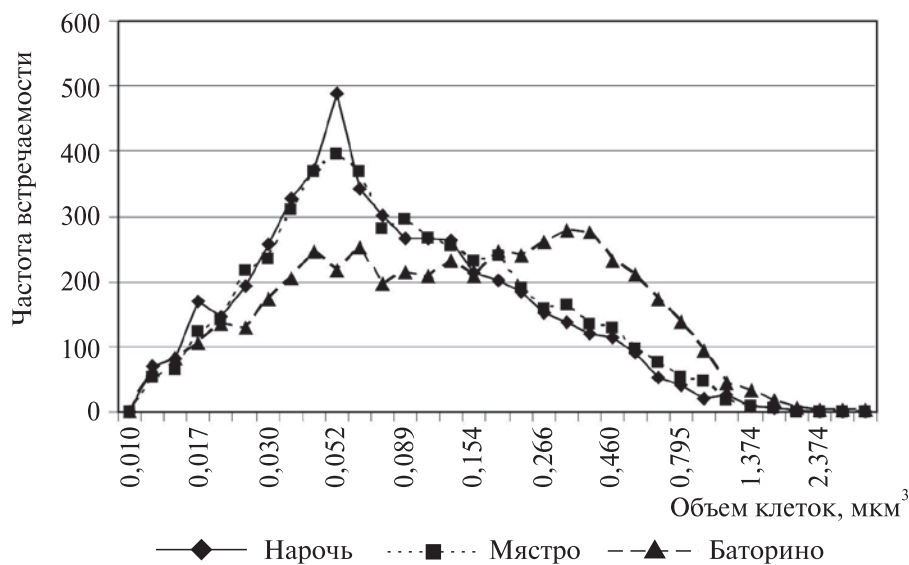


Рис. 7. Частота встречаемости бактериальных клеток разного объема в озерах Нарочь, Мястро и Баторино (вегетационный сезон, 2014 г.)

В озерах Нарочь и Мясро размерный спектр бактериопланктона практически одинаков. Основная масса клеток находится в диапазоне 0,05–0,07 мкм³. В оз. Баторино размерный диапазон наиболее часто встречающихся клеток значительно шире – 0,05–0,50 мкм³.

Данные количественного развития бактериопланктона текущего года в сравнении с многолетними представлены в табл. 4.14.2.

Таблица 4.14.2

Численность бактериопланктона (млн кл/мл) в озерах за вегетационный сезон 2014 г. в сравнении с многолетними данными

Месяц	2001–2005 гг.		2006–2010 гг.		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
	<i>X</i>	<i>SD</i>	<i>X</i>	<i>SD</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
Озеро Нарочь (средние величины для Малого и Большого плесов)								
V	0,96	0,49	1,72	0,50	1,98	1,50	1,41	1,83
VI	1,37	0,73	1,90	0,58	1,85	2,44	1,56	2,74
VII	1,72	0,69	2,20	0,61	2,55	2,73	3,33	3,26
VIII	1,68	0,54	2,47	0,52	1,85	3,61	3,15	2,32
IX	1,15	0,35	1,87	0,63	1,30	2,43	2,46	1,90
X	0,75	0,02	1,89	0,42	1,04	1,81	2,09	1,71
Среднее за сезон ± <i>SD</i>	1,20 ± 0,39		2,01 ± 0,27		1,76 ± 0,53	2,42 ± 0,74	2,33 ± 0,80	2,29 ± 0,61
Озеро Мясро								
V	1,85	0,44	2,70	0,94	5,84	2,82	1,25	3,20
VI	2,19	0,60	2,69	0,98	4,21	3,09	3,51	3,82
VII	2,79	0,63	3,02	1,14	9,41	3,53	3,88	3,20
VIII	2,89	0,47	3,84	1,39	4,02	4,39	3,83	3,13
IX	2,14	0,47	3,01	0,98	3,62	4,42	2,86	2,68
X	1,58	0,51	2,97	1,11	3,09	3,31	2,53	2,29
Среднее за сезон ± <i>SD</i>	2,24 ± 0,52		3,04 ± 0,42		5,03 ± 2,34	3,59 ± 0,67	2,98 ± 1,00	3,05 ± 0,52
Озеро Баторино								
V	2,94	0,37	3,32	1,81	2,81	3,49	3,38	3,64
VI	3,93	0,97	4,63	1,98	3,58	4,87	4,33	4,87
VII	5,59	0,80	5,20	1,69	7,20	7,31	6,41	4,57
VIII	5,64	1,29	5,86	1,06	3,57	8,38	4,43	3,97
IX	4,48	1,95	4,19	1,54	4,39	6,15	3,45	3,56
X	2,94	0,77	3,64	1,63	4,75	5,25	3,35	2,12
Среднее за сезон ± <i>SD</i>	4,25 ± 1,21		4,47 ± 0,96		4,38 ± 1,54	4,23 ± 1,18	4,23 ± 1,18	3,79 ± 0,97

В оз. Нарочь численность бактериопланктона в 2014 г. по сравнению с предыдущими годами исследований находилась на прежнем уровне – 2,29 ± 0,61 млн кл/мл (2,33 ± 0,80 – 2013 г.; 2,42 ± 0,74 – 2012 г.). В оз. Мясро также не происходит значительных изменений, а в оз. Баторино наблюдается некоторое снижение численности бактерий по сравнению с двумя предыдущими годами – 3,79 ± 0,97 млн кл/мл в 2014 г. против 4,23 ± 1,18 (2013 г.) и 4,23 ± 1,18 млн кл/мл (2012 г.).

Таким образом, изучение бактериального сообщества в 2014 г. показало, что в озерах Нарочанской группы происходят среднегодовые колебания численности бактерий, характерные для трофического статуса данных озер.

4.15. Макрозообентос

Отбор макрозообентоса проводился 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 глубины. В разделе представлены данные для 2013 г. в силу того, что пробы, отобранные в 2014 г., в соответствии с существующими методиками [12] должны выдерживаться не менее четырех месяцев со дня фиксации организмов для стабилизации их веса. Результаты камеральной обработки этих проб будут представлены в выпуске «Бюллетеня» за 2015 г.

Видовой состав макробентоса трех озер представлен в табл. 4.15.1. Всего в 2013 г. отмечено 130 таксонов бентосных беспозвоночных организмов, из них в оз. Нарочь – 114, в оз. Мястро – 88 и в оз. Баторино – 64.

Таблица 4.15.1

**Видовой состав бентоса озер Нарочь, Мястро и Баторино
(по данным сборов 2013 г.)**

Видовой состав	Озера
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 Nematelminthes	
Класс Nematoda	
<i>Nematoda</i> n/det	Н, М, Б
Класс Nematomorpha, Gordiacea	
<i>Gordius aquaticus</i> (Linne)	Н, М
Тип Annelida	
Класс Clitellata	
Подкласс Oligochaeta	
<i>Oligochaeta</i> n/det	Н, М, Б
Подкласс Hirudinea	
Отряд Rhynchobdellida	
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>Piscicola geometra</i> (Linne, 1761)	Н
Отряд Arhynchobdellida	
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>E. nigracollis</i> (Brandes, 1900)	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

Видовой состав	Озера
Отряд Luciniformes	
<i>Sphaerium</i> (Scopoli, 1777) sp.	Н, М, Б
<i>Pisidium</i> (Pfeiffer, 1821) sp.	Н, М, Б
<i>Musculium</i> (Link, 1807) sp.	Н, М
<i>Euglesa</i> (Leach in Jenyns, 1832) sp.	Н, М, Б
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)	Н, М, Б
<i>L. glutinosa</i> (O. F. Müller, 1774)	Н
<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
<i>Anisus vortex</i> (Linne, 1758)	Н
<i>A. vorticulus</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
<i>A. septemgyratus</i> (Rossmassler, 1835)	Н
<i>A. strauchianus</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>Planorbarius corneus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>P. purpura</i> (O. F. Müller, 1774)	Н, М
<i>Physa fontinalis</i> (Linne, 1758)	Н
Отряд Ectobranchia	
<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, М, Б
<i>V. planorbulina</i> (Paladilhe, 1867)	Н, М, Б
<i>V. ambigua</i> (Westerlun, 1873)	Н, М, Б
<i>V. antiqua</i> (Sowerby, 1838)	М, Б
<i>V. profunda</i> (Clessin, 1887)	М
<i>Borysthenia naticina</i> (Menke, 1845)	Н
Отряд Vivipariformes	
<i>Viviparus viviparus</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>V. contectus</i> (Millet, 1813)	Н
Отряд Rissoiformes	
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
<i>B. inflata</i> (Hansen, 1845)	Н
<i>Codiella leachi</i> (Sheppard, 1823)	Н

Видовой состав	Озера
Отряд Neritopsiformes	
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linne, 1758)	Н, М
Тип Arthropoda	
Класс Crustacea	
Отряд Amphipoda	
<i>Gammarus lacustris</i> (G. O. Sars, 1867)	Н, М
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.	Б
Отряд Odonata	
<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linne, 1758)	Н
<i>S. danae</i> (Sulzer, 1776)	Н
<i>S. vulgatum</i> (Linnaeus, 1758)	Н
<i>Libellula depressa</i> (Linne, 1758)	Н, М
<i>L. quadrimaculata</i> (Linne, 1758)	Н
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
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
<i>Notonecta</i> (Linne, 1758) sp.	Н, М, Б
<i>Gerris lacustris</i> (Linne, 1758)	Н, М, Б
Отряд Coleoptera	
<i>Donacia</i> (Fabricius, 1775) sp.	М
<i>Halipus</i> (Latreille, 1802) sp.	Н
Отряд Trichoptera	
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens, 1836)	Н, М, Б
<i>Anabolia soror</i> (McLachlan, 1875)	М
<i>Limnephilus stigma</i> (Curtis)	М
<i>L.</i> (Leach, 1815) sp.	Н, М
<i>Molanna angustata</i> (Curtis, 1834)	Н, Б
<i>Cyrnus flavidus</i> (McLachlan, 1864)	Н, М, Б
<i>Holocentropus picicornis</i> (Stephens, 1836)	М
<i>Orthotrichia tetensii</i> (Kolbe, 1887)	Н
<i>Leptocerus tineiformis</i> (Curtis, 1834)	Н, М
<i>L. aterrimus</i> (Stephens, 1836)	Н
<i>Tricholeiochiton fagessi</i> (Guinard, 1879)	Н
<i>Oxyethira costalis</i> (Curtis, 1834)	Н, М
<i>Semblis phalaenoides</i> (Linnaeus, 1758)	Н

Видовой состав	Озера
Отряд Diptera	
<i>Ceratopogonidae</i> gen. sp.	Н, М, Б
<i>Chaoborus cristallinus</i> de Geer	М, Б
<i>Tabanus</i> (Linne, 1758) sp.	М
Сем. Chironomidae	
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>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</i> gr. <i>exiguus</i> (Johannsen, 1937)	Н, М, Б
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger, 1839)	Н
<i>Glyptotendipes</i> gr. <i>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>C. tentans</i> (Fabricius, 1805)	Н, М
<i>Limnochironomus</i> gr. <i>nervosus</i> (Staeger, 1839)	Н, М
<i>L. gr. tritonus</i> (Kieffer, 1916)	Н, М, Б
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i> (Kieffer, 1921)	Н, М, Б
<i>Cr. gr. viridulus</i> (Fabricius, 1805)	Н, М
<i>Cr. gr. vulneratus</i> (Zetterstedt, 1860)	Н, М, Б
<i>Cr. gr. camptolabis</i> (Kieffer, 1924)	Н
<i>Cr. gr. conjungens</i> (Kieffer, 1918)	М
<i>Einfeldia pagana</i> (Meigen, 1838)	Н
<i>E. gr. carbonaria</i> (Meigen, 1928)	М, Б
<i>Polypedilum</i> gr. <i>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</i> gr. <i>tendens</i> (Fabricius, 1794)	Н, М, Б
<i>En. gr. dispar</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>Microtendipes</i> gr. <i>chloris</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>Stictochironomus</i> gr. <i>histrion</i> (Fabricius, 1794)	Н, М, Б
<i>Psectrocladius</i> gr. <i>psilopterus</i> (Kieffer, 1906)	Н, М
<i>Cricotopus</i> gr. <i>algarum</i> (Kieffer, 1911)	Н
<i>C. gr. silvestris</i> (Fabricius, 1794)	Н
<i>Orthocladius</i> gr. <i>saxicola</i> (Kieffer, 1911)	Н
<i>Micropsectra praecox</i> (Meigen, 1818)	Н, М, Б
<i>Harnischia fuscimanus</i> (Kieffer, 1921)	Н
<i>Pentapedilum</i> gr. <i>exectum</i> (Kieffer, 1915)	Н, М, Б
<i>Tanypus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	М
<i>T. punctipennis</i> (Meigen, 1918)	М

Видовой состав	Озера
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>lentiginosa</i> (Fries, 1823)	Н, М, Б
<i>Ab.</i> (Johannsen, 1905) sp.	Н, М, Б
<i>Procladius</i> (Scuse, 1889) sp.	Н, М, Б
<i>Parachironomus vitiosus</i> (Goetghebuer, 1921)	Н
<i>Harnischia fuscimanus</i> (Kieffer, 1921)	Н
<i>Pentapedilum</i> gr. <i>exectum</i> (Kieffer, 1915)	Н, М, Б
<i>Tanypus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	М
<i>T. punctipennis</i> (Meigen, 1918)	М
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>lentiginosa</i> (Fries, 1823)	Н, М, Б
<i>Ab.</i> (Johannsen, 1905) sp.	Н, М, Б
<i>Procladius</i> (Scuse, 1889) sp.	Н, М, Б
<i>Parachironomus vitiosus</i> (Goetghebuer, 1921)	Н

По сравнению со списком видов в озерах за 2012 г. в оз. Нарочь в 2013 г. прибавились следующие виды: *Limnaea glutinosa* (O. F. Müller, 1774); *Anisus strauchianus* (Clessin, 1886); *Borysthenia naticina* (Menke, 1845); *Sympetrum danae* (Sulzer, 1776); *S. vulgatum* (Linne, 1758); *Libellula quadrimaculata* (Linne, 1758); *Leptoceris aterrimus* (Stephens, 1836); *Tricholeiochiton fagessi* (Guinard, 1879); *Oxyethira costalis* (Curtis, 1834); *Semblis phalaenoides* (Linnaeus, 1758); *Polypedilum* gr. *convictum* (Walker, 1856); *P.* (*Polypedilum*) *nubeculosum* (Meigen, 1818); *Parachironomus vitiosus* (Goetghebuer, 1921); в оз. Мясстро: *Euglesa* (Leach in Jenyns, 1832) sp.; *Gammarus lacustris* (G. O. Sars, 1867); *Libellula depressa* (Linne, 1758); *Ephemera vulgata* (Linne, 1758); *Cloeon dipterum* (Linne, 1758); *Anabolia soror* (McLachlan, 1875); *Limnephilus stigma* (Curtis); *Holocentropus picicornis* (Stephens, 1836); *Oxyethira costalis* (Curtis, 1834); *Tabanus* (Linne, 1758) sp.; *Rheotanytarsus* gr. *exiguus* (Johannsen, 1937); *Cryptochironomus* gr. *conjungens* (Kieffer, 1918); *Pentapedilum* gr. *exectum* (Kieffer, 1915) и в оз. Баторино: *Unio* (Philipson, 1788) sp.; *Euglesa* (Leach in Jenyns, 1832) sp.; *Segmentina nitida* (O. F. Müller, 1774); *Valvata piscinalis* (O. F. Müller, 1774); *V. pulchella* (Studer, 1820); *V. planorbulina* (Paladilhe, 1867); *V. antiqua* (Sowerby, 1838); *Sialis* (Latreille, 1802) sp.; *Athripsodes aterrimus* (Stephens, 1836); *Cyrnus flavidus* (McLachlan, 1864); *Rheotanytarsus* gr. *exiguus* (Johannsen, 1937); *Cryptochironomus* gr. *vulneratus* (Zetterstedt, 1860); *Endochironomus* gr. *dispar* (Meigen, 1818); *Pentapedilum* gr. *exectum* (Kieffer, 1915).

Не были обнаружены по данным сборов за 2013 г. (по сравнению с 2012 г.) в оз. Нарочь виды: *Sialis* (Latreille, 1802) sp.; *Coenagrion puella* (Linne, 1758); *C. pulchellum* (van der Linden, 1823); *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1828); *Donacia* (Fabricius, 1775) sp.; *Holocentropus picicornis* (Stephens, 1836); *Culex* (Linne, 1758) sp.; в оз. Мясстро: *Piscicola geometra* (Linne, 1761); *Anisus vortex* (Linne, 1758); *A. vorticulus* (Troschel, 1834); *A. dispar* (Westerlun, 1871); *A. contortus* (Linne, 1758); *A.* (Studer, 1820) sp.; *Sialis* (Latreille, 1802) sp.; *Sympetrum flaveolum* (Linne, 1758); *Halipilus* (Latreille, 1802) sp.; *Molanna angustata* (Curtis, 1834); *Tanytarsus* gr. *lobatifrons* (Kieffer, 1914); *Cricotopus* gr. *algarum* (Kieffer, 1911); *C.* gr. *silvestris* (Fabricius, 1794); *Eukiefferiella longicalcar* (Kieffer, 1911); и в оз. Баторино: *Gordius aquaticus* (Linne); *Anisus dispar* (Westerlun, 1871); *Halipilus* (Latreille, 1802) sp.; *Limnephilus* (Leach, 1815) sp.; *Limnochironomus* gr. *nervosus* (Staeger, 1839); *Chironomus tentans* (Fabricius, 1805); *Cryptochironomus* gr. *viridulus* (Fabricius, 1805); *Tanypus vilipennis* (Kieffer, 1918); *T. punctipennis* (Meigen, 1918); *Psectrotanytus varius* (Fabricius, 1787).

Количественные характеристики по основным группам животных бентосного сообщества сведены в табл. 4.15.2 и 4.15.3. В табл. 4.15.4 показано изменение общей плотности и биомассы бентоса на различных глубинах озер.

Величины средневзвешенных биомасс и плотности поселения зообентоса в целом для озер в 2013 г. расположились в следующем порядке: в оз. Нарочь – 13,04 и 2,9; в оз. Мясстро – 4,88 и 1,0 и в оз. Баторино – 1,30 г/м² и 0,3 тыс. экз/м² (см. табл. 4.15.2).

Таблица 4.15.2

Средневзвешенные величины плотности (*N*, тыс. экз/м²) и биомассы (*B*, г/м²) макробентоса в 2013 г.

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	2,5	18,57	0,5	2,54	0,9	7,45	0,2	3,37	0,5	0,67	0,3	4,54
VII	2,0	6,98	0,2	0,51	0,8	4,06	0,05	0,17	0,9	0,69	0,1	1,56
VIII	3,1	8,72	0,2	0,94	0,4	4,45	0,3	1,23	1,9	1,36	0,2	0,74
X	4,2	17,90	0,4	1,64	0,5	4,39	0,7	6,34	1,8	2,46	0,7	3,07
Средние	2,9	13,04	0,3	1,41	0,7	5,09	0,3	2,78	1,3	1,30	0,3	2,48
<i>SD</i>	0,9	6,0	0,2	0,9	0,2	1,6	0,3	2,7	0,7	0,8	0,3	1,7
Озеро Мясстро												
VI	0,9	4,74	0,2	0,60	0,03	1,38	0,01	0,01	0,5	2,50	0,2	0,25
VII	1,3	4,69	0,1	0,15	0,03	0,63	0	0	1,1	3,51	0,1	0,40
VIII	0,7	2,98	0,0	0,02	0,1	0,62	0	0	0,4	1,64	0,1	0,70
X	1,2	7,09	0,1	0,40	0,2	4,01	0	0	0,6	1,94	0,3	0,74
Средние	1,0	4,88	0,1	0,29	0,1	1,66	0,002	0,002	0,7	2,40	0,2	0,53
<i>SD</i>	0,3	1,7	0,1	0,3	0,1	1,6	0,003	0,003	0,3	0,8	0,1	0,2
Озеро Баторино												
VI	0,4	1,61	0,04	0,08	0,01	0,42	0	0	0,2	0,56	0,2	0,55
VII	0,2	0,79	0,01	0,01	0,02	0,20	0	0	0,2	0,24	0,1	0,35
VIII	0,1	0,57	0,01	0,01	0,01	0,10	0	0	0,1	0,25	0,0	0,22
X	0,6	2,21	0,03	0,02	0,02	0,66	0	0	0,4	1,01	0,2	0,52
Средние	0,3	1,30	0,02	0,03	0,01	0,34	0	0	0,2	0,51	0,1	0,41
<i>SD</i>	0,2	0,8	0,02	0,04	0,01	0,25	0	0	0,1	0,4	0,1	0,2

В 2013 г. максимумы биомассы и значений средневзвешенной плотности животных наблюдали в оз. Нарочь в июне – 18,57 и 4,2 – в октябре; в оз. Мясстро в октябре – 7,09 и 1,3 – в июле; в оз. Баторино в октябре – 2,21 г/м² и 0,6 тыс. экз/м². Наименьшими эти показатели были в июле для оз. Нарочь – 6,98 и 2,0; в августе для оз. Мясстро – 2,98 и 0,7; для оз. Баторино – 0,57 г/м² и 0,1 тыс. экз/м².

Весомую роль в численности бентоса оз. Нарочь играли хирономиды и моллюски; в озерах Мясстро и Баторино – хирономиды и организмы, вошедшие в группу «прочие». В биомассе бентоса высокие значения вклада имели в оз. Нарочь моллюски и ракообразные, в оз. Мясстро – хирономиды и моллюски и в оз. Баторино – хирономиды и организмы, вошедшие в группу «прочие» (см. табл. 4.15.3).

Таблица 4.15.3

Относительное участие (%) основных систематических групп организмов в общей численности (*N*) и биомассе (*B*) макробентоса в 2013 г.

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	10,9	10,8	23,1	39,0	10,9	21,3	43,4	9,9	11,7	19,0
Мясстро	10,0	6,0	9,0	34,1	0,1	0,03	64,8	49,2	16,1	10,8
Баторино	6,2	2,3	4,4	26,5	0	0	56,7	39,6	32,8	31,6

Величины средней плотности и биомассы организмов были максимальны в оз. Нарочь на глубинах от 1 до 4 м, в озерах Мясстро и Баторино – от 1 до 2 м (см. табл. 4.15.4). В оз. Баторино также высокие количественные показатели бентоса за 2013 г. на пятиметровой глубине обусловлены наличием значительного числа личинок комаров *Chaoborus cristallinus* de Geer.

Таблица 4.15.4

Общая плотность (N , тыс. экз/м²) и биомасса (B , г/м²) макробентоса на различных глубинах озер в 2013 г.

Глубина, м	Озеро Нарочь		Озеро Мястро		Глубина, м	Озеро Баторино	
	N	B	N	B		N	B
0–2	9,8	20,02	5,2	15,88	1	1,1	3,23
2–4	8,1	69,37	0,3	2,12	2	0,1	0,09
4–6	0,5	6,49	0,3	3,54	3	0,3	1,05
6–8	4,3	2,11	0,2	3,15	4	0,2	1,38
8–10	0,4	1,91	0,4	2,39	5	0,3	1,64
10–12	0,2	0,75	–	–	–	–	–
12–14	0,6	2,54	–	–	–	–	–
14–16	0,3	2,50	–	–	–	–	–

Из табл. 4.15.5 видно, что участие хищного бентоса в численности общего наибольшее в оз. Баторино, меньшее – в оз. Мястро и в оз. Нарочь. Процент хищников в общей средней биомассе организмов был максимален в оз. Баторино, меньшим – в оз. Нарочь и минимален – в оз. Мястро.

Таблица 4.15.5

Средняя плотность, биомасса и относительное участие в общей численности (N), биомассе (B) мирного и хищного макробентоса озер в 2013 г.

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	2,60	10,81	0,33	2,24	88,8	82,8	11,2	17,2
Мястро	0,75	4,37	0,27	0,51	73,8	89,6	26,2	10,4
Баторино	0,18	0,84	0,16	0,46	53,2	64,9	46,8	35,1

На рис. 8–10 отображен вклад разных групп организмов в общую биомассу бентоса на разных глубинах в озерах Нарочь, Мястро, Баторино.

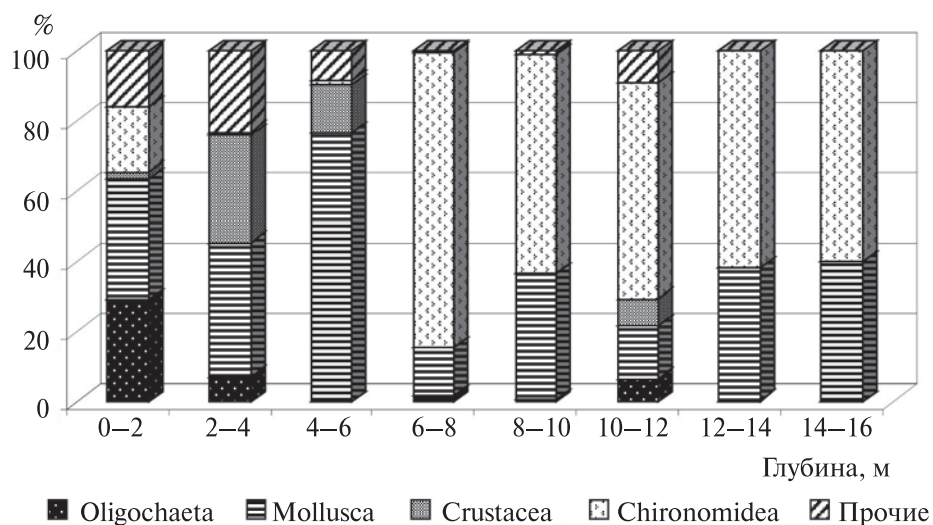


Рис. 8. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макробентоса на различных глубинах оз. Нарочь в 2013 г.

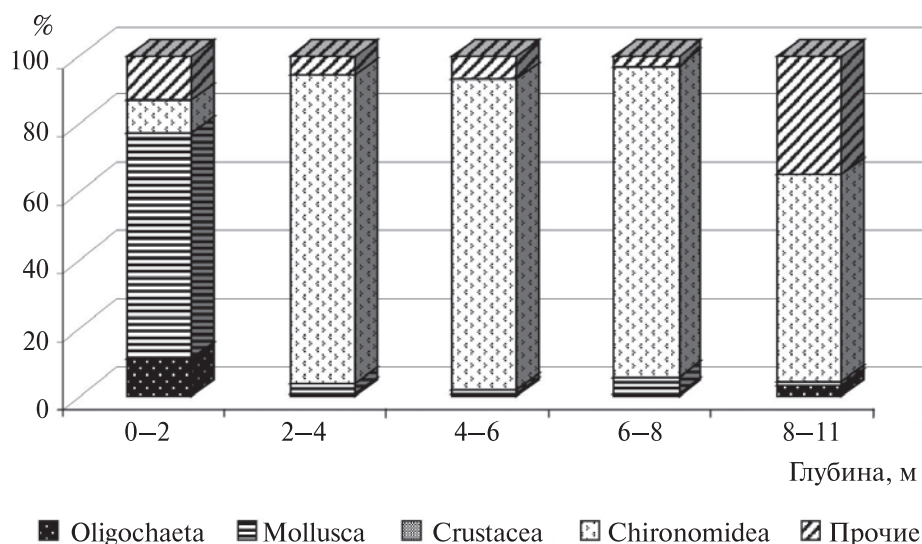


Рис. 9. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макробентоса на различных глубинах оз. Маястро в 2013 г.

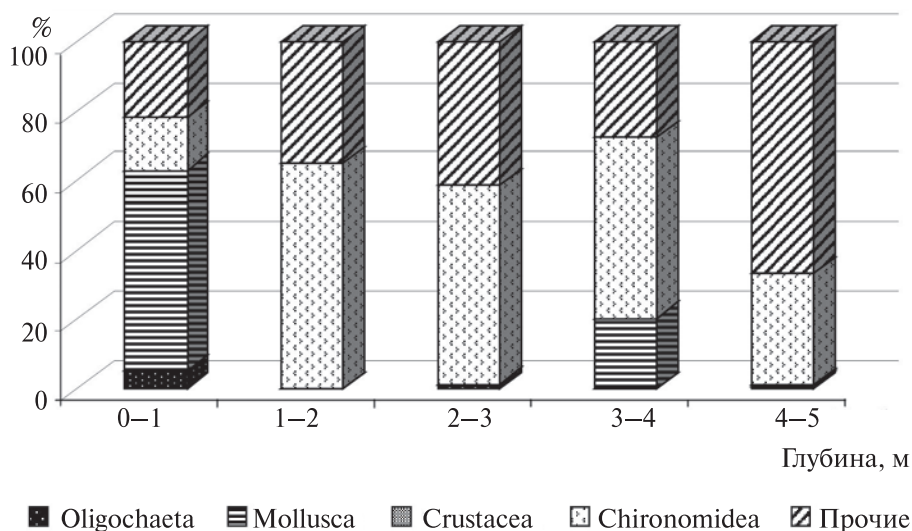


Рис. 10. Относительное участие (%) основных групп животных в общей биомассе макробентоса на различных глубинах оз. Баторино в 2013 г.

В дночерпательных пробах макрозообентоса отдельно вычленили моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas. В табл. 4.15.6 приведены средние значения плотности и биомассы дрейссены в оз. Нарочь на различных глубинах.

Таблица 4.15.6

Средние величины плотности (N , тыс. экз/м² ($\pm SD$)) и биомассы (B , г/м² ($\pm SD$)) дрейссены по данным дночерпательных проб оз. Нарочь в 2013 г.

Месяц	Глубина, м					
	0-2		3-4		5-6	
	N	B	N	B	N	B
VI	0,03	23,42	0,5	62,33	0,8	152,14
VII	0,02	13,04	0,2	30,70	0,6	95,48
VIII	0,01	2,17	0	0	0,02	2,10

Месяц	Глубина, м					
	0–2		3–4		5–6	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Х	0,03	21,04	1,0	119,02	0,2	18,96
Средние	0,02	14,92	0,4	53,01	0,4	67,17
<i>SD</i>	0,01	9,6	0,4	50,8	0,4	69,7

В оз. Мястро в 2013 г. дрейссена в дночерпательные пробы попадалась в литорали района дендросада в июне – с численностью 0,36 (в среднем 0,18) тыс. экз/м² и биомассой 313,26 (156,63) г/м²; в июле – 0,04 (0,02) и 0,40 (0,20) и октябре – 0,08 (0,04) и 0,36 (0,18), а также рядом с устьем протоки Скема на глубине 0,7 м в августе 1 шт. (0,04) (0,02 тыс. экз/м²) и 0,5 мг (0,02) (0,01 г/м²). По литорали среднее значение численности за сезон составило 0,07 тыс. экз/м² и биомассы – 39,26 г/м².

В оз. Баторино в местах отбора количественных проб дрейссена не попадалась.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ УФ-ОБЛУЧЕННОСТИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ ОЗЕР НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ И РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМА УФ-РАДИАЦИИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ оз. НАРОЧЬ

В 2014 г. проводился стандартный рабочий мониторинг облученности поверхности оз. Нарочь солнечным излучением в различных диапазонах, а также предварительные исследования распространения солнечной радиации в водной среде оз. Нарочь с помощью разработанного в НИИЦ МО БГУ погружного прибора ДЕЕР. На данном этапе основное внимание уделялось вопросу прозрачности водных слоев и глубине проникновения электромагнитного излучения различного спектрального состава.

В последние годы наряду с экологическими проблемами, которые обусловлены глобальными изменениями климата, а также общим ухудшением экологической обстановки (антропогенным загрязнением атмосферы, водной среды и др.), обозначилась проблема вредного влияния на здоровье человека и состояние биосферы избыточных уровней приземного УФ-излучения. В НИИЦ МО БГУ была разработана методика и проведен ретроспективный анализ УФ-климата в Нарочанском регионе.

5.1. Мониторинг облученности поверхности и водной среды оз. Нарочь

Мониторинг включал измерение фотосинтетически активной радиации (ФАР), а также общей облученности поверхности (ОП) приземным солнечным излучением.

Измерения проводились с помощью фотометра ПИОН-Ф, разработанного в НИИЦ МО БГУ и оснащенного специальными каналами, реализованными на базе фотодиода ФД 306 М (ФАР) и пиранометра (ОП) [13].

5.1.1. Мониторинг фотосинтетически активной радиации (ФАР)

Основные результаты мониторинга ФАР на биостанции БГУ оз. Нарочь за 2014 г. представлены в табл. 5.1.1 и на рис. 11.

Таблица 5.1.1

**Суммарные дневные и средние часовые дозы облученности ФАР,
биостанция БГУ оз. Нарочь, 2014 г.**

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза ФАР, kJ / m^2	Средняя часовая доза ФАР, $kJ / (m^2 \cdot hr)$
13.08.2014	8	6208,2	776,0
14.08.2014	4	1068,1	267,0
15.08.2014	2	56,6	28,3

Продолжение табл. 5.1.1

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза ФАР, kJ / m^2	Средняя часовая доза ФАР, $kJ / (m^2 \cdot hr)$
16.08.2014	14	6344,9	453,2
17.08.2014	14	6885,8	491,8
18.08.2014	14	8219	587,1
19.08.2014	14	8591,1	613,7
20.08.2014	14	7208,4	514,9
21.08.2014	14	4642	331,6
22.08.2014	14	7860,2	561,4
23.08.2014	14	8029,1	573,5
24.08.2014	8	1326,6	165,8
25.08.2014	14	1842,7	131,6
26.08.2014	14	4609,5	329,2
27.08.2014	13	5049,5	388,4
28.08.2014	13	4128,3	317,6
29.08.2014	13	4199,5	323,0
30.08.2014	13	7108,8	546,8
31.08.2014	13	2727,6	209,8
01.09.2014	13	2400,7	184,7
02.09.2014	13	2729,6	210,0
03.09.2014	13	5884,3	452,6
04.09.2014	13	7623,4	586,4
05.09.2014	13	7528,8	579,1
06.09.2014	13	5245,3	403,5
07.09.2014	13	4699,9	361,5
08.09.2014	13	4473,6	344,1
09.09.2014	13	3570,6	274,7
10.09.2014	12	1810,5	150,9
11.09.2014	12	3161,7	263,5
12.09.2014	12	5418,0	451,5
13.09.2014	12	5637,9	469,8
14.09.2014	12	6353,4	529,5
15.09.2014	12	2148,3	179,0
16.09.2014	12	6080,7	506,7
17.09.2014	12	5701,7	475,1
18.09.2014	12	5975,8	498,0
19.09.2014	12	5601,4	466,8
20.09.2014	12	2525,6	210,5
21.09.2014	12	2454,1	204,5
22.09.2014	12	861,7	71,8
23.09.2014	12	1609,3	134,1
24.09.2014	11	4636,3	421,5
25.09.2014	11	4365,2	396,8
26.09.2014	11	2292,1	208,4
27.09.2014	11	3214,5	292,2
28.09.2014	11	1970,6	179,1
29.09.2014	8	2244,6	280,6
30.09.2014	11	4416,1	401,5

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза ФАР, kJ/m^2	Средняя часовая доза ФАР, $kJ/(m^2 \cdot hr)$
01.10.2014	11	4087,1	371,6
02.10.2014	11	4642,5	422,0
03.10.2014	11	4352,1	395,6
04.10.2014	11	4199,4	381,8
05.10.2014	11	4318,4	392,6
06.10.2014	11	2698,9	245,4
07.10.2014	11	3687,3	335,2
08.10.2014	10	2844,1	284,4
09.10.2014	10	3180,8	318,1
10.10.2014	10	3670,7	367,1
11.10.2014	10	2955,9	295,6
12.10.2014	10	2482,8	248,3
13.10.2014	10	2303,6	230,4
14.10.2014	10	1810,6	181,1
15.10.2014	10	624,2	62,4
16.10.2014	10	598,0	59,8
17.10.2014	10	927,2	92,7
18.10.2014	10	2998,3	299,8
19.10.2014	10	733,1	73,3
20.10.2014	9	1647,5	183,1
21.10.2014	9	1294,3	143,8
22.10.2014	9	647,8	72,0
23.10.2014	9	2648,6	294,3
24.10.2014	9	2921,2	324,6
25.10.2014	9	2691,3	299,0
26.10.2014	9	2724,9	302,8
27.10.2014	9	2575,6	286,2
28.10.2014	9	2466,5	274,1

На рис. 11 показан сезонный ход изменения средних часовых доз облученности ФАР.

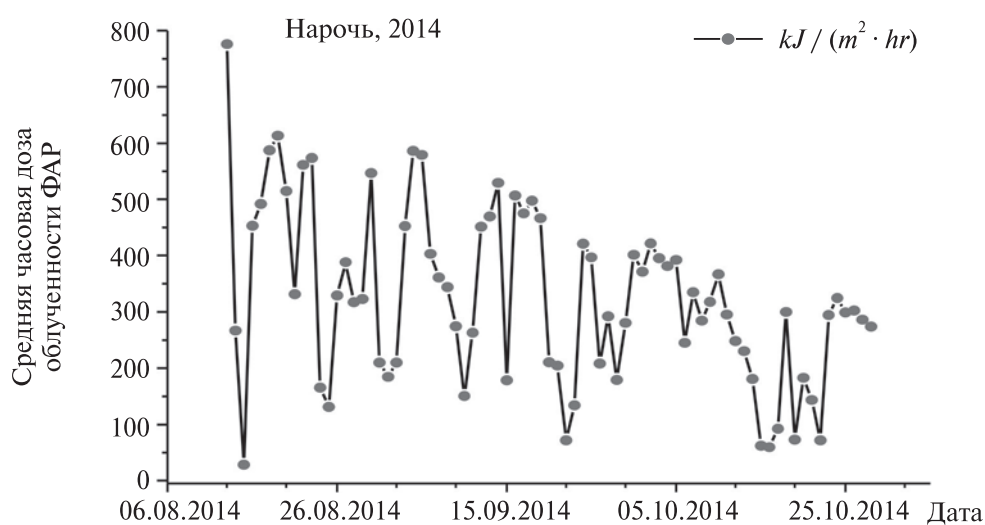


Рис. 11. Суточные вариации средних часовых доз облученности ФАР в Нарочанском регионе

5.1.2. Мониторинг общей облученности поверхности (пиранометр)

Основные результаты мониторинга общей облученности подстилающей поверхности на биостанции БГУ оз. Нарочь представлены в табл. 5.1.2 и на рис.12.

Таблица 5.1.2

Дневные суммарные и средние часовые дозы общей облученности, зарегистрированные на биостанции БГУ оз. Нарочь в 2014 г.

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза, kJ/m^2	Средняя часовая доза, $kJ/(m^2 \cdot hr)$
17.06.2014	8	10054,6	1256,8
18.06.2014	17	10208,8	600,5
19.06.2014	17	22074,5	1298,5
23.06.2014	6	6663,3	1110,6
24.06.2014	17	14157,6	832,8
26.06.2014	14	17660,9	1261,5
27.06.2014	9	11516,3	1279,6
28.06.2014	17	23330,9	1372,4
29.06.2014	17	8432,0	496,0
30.06.2014	17	6490,2	381,8
01.07.2014	17	12535,6	737,4
13.07.2014	16	5553,8	347,1
14.07.2014	16	22337,2	1396,1
15.07.2014	16	19983,7	1249,0
16.07.2014	16	22273,5	1392,1
17.07.2014	16	21104,7	1319,0
18.07.2014	16	24205,7	1512,9
19.07.2014	16	17015,2	1063,5
20.07.2014	16	15332,2	958,3
22.07.2014	3	1899,5	633,2
23.07.2014	16	23908,4	1494,3
24.07.2014	11	19571,2	1779,2
25.07.2014	16	20138,5	1258,7
26.07.2014	16	23430	1464,4
27.07.2014	15	22764,7	1517,6
28.07.2014	15	21624,2	1441,6
29.07.2014	15	19819,8	1321,3
30.07.2014	15	19599,6	1306,6
31.07.2014	15	12102,4	806,8
01.08.2014	15	7081,1	472,1
02.08.2014	15	19670,8	1311,4
03.08.2014	2	2640,7	1469,5
04.08.2014	15	20564,2	1370,9
05.08.2014	15	21119,1	1407,9
06.08.2014	5	1864,3	372,9
07.08.2014	15	20562,8	1370,9
08.08.2014	15	16983,6	1132,2
09.08.2014	15	10908,8	727,3
10.08.2014	15	17880,7	1192,0

Продолжение табл. 5.1.2

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза, kJ/m^2	Средняя часовая доза, $kJ/(m^2 \cdot hr)$
11.08.2014	15	20 028,5	1335,2
12.08.2014	15	8277,7	551,8
13.08.2014	8	12 937,3	1617,2
14.08.2014	4	2043,7	510,9
15.08.2014	2	95,1	47,5
16.08.2014	14	13 148,9	939,2
17.08.2014	14	13 900,7	992,9
18.08.2014	14	17 404,4	1243,2
19.08.2014	14	18 092,7	1292,3
20.08.2014	14	14 760,4	1054,3
21.08.2014	14	10 069,7	719,3
22.08.2014	14	16 923,8	1208,8
23.08.2014	14	16 979,6	1212,8
24.08.2014	8	2416,8	302,1
25.08.2014	14	3049,6	217,8
26.08.2014	14	10 205,3	728,9
27.08.2014	13	10 156,0	781,2
28.08.2014	13	8137,2	625,9
29.08.2014	13	8444,1	649,5
30.08.2014	13	14 391,0	1107,0
31.08.2014	12	5108,0	425,7
01.09.2014	13	4388,4	337,6
02.09.2014	13	5178,1	398,3
03.09.2014	13	12 099,8	930,8
04.09.2014	13	16 185,7	1245,1
05.09.2014	13	15 965,6	1228,1
06.09.2014	13	10 636,0	818,2
07.09.2014	13	9423,6	724,9
08.09.2014	13	9209,8	708,4
09.09.2014	13	7351,7	565,5
10.09.2014	12	3189,6	265,8
11.09.2014	12	6435,2	536,3
12.09.2014	12	11 743,4	978,6
13.09.2014	12	12 010,7	1000,9
14.09.2014	12	14 293,0	1191,1
15.09.2014	12	3937,5	328,1
16.09.2014	12	13 898,3	1158,2
17.09.2014	12	12 806,1	1067,2
18.09.2014	12	13 521,8	1126,8
19.09.2014	12	13 100,6	1091,7
20.09.2014	12	5004,9	417,1
21.09.2014	12	4776,7	398,1
22.09.2014	12	1264,4	105,4
23.09.2014	12	2769,8	230,8
24.09.2014	11	11124	1011,3
25.09.2014	11	9887,8	898,9
26.09.2014	11	4712,1	428,4
27.09.2014	11	7130,4	648,2
28.09.2014	11	3810,4	346,4

Дата	Период инсоляции, ч	Суммарная доза, kJ / m^2	Средняя часовая доза, $kJ / (m^2 \cdot hr)$
29.09.2014	8	4588,7	573,6
30.09.2014	11	10 384,1	944,0
01.10.2014	11	9561,4	869,2
02.10.2014	11	10 962,2	996,6
03.10.2014	11	10 024,6	911,3
04.10.2014	11	9541,9	867,4
05.10.2014	11	10 265,3	933,2
06.10.2014	11	5759,8	523,6
07.10.2014	11	8746,2	795,1
08.10.2014	10	6191,4	619,1
09.10.2014	10	6981,4	698,1
10.10.2014	10	8359,9	836,0
11.10.2014	10	6433,8	643,4
12.10.2014	10	5366,0	536,6
13.10.2014	10	5148,7	514,9
14.10.2014	10	3855,0	385,5
15.10.2014	10	918,0	91,8
16.10.2014	10	807,4	80,7
17.10.2014	10	1496,6	149,7
18.10.2014	10	8079,6	808,0
19.10.2014	10	1211,9	121,2
20.10.2014	9	3302,5	366,9
21.10.2014	9	2400,7	266,7
22.10.2014	9	969,9	107,8
23.10.2014	9	7500,1	833,3
24.10.2014	9	7835,0	870,6
25.10.2014	9	6547,9	727,5
26.10.2014	9	6377,7	708,6
27.10.2014	9	5857,5	650,8
28.10.2014	9	5561,2	617,9

На рис. 12 приведен сезонный ход изменения средних часовых доз общей облученности.

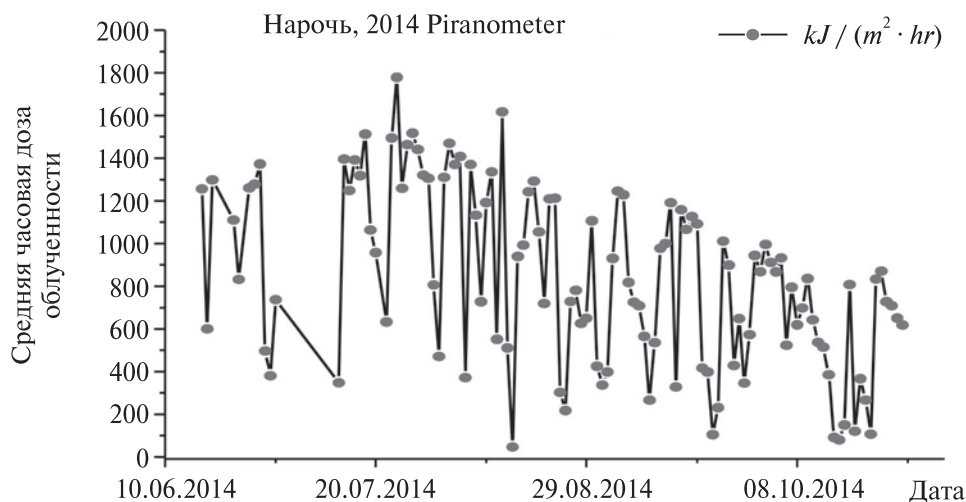


Рис. 12. Суточные вариации средних часовых доз общей облученности в Нарочанском регионе

5.1.3. Исследование распространения солнечного излучения в водных системах озер Нарочанской группы

Исследования распространения солнечного излучения в природных водоемах Нарочанского региона проводились с помощью погружного фотометра, сконструированного в НИИЦ МО БГУ [14]. Для обработки результатов измерений применялось специально разработанное программное приложение с интерактивным интерфейсом под управлением OS Windows.

Краткая характеристика пунктов исследования представлена в табл. 5.1.3.

Таблица 5.1.3

Характеристика пунктов погружения фотометра и типов измерения

Дата	Озеро	Погодные условия	Время начала измерения	Глубина, м	Вариант измерения	Дальность от берега, м	Номер файла результата
12.08.14	Мястро	Облачно, сильный ветер С-З, волна сильная	16.59	9,5	с фильтром	350–400	16551208
			16.24	9,5	без фильтра		16241208
12.08.14	Нарочь	Переменная облачность, ветер З/С-З, волна слабая	12.18	16,5	с фильтром	2200	12381208
			11.40	16,5	без фильтра		11351208
13.08.14	Малые Швакшты	Солнечно, ветер средний С-З, волна средняя	12.32	3,0	с фильтром	200	12321308
			12.07	3,0	без фильтра		12071308
13.08.14	Большие Швакшты	Солнечно, переменная облачно, ветер средний С (С-З), сильная волна	14.05	4,5	с фильтром	600	14061308
			14.27	4,5	без фильтра		14281308
15.08.2014	Нарочь	Ветер З слабый, после сильного шторма	11.58	16,5	с фильтром	2200	11581508
			10.58	16,5	без фильтра		10581508
18.08.14	Белое	Солнечно, ветер средний Ю (Ю-В), волна средняя	11.50	5,5	с фильтром	350	11481808
			11.25	5,5	без фильтра		11251808
18.08.14	Баторино	Солнечно (переменная облачность), ветер средний Ю, волна средняя	14.45	5,5	с фильтром	650	14471808
			15.10	5,5	без фильтра		15091808

Результаты исследования относительных интенсивностей излучения, зарегистрированного на различных глубинах, а также оптические плотности слоев от поверхности до уровня погружения представлены на рис. 13–22. На рисунках приведены десятичные логарифмы относительных интенсивностей сигналов, а также оптические плотности слоев (отрицательные десятичные логарифмы функций пропускания).

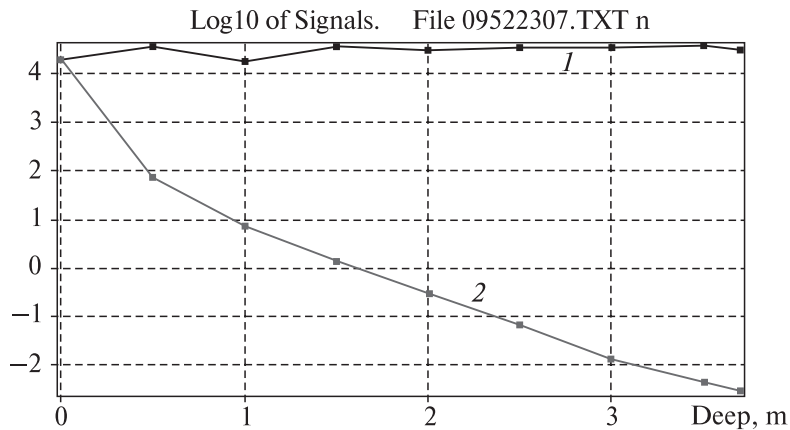


Рис. 13. Относительные интенсивности излучения на поверхности (1) и в водной среде (2). Эксперимент без фильтра

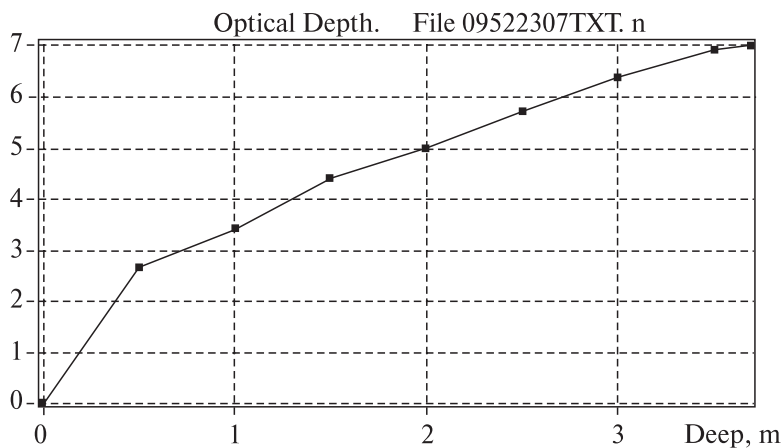


Рис. 14. Оптическая толщина водной среды. Эксперимент без фильтра

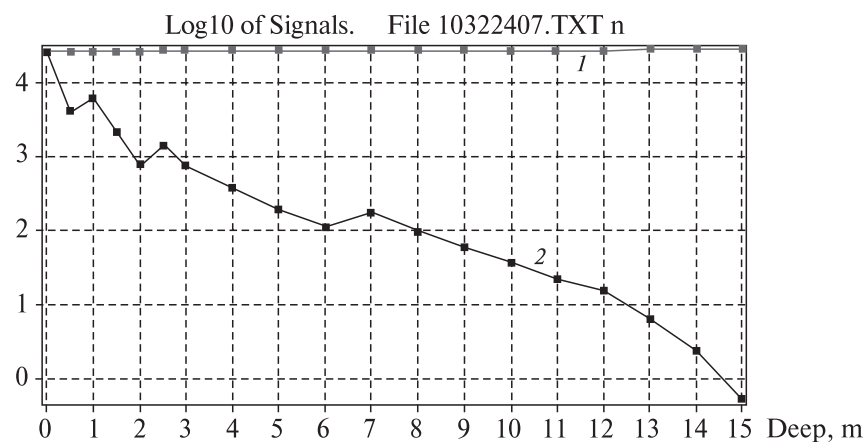


Рис. 15. Относительные интенсивности излучения на поверхности (1) и в водной среде (2). Эксперимент без фильтра

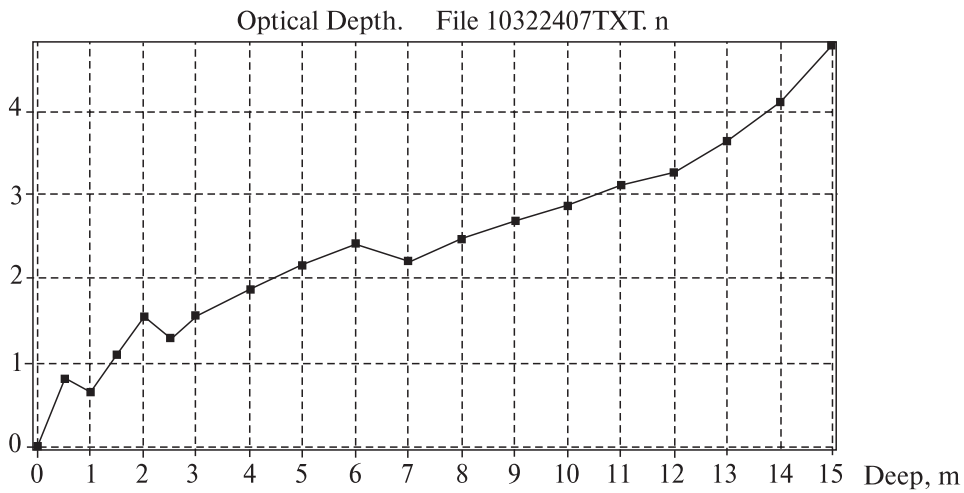


Рис. 16. Оптическая толщина водной среды. Эксперимент без фильтра

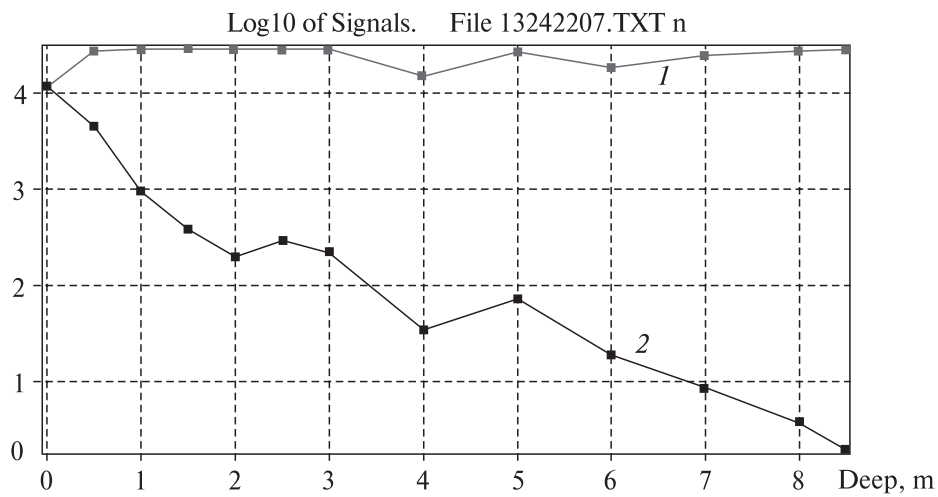


Рис. 17. Относительные интенсивности излучения на поверхности (1) и в водной среде (2). Эксперимент без фильтра

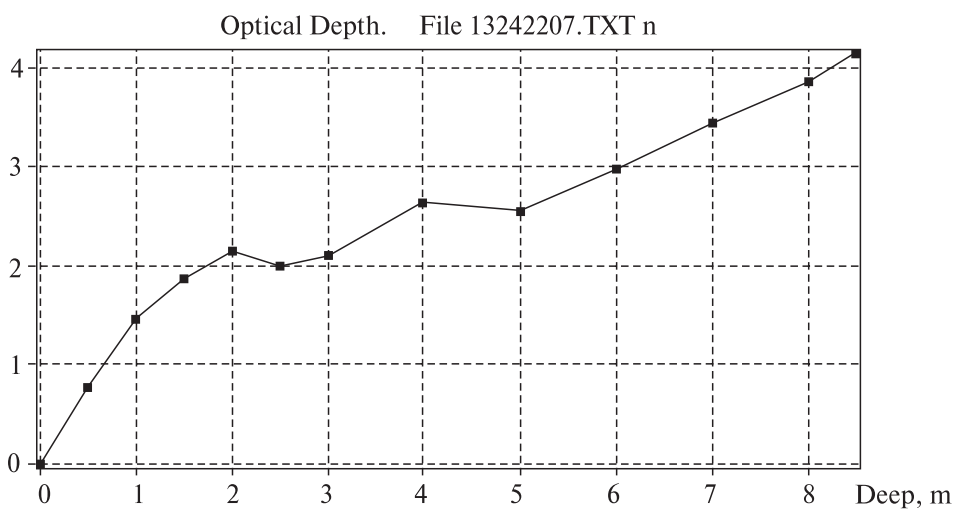


Рис. 18. Оптическая толщина водной среды. Эксперимент без фильтра

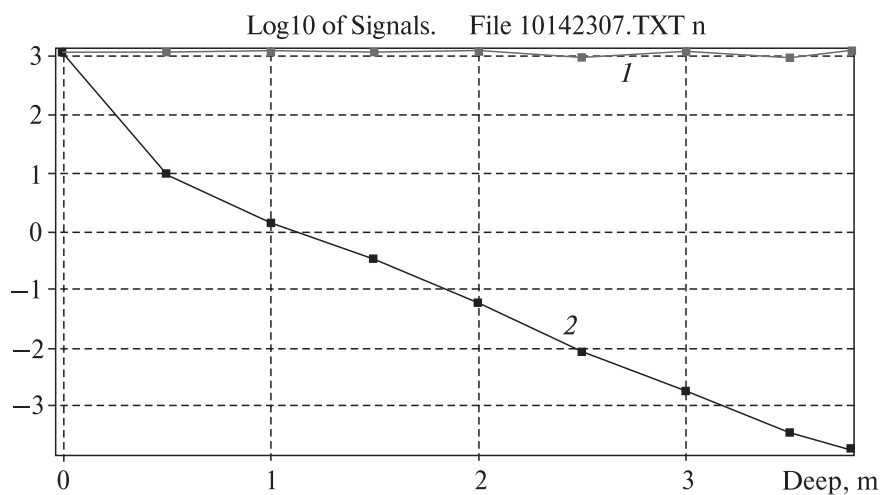


Рис. 19. Относительные интенсивности излучения на поверхности (1) и в водной среде (2). Эксперимент с фильтром выделения УФ-В диапазона

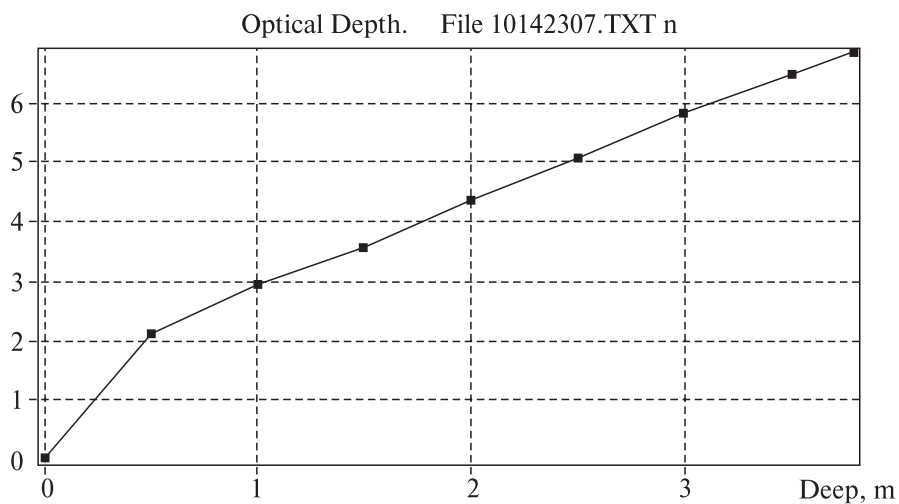


Рис. 20. Оптическая толщина водной среды. Эксперимент с фильтром

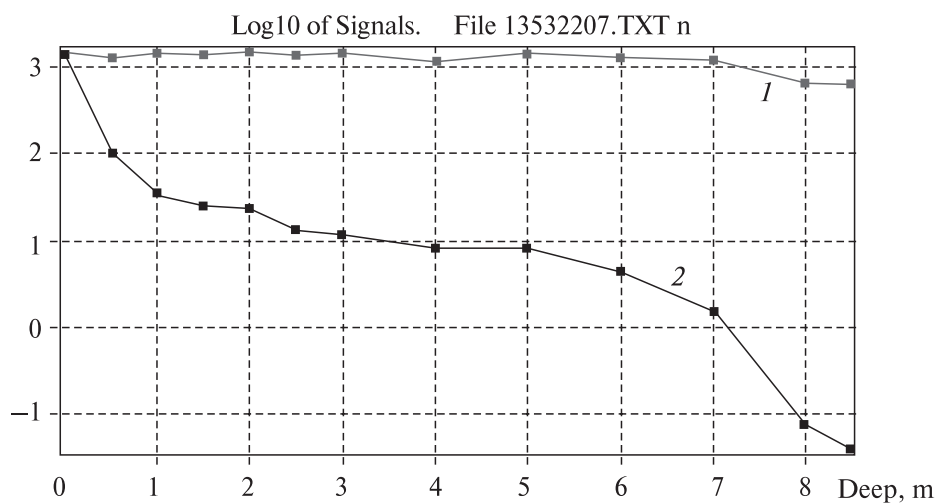


Рис. 21. Относительные интенсивности излучения на поверхности (1) и в водной среде (2). Эксперимент с фильтром выделения УФ-В диапазона

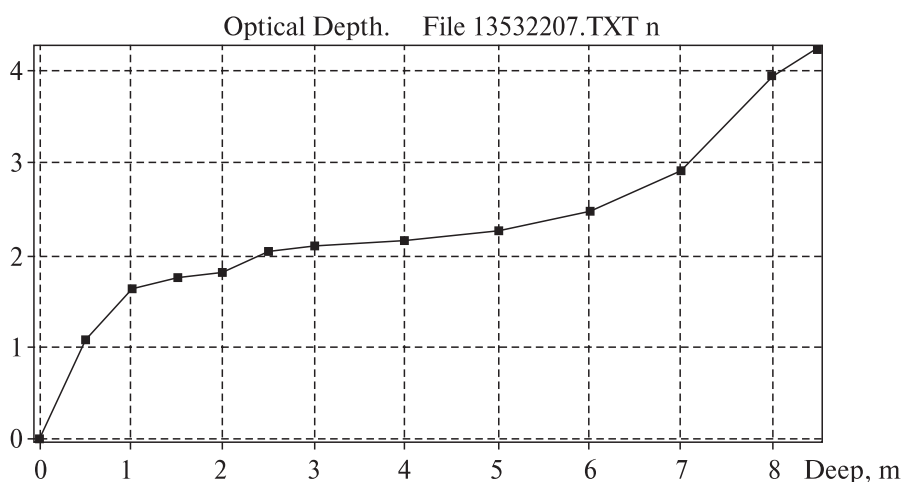


Рис. 22. Оптическая толщина водной среды. Эксперимент с фильтром

Представленные результаты являются одним из первых опытов такого рода исследований, проведенных на территории Республики Беларусь. На данном этапе основное внимание уделялось изучению прозрачности природных водных сред для излучения УФ-А и УФ-В спектральных диапазонов. Для этого погружной прибор применялся в двух вариантах: с использованием фильтровой насадки (индекс f на рисунках), выделяющей УФ-В часть спектра, и без дополнительной фильтрации падающего излучения (индекс n на рисунках).

Прозрачность среды является одной из важных характеристик водоема. Она достаточно устойчива (с учетом сезонных зависимостей) для данного конкретного водоема и является одной из характеристик растворенного вещества и косвенно связана с протекающими в водоеме экологическими и биологическими процессами. Прозрачность позволяет оценить интенсивности излучения в различных слоях водной среды при регистрации спектральной плотности освещенности (СПЭО) на поверхности водоема. Усредненные характеристики прозрачности могут быть эффективно использованы в разрабатываемой в НИИЦ МО БГУ методике ретроспективной оценки УФ-климата на территории Нарочанского региона.

Важно отметить, что представленные результаты свидетельствуют о наличии вполне «регистрируемых» интенсивностей УФ-излучения на достаточно больших глубинах.

Эксперименты с погружными системами, представляющие научный и практический интерес, в будущем сезоне будут продолжены.

5.2. Ретроспективная оценка уровней и доз приземного УФ-излучения

Ультрафиолетовое излучение составляет около 5 % от всего потока солнечного излучения, достигающего земной атмосферы, на долю видимого и инфракрасного диапазонов приходится соответственно 39 и 56 %. Ультрафиолетовую составляющую солнечного излучения называют биологически активной, так как она обладает наиболее выраженным влиянием на живые организмы. С учетом особенностей биологического воздействия УФ-излучение обычно подразделяют на три спектральных диапазона: УФ-С ($\lambda = 100 \div 280$ нм), УФ-В ($\lambda = 280 \div 315$ нм) и УФ-А ($\lambda = 315 \div 400$ нм).

Наиболее активным и опасным для биологических объектов является УФ-С излучение. Оно обладает сильным бактерицидным действием, разрушает белки и нуклеиновые кислоты, блокирует фотосинтез в растениях и т. д. УФ-С излучение Солнца полностью поглощается в верхних слоях атмосферы молекулами кислорода и озона и не достигает поверхности Земли.

УФ-В излучение также почти полностью поглощается озоновым слоем атмосферы и только около 6 % его потока, падающего на верхнюю границу атмосферы, достигает поверхности Земли, но именно оно вызывает основные биологические эффекты.

УФ-А излучение сравнительно мало ослабляется атмосферой, производимый им биологический эффект приблизительно в 1000 раз слабее, чем у УФ-В излучения.

В плане биологического воздействия на био- и экосистемы основной интерес представляет естественное УФ-излучение в диапазоне 280–400 нм [15]. В целом это излучение обладает бактерицидным действием, приводит к гибели микробных клеток и вирусов, в умеренных дозах нормализует обмен веществ в организме человека, снижает проявление ряда кожных заболеваний: псориаза, экземы, дерматитов.

В профилактике рахита также давно известна положительная роль ультрафиолетовых лучей, поскольку в коже под их воздействием образуется витамин D.

Недостаток УФ-облучения (солнечное голодание) проявляется в раздражительности, бессоннице, быстрой утомляемости человека. В то же время избыточное УФ-облучение может оказывать вредное воздействие: ожоги кожи, ее преждевременное старение, заболевание оболочек и внутренних сред глаза (катаракта или помутнение хрусталика, фотоконъюнктивит и другие), фототоксические и фотоаллергические реакции, угнетение иммунитета. Наиболее опасными для здоровья и жизни человека являются провоцируемые УФ-излучением базальноклеточный и плоскоклеточный раки кожи и особенно злокачественная меланома. Опасность этих заболеваний усугубляется тем, что они имеют значительный латентный период – последствия могут проявиться через годы или даже десятки лет. При воздействии УФ-излучения на клетку возникают изменения в нуклеиновых кислотах, которые влияют на рост, деление и наследственность клеток.

Необходимо отметить, что с избыточным влиянием УФ-излучения Всемирная организация здравоохранения связывает более 25 заболеваний и нарушений состояний здоровья человека.

В Республике Беларусь в течение ряда лет отмечается тенденция увеличения злокачественных новообразований кожи, которую медики связывают с вредным воздействием УФ-излучения. Так, в период с 1993 по 2004 г. показатели заболеваемости указанных типов возросли примерно в 2,4 раза: среди женщин с 26,3 случаев на 100 тыс. населения в 1993 г. до 62,6 случаев в 2004 г., а для мужского населения с 19,8 случаев в 1993 г. до 45,7 случаев в 2004 г. [15].

Целью проводимых исследований являлась разработка методики, позволяющей провести ретроспективную оценку долговременных изменений годовых доз солнечного ультрафиолетового излучения в различных регионах Республики Беларусь и, в частности, провести такую оценку для района Нарочанского национального парка.

5.2.1. Разработка методики ретроспективной оценки уровней и доз приземного УФ-излучения

Чтобы оценить уровень и спектральный состав приземной ультрафиолетовой радиации, необходимо учесть влияние ряда факторов, таких как внеатмосферный солнечный спектр, величина солнечного зенитного угла, количество озона (общее содержание и профиль вертикального распределения), состояние облачного покрова (величина облачного покрытия и его оптические характеристики), аэрозоли и альbedo подстилающей поверхности и т. д. Поскольку предполагается проведение ретроспективной оценки за достаточно длительный временной период, что потребует значительных вычислительных затрат, представляло интерес провести анализ значимости каждого фактора с целью возможного сокращения их списка и использования упрощающих аналитических параметризаций.

Для оценки влияния различных факторов на спектры приземного УФ-излучения и построения модели расчета мощностей и доз облученности земной поверхности солнечным излучением использовался пакет свободно распространяемого программного обеспечения

для расчета переноса излучения в атмосфере libRadtran версий 1.6 и 1.7 [16, 17]. Исходя из поставленной задачи, расчет интенсивности приземного солнечного излучения проводился с использованием модели однородной плоскопараллельной рассеивающей атмосферы. В отдельных «экспериментальных» случаях использовались также модели сферической и псевдосферической атмосфер. Как показали данные эксперименты, для моделирования доз УФ-излучения в летнее время в умеренных широтах Северного полушария вполне достаточно плоскопараллельной модели [18].

При разработке модели были учтены основные факторы, влияющие на спектр приземного солнечного излучения. Это прежде всего наличие атмосферного озонового слоя, присутствие в атмосфере других малых газовых составляющих (NO_2 , SO_2 и др.), характеристики облачности, атмосферных аэрозолей, а также альbedo подстилающей поверхности.

Атмосферный озон. Озон имеет интенсивные полосы поглощения в ультрафиолетовой и инфракрасной области спектра. Полностью поглощая УФ-С и частично УФ-В диапазоны спектра солнечного излучения, атмосферный озон в значительной степени определяет УФ-облученность на земной поверхности.

Отличительной чертой содержания озона в атмосфере является сильная изменчивость, которая проявляется в различных временных и пространственных масштабах. Общеизвестно, что формирование значений ОСО (общего содержания озона в вертикальном столбе атмосферы) в каждом географическом регионе определяется совокупностью химических и фотохимических процессов образования и гибели озона на высотах верхней атмосферы и процессами переноса озона с воздушными массами. Установлено, что процессы глобальной атмосферной циркуляции отвечают за географическое распределение озона в атмосфере и его сезонный ход. Кратковременные вариации ОСО, наблюдаемые в каждом конкретном регионе, связывают с изменением синоптической ситуации в верхней тропосфере и нижней стратосфере (высоты 10–24 км), с динамическими процессами, протекающими на этих высотах [19, 20]. Эти факты используются для построения прогностических моделей ОСО.

Как и каждый климатический параметр, общее содержание озона (ОСО) в средних широтах характеризуется сезонным ходом или климатической нормой, которая представляет собой усредненный за большой период времени годовой ход значений общего содержания озона. Сезонный ход ОСО дает весьма приблизительную картину ожидаемых значений общего содержания озона в тот или иной сезон, так как на него накладываются сильные кратковременные (длительностью от одного дня до нескольких недель) вариации ОСО значительной амплитуды (до 50 %). Среди этих вариаций нередки ситуации, когда происходит значительное снижение ОСО, а следовательно, увеличение уровня УФ-излучения и изменение его спектра. Поэтому основное внимание в прогнозе ОСО и определении его климатической нормы для данного региона должно быть уделено именно межсуточной изменчивости содержания озона в атмосфере и особенно прогнозу ситуаций с малыми значениями ОСО.

Для ретроспективной оценки состояния озонового слоя в Нарочанском регионе в настоящей работе были использованы данные многолетних наземных измерений ОСО из архива НИИЦ МО БГУ, определенная на их основе климатическая норма ОСО для территории Беларуси, а также спутниковые данные ОСО, доступные на сайтах NASA [21].

Облачность. Облачность наравне с ОСО является одним из основных факторов, регулирующих поступление солнечной ультрафиолетовой радиации к земной поверхности. В то же время облачность – наиболее изменчивый и трудно параметризуемый фактор, особенно в приложении к задаче прогноза УФ-индекса. Сложность учета влияния облачности обусловлена тем, что существует зависимость пропускания не только от балла облачности, но также и от высоты слоя облаков, длины волны излучения и оптической толщины облака. Кроме того, воздействие балла облачности на УФ-радиацию в общем случае не описывается линейной зависимостью.

В структуре европейской сети прогноза УФ-индекса для описания прогнозируемого и оценочного состояния облачности используются четыре ее градации по баллу (0–2; 3–4; 5–6; 7–8), а также распределение по высоте (высокая, средняя, низкая) и сопутствующие явления (туман, дождь). Для оценки влияния облачности на величину УФ-индекса при

таких условиях формализации вводится обобщенный параметр – фактор облачности CMF (Cloud Modification Factor).

Значение УФ-индекса (UVI) в условиях облачности и с учетом высоты над уровнем моря рассчитывается по формуле

$$UVI = UVI_0 \times CMF \times (1 + 0,08 \times dH), \quad (5.1)$$

где UVI_0 – значение УФ-индекса в условиях безоблачного неба, CMF – фактор облачности, dH – высота над уровнем моря (в км).

Следует отметить, что учет CMF в основном приводит к уменьшению значения УФ-индекса, прогнозируемого для ясного неба, однако слабая разорванная облачность может создавать дополнительный рассеивающий эффект, приводящий к росту УФ-облученности. При проведении оценок и формировании краткосрочного УФ-прогноза целесообразно использовать один интегральный параметр, так называемый фактор облачности, описывающий четыре градации состояния облачности и ее тип (высокая, средняя, низкая, туман и дождь).

Предварительная систематизация и анализ данных позволили установить закономерности сезонных изменений среднедневных значений количества общей облачности и количества нижней облачности (облаков нижнего яруса и вертикального развития) над различными регионами Беларуси. По данным наблюдения установлено, что в формировании облаков над Минским и Нарочанским регионами значительную роль играет нижняя облачность. Ее доля в общем количестве облаков составляет в среднем за год 79 %. Важно также, что число ясных дней в умеренных широтах мало и составляет 40–50 дней в году. Сплошной покров облаков нижнего яруса уменьшает потоки суммарной УФ радиации на 70–85 %. В результате проведенных исследований получены экспериментальные значения суточных и сезонных доз солнечного ультрафиолетового излучения в условиях различного вида и величины облачного покрова.

Проведено изучение влияния состояния облачности на интенсивность солнечного ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности земли. Показано, что ослабление солнечного УФ-излучения за счет сплошного покрова облаков нижнего яруса в среднем составляет 65–80 %, среднего яруса – 20–30 % и верхнего – 3–8 %. Переменная (разорванная) облачность верхнего и среднего ярусов влияет на интенсивность солнечного излучения незначительно (ослабление 4–6 %).

График годового распределения усредненных за десятилетний период среднемесячных значений балла облачности для Минского региона представлен на рис. 23. В будущем целесообразно получить такие же распределения для других важных регионов, в частности для региона озер Нарочанской группы.

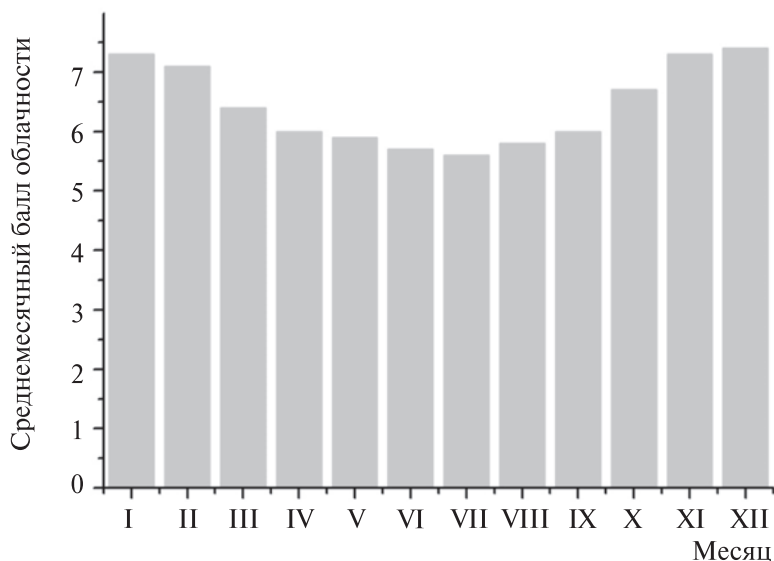


Рис. 23. Усредненное за период 1999–2009 гг. распределение среднемесячного балла облачности (Минский регион)

В данной работе оценка влияния облачности при проведении ретроанализа доз биологически активного солнечного излучения в Нарочанском регионе проводилась с использованием коэффициентов, вычисляемых по формуле (5.1).

Атмосферные аэрозоли. Аэрозоли влияют на радиационный баланс атмосферы, поглощая и рассеивая прямое солнечное излучение, а также солнечное излучение, отраженное и рассеянное земной поверхностью. В качестве параметра, описывающего эффект влияния аэрозолей на перенос ультрафиолетового излучения в атмосфере, наиболее широко используется аэрозольная оптическая толщина (АОТ). В Европейском регионе оптическая толщина аэрозольного ослабления не превышает значения 0,4, а в чистых районах (Приэльбрусье) может опускаться до 0,05. Типичные значения для населенных районов составляют 0,1–0,2, что вызывает ослабление УФ-облученности на 10–15 % [22]. За исключением экстраординарных ситуаций (сильные лесные пожары, пожары на торфяниках, извержение вулканов), величина аэрозольного ослабления не подвержена значительным изменениям.

В результате предварительной систематизации данных по Минскому региону установлены общие закономерности сезонных изменений среднедневных значений АОТ в УФ-области спектра. Проведено сопоставление данных АОТ с результатами визуальных оценок прозрачности атмосферы в приземном слое. Установлено, что наблюдаемые особенности и качественные изменения АОТ в УФ-области достаточно хорошо коррелируют с состоянием атмосферы и ее прозрачностью в видимом диапазоне спектра.

В настоящей работе для исследования и учета влияния оптических характеристик атмосферных аэрозолей на эффективные дозы биоэффектов (в частности, эритемы) использованы данные измерений аэрозольной оптической толщины атмосферы (АОТ) в спектральном диапазоне $\lambda = 295 \div 320$ нм, проведенных на Минской озонометрической станции ННИЦ МО БГУ методом «по прямому солнцу» при помощи спектрометра-озонометра ПИОН.

На рис. 24 приведены среднемесячные значения АОТ на длине волны $\lambda = 308$ нм, усредненные по результатам многолетних наблюдений (1996–2006 гг.).

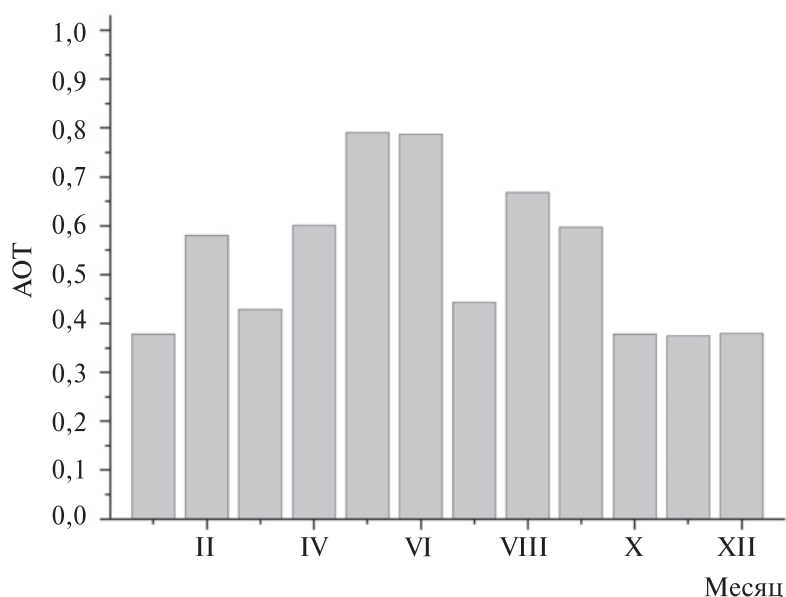


Рис. 24. Среднемесячные значения АОТ $\lambda = 308$ нм (усреднение за период 1996–2000 гг.)

Поскольку межгодовая изменчивость среднемесячных значений АОТ не превышает 25 %, можно сделать вывод о довольно устойчивой сезонной повторяемости типов аэрозолей для Минского региона, что дает возможность использовать среднемесячные значения АОТ в случаях отсутствия данных прямых измерений вследствие сплошной облачности, наличия осадков и т. п.

С августа 2002 г. в Минске на базе Института физики АН Беларуси введена в действие станция роботизированной сети контроля аэрозолей (AERONET), которая в автоматическом режиме производит измерения АОТ на нескольких длинах волн в диапазоне 1020–380 нм. Наличие рядов регулярных наблюдений дает возможность уточнить средние значения сезонных вариаций АОТ в районе г. Минска и использовать их в программе расчета значений УФ-индекса для ясного неба. К сожалению, станция AERONET не оснащена коротковолновым датчиком для определения аэрозольной оптической толщины в диапазоне 300–320 нм, который представляет наибольший интерес при оценке влияния аэрозолей на ослабление УФ-Б радиации.

В данной работе для ретрооценки влияния аэрозольной составляющей на перенос УФ-излучения в атмосфере над Нарочанским регионом использовался доступный косвенный параметр – метеорологическая дальность видимости.

Альbedo подстилающей поверхности. Существенное значение имеет отражающая способность поверхности, так как некоторая часть излучения, достигающего земной поверхности, отражается и таким образом увеличивает уровень приземного ультрафиолетового излучения. Величина этого вклада определяется отражательной способностью подстилающей поверхности. Например, свежий снег может отражать до 80 % УФ-И, сухой песок – 20 %, морская пена – 25 %. Согласно спутниковым данным (TOMS) для непокрытых снегом поверхностей отражательная способность в УФ-области R_s изменяется от минимального значения 2 % для зеленого растительного покрова до максимального 8 % в Сахаре или в открытом океане. Имеются небольшие сезонные колебания R_s , но в отсутствие снежного покрова величина R_s никогда не превышает 8 %.

Отражательную способность поверхности характеризуют параметром альbedo. При увеличении значения альbedo уровень приземного УФ-излучения возрастает. Альbedo подстилающей поверхности в отсутствие снежного покрова изменяется в пределах 0,05–0,08 и для данного географического месторасположения является практически величиной постоянной (поскольку соотношение асфальтового покрытия, лесов и лугов остается в течение лета неизменным).

В весенне-осенний период (май – сентябрь) для Минского региона в данной работе использовалось усредненное значение альbedo 0,06. В декабре – марте использовалось усредненное значение альbedo снежного покрова, равное 0,6

Появление снежного покрова является основным фактором, вызывающим значительное изменение альbedo в УФ-области. Поэтому при организации прогноза этого параметра в первую очередь учитываются (по данным метеопрогноза) наличие снежного покрова, а затем наличие или отсутствие зеленого покрова.

В качестве времени появления и исчезновения устойчивого снежного покрова использовались усредненные данные многолетних наблюдений, согласно которым с 10 декабря по 10 апреля снежный покров есть, в другое время – нет [rogoda.by климатический справочник].

Для акватории оз. Нарочь и прилегающего региона в летне-весенний период использовалось значение альbedo для открытой водной поверхности – 0,2.

Оценка биологического воздействия ультрафиолетового излучения. Воздействие ультрафиолетового излучения на биологические объекты оценивалось по биологическим дозам, расчет которых сводился к вычислению интеграла

$$E = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda)B(\lambda)d\lambda, \quad (5.2)$$

где E – биологически взвешенная энергетическая освещенность, мВт/м², $F(\lambda)$ – измеренный (или модельный) спектр солнечного излучения, мВт/м² нм, а $B(\lambda)$ – спектр действия биологических эффектов УФ-излучения, или так называемый **фактор биологической дозы**. Интегрирование проводилось в пределах от $\lambda_1 = 290$ нм до $\lambda_2 = 400$ нм.

В частности, расчет дозы биологического эффекта «эритема» (СІЕ) проводился с использованием весовой функции $B(\lambda)$, описывающей спектр действия эритемы и имеющей вид

$$B(\lambda) = \begin{cases} 1, & \lambda < 298 \\ 10^{-0,094(\lambda-298)}, & 298 \leq \lambda < 328. \\ 10^{-0,015(\lambda-139)}, & 328 \leq \lambda \end{cases} \quad (5.3)$$

В качестве примера влияния ОСО на дозы биоэффектов на рис. 25 приведены спектры, площади под которыми определяют соответствующие эритемные дозы солнечной УФ-радиации при различных значениях общего содержания озона.

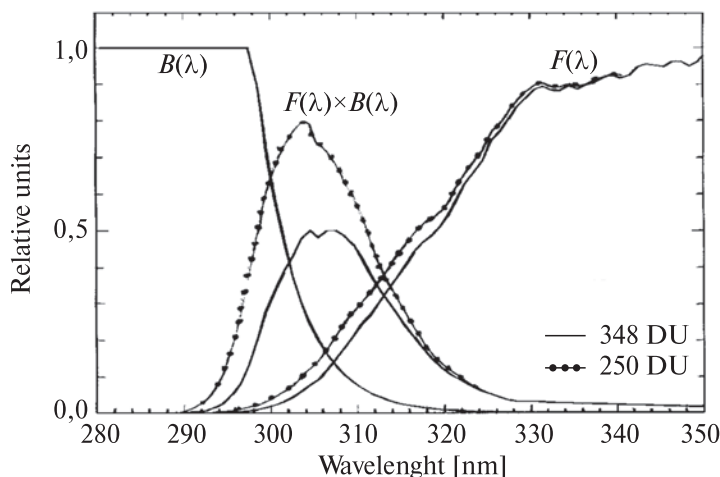


Рис. 25. Эритемные дозы солнечной УФ-радиации при различных значениях общего содержания озона

Как показано на рис. 25, влияние значений ОСО на спектр мощности дозы биоэффектов достаточно ощутимо.

УФ-индекс. В 1994 г. Всемирная метеорологическая организация совместно со Всемирной организацией здравоохранения предложила для оценки и сравнения воздействия ультрафиолетового излучения на здоровье людей в разных странах ввести единый стандарт – УФ-индекс, определяющий степень риска для человека, обусловленную воздействием на него ультрафиолетового излучения.

УФ-индекс был определен как дневной максимум биологически активной облученности, или экспозиции, и рассчитывается по формуле, аналогичной (5.2):

$$UV_{\text{bio}} = \int F(\lambda)B(\lambda)d(\lambda), \quad (5.4)$$

где $F(\lambda)$ – интенсивность приземной солнечной радиации, $B(\lambda)$ – спектр действия эритемы, утвержденный Международной комиссией по освещенности (СІЕ).

Для безоблачного неба УФ-индекс соответствует значению UV_{bio} в момент истинного полудня.

При наличии облачности дневной максимум биооблученности может наблюдаться в различное время, отличное от полудня. УФ-индекс равен значению интеграла $\int F(\lambda)B(\lambda)d(\lambda)$ в единицах Вт/м², умноженному на 40 для удобства восприятия человеком.

Нормирующий множитель 40 используется для приведения получаемых значений к десятичной шкале. Значения УФ-индекса более 10 соответствуют максимальному риску, а менее 1 – минимальному. Такая шкала удобна для оценки и прогноза УФ-риска в средних широтах, так как значения УФ-индекса больше 10, как правило, регистрируются только в тропической зоне. Американское агентство по охране окружающей среды использует следующую классификацию степени риска биологически активной ультрафиолетовой облученности, основанную на значении УФ-индекса: 0–2 – минимальная, 3–4 – низкая, 5–6 – средняя, 7–9 высокая и более 10 – очень высокая.

В весенне-летний период (май – июль) в Беларуси в безоблачные или малооблачные дни интенсивность УФ-излучения может достигать значений 0,15–0,2 Вт/м², а УФ-индекс

соответственно 6–8 единиц. При высокой прозрачности атмосферы и низком содержании озона возможны и достаточно высокие значения (до 8,5).

Оптимизация расчетов суточной «эритемной» дозы. Проведение расчетов зависимостей значений суточных эритемных доз требует в общей сложности больших затрат машинного времени, поэтому возникает задача оптимизации расчетов. Один из вариантов оптимизации расчетов предложен в данной работе.

Введем коэффициент K , который определим как отношение суточной эритемной дозы к значению УФ-индекса:

$$K = \frac{S}{UVI}, \quad (5.5)$$

где S – *интегральная суточная эритемная доза* (J/m^2), UVI – значение УФ-индекса.

Значение УФ-индекса определяется как *полуденная мощность эритемной дозы* (W/m^2), умноженная на 40.

Нахождение коэффициента K представляет собой несложную задачу, если иметь в своем распоряжении график зависимости мощности эритемной дозы от времени суток для каждого дня года. Тогда коэффициент K будет определяться отношением площади под графиком к значению дозы в максимуме, умноженному на 40. Очевидно, что годовая кривая симметрична, поэтому для построения достаточно рассмотреть период с 22 июня по 22 декабря, когда Земля находится на минимальном и максимальном расстояниях от Солнца (так как солнечная орбита симметрична).

В табл. 5.2.1 представлены результаты расчетов коэффициента K для семи выбранных дней, а на рис. 26 приведена зависимость коэффициента K от номера дня в году с учетом симметрии графика.

Таблица 5.2.1

Значения коэффициента K

День года	K
22 июня	639,16
22 июля	618,18
22 августа	567,15
22 сентября	507,55
22 октября	440,31
22 ноября	379,08
22 декабря	352,63

Коэффициент K дает возможность рассчитывать суточную эритемную дозу, зная значение УФ-индекса в максимуме, что позволяет существенно упростить процесс и сократить время проведения расчетов.

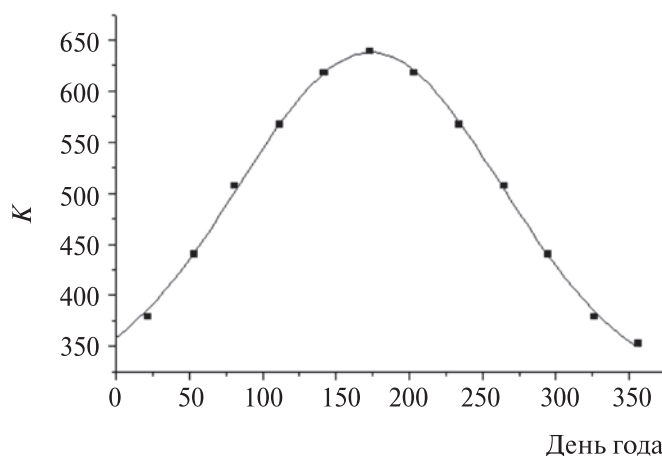


Рис. 26. Зависимость коэффициента K от номера дня в году

5.3. Выполнение предварительных расчетов УФ-облученности поверхности в районе оз. Нарочь и валидизация модели

Для проведения расчетов доз различных биоэффектов в Национальном научно-исследовательском центре мониторинга атмосферы БГУ (ННИЦ МО БГУ) было разработано программное приложение libSpec.exe. Это программное приложение было существенным образом модернизировано для проведения ретроспективного анализа УФ-облученности.

Новая версия программного приложения позволяет проводить расчет яркостей и освещенностей прямого диффузно рассеянного атмосферой и подстилающей поверхностью солнечного излучения, а также рассчитывать мощности и дозы различных биоэффектов, в частности определять значения УФ-индекса. Приложение рассчитано на работу в интерактивном режиме под управлением OS Windows. Пользователь может по своему усмотрению задавать различные географические параметры: координаты места (долгота, широта, высота над уровнем моря), а также выбирать дату и время. На основании этих данных программа рассчитывает зенитный угол солнца и поправку на изменение расстояния от Земли до Солнца при орбитальном движении Земли. Приложение может работать в различных режимах проведения расчетов (УФ-индекс, дозы либо дневные дозы).

Входными параметрами модели, которые можно изменять в интерактивном режиме, являются: общее содержание озона в вертикальном столбе атмосферы (ОСО), метеорологическая дальность видимости, балл (и высота) облачности, альbedo подстилающей поверхности. Кроме того, применение стандартного для программы uvspec input файла позволяет использовать все возможности пакета libRadtran.

С помощью программного приложения libRadtran.exe были проведены предварительные расчеты УФ-индексов для Нарочанского региона. Сопоставление рассчитанных и экспериментально измеренных значений УФ-индекса позволило провести предварительную валидизацию используемой модели расчета.

Результаты предварительных пробных расчетов, а также данные мониторинга УФ-индекса на биостанции оз. Нарочь 2014 г. представлены в табл. 5.3.1. Модельные данные приведены в трех правых колонках.

Таблица 5.3.1

Экспериментальные и модельные значения УФ-индекса для региона оз. Нарочь в 2014 г.

Дата	День года	Данные ОМІ_ОЗ, ЕД*	<i>UVI</i>	<i>UVI</i> _{max}	<i>UVI</i> Clear	<i>UVI</i> Cloudy	<i>ABS</i> (<i>UVI</i> – <i>UVI</i> Cloudy)
17.06.2014	168	370	5,36	8,08	7,19	5,80	0,44
18.06.2014	169	356	3,85	8,56	7,53	3,80	0,05
19.06.2014	170	349	7,45	8,19	7,72	7,78	0,33
20.06.2014	171	355	–	–	–	–	–
21.06.2014	172	–	–	–	–	–	–
22.06.2014	173	400	–	–	–	–	–
23.06.2014	174	389	–	–	–	–	–
24.06.2014	175	393	3,67	5,14	6,69	3,37	0,3
25.06.2014	176	391	4,26	6,99	6,73	3,39	0,87
26.06.2014	177	366	4,06	5,82	7,27	5,87	1,81
27.06.2014	178	384	3,25	5,66	6,86	3,46	0,21
28.06.2014	179	367	4,67	5,94	7,23	3,65	1,02
29.06.2014	180	334	4,01	5,27	8,09	4,08	0,07

Продолжение табл. 5.3.1

Дата	День года	Данные ОМІ_ОЗ, ЕД*	<i>UVI</i>	<i>UVI</i> _{max}	<i>UVI</i> Clear	<i>UVI</i> Cloudy	<i>ABS</i> (<i>UVI</i> – <i>UVI</i> Cloudy)
30.06.2014	181	—	1,02	1,49	—	—	—
01.07.2014	182	341	4,57	5,36	7,87	3,96	0,61
02.07.2014	183	347	4,15	6,27	—	—	—
03.07.2014	184	347	—	—	—	—	—
04.07.2014	185	318	—	—	—	—	—
05.07.2014	186	319	—	—	—	—	—
06.07.2014	187	329	—	—	—	—	—
07.07.2014	188	—	—	—	—	—	—
08.07.2014	189	338	—	—	—	—	—
09.07.2014	190	—	—	—	—	—	—
10.07.2014	191	334	—	—	—	—	—
11.07.2014	192	336	—	—	—	—	—
12.07.2014	193	321	—	—	—	—	—
13.07.2014	194	341	2,15	3,32	—	—	—
14.07.2014	195	334	4,82	5,02	—	—	—
15.07.2014	196	324	4,32	4,54	—	—	—
16.07.2014	197	325	4,28	4,64	—	—	—
17.07.2014	198	310	4,48	5,24	—	—	—
18.07.2014	199	317	4,69	4,97	—	—	—
19.07.2014	200	332	3,71	4,54	—	—	—
20.07.2014	201	340	4,12	4,72	—	—	—
21.07.2014	202	342	2,09	5,13	—	—	—
22.07.2014	203	348	4,04	4,24	—	—	—
23.07.2014	204	—	4,12	4,19	—	—	—
24.07.2014	205	339	5,72	5,82	—	—	—
25.07.2014	206	327	5,12	6,05	—	—	—
26.07.2014	207	318	6,05	6,13	—	—	—
27.07.2014	208	313	5,85	5,95	—	—	—
28.07.2014	209	305	5,7	6,09	—	—	—
29.07.2014	210	313	4,96	5,51	—	—	—
30.07.2014	211	312	5,16	5,42	—	—	—
31.07.2014	212	310	4,23	6,11	—	—	—
01.08.2014	213	309	3,41	3,88	—	—	—
02.08.2014	214	318	4,65	4,73	—	—	—
03.08.2014	215	319	4,67	4,74	—	—	—
04.08.2014	216	316	4,6	4,73	—	—	—
05.08.2014	217	322	5,25	5,39	—	—	—
06.08.2014	218	329	4,37	5,51	—	—	—
07.08.2014	219	320	4,76	4,79	—	—	—
08.08.2014	220	—	4,93	5,02	—	—	—
09.08.2014	221	320	4,19	5,47	—	—	—
10.08.2014	222	—	5,28	6,09	—	—	—

Продолжение табл. 5.3.1

Дата	День года	Данные ОМІ_ОЗ, ЕД*	<i>UVI</i>	<i>UVI</i> _{max}	<i>UVI</i> Clear	<i>UVI</i> Cloudy	<i>ABS</i> (<i>UVI</i> – <i>UVI</i> Cloudy)
11.08.2014	223	311	4,96	5,02	–	–	–
12.08.2014	224	289	4,88	6,52	–	–	–
13.08.2014	225	316	4,5	5,58	–	–	–
14.08.2014	226	298	3,39	5,85	–	–	–
15.08.2014	227	309	3,65	4,95	–	–	–
16.08.2014	228	331	3,2	4,71	–	–	–
17.08.2014	229	349	3,16	5,5	–	–	–
18.08.2014	230	322	4,24	4,74	–	–	–
19.08.2014	231	321	4,29	4,75	–	–	–
20.08.2014	232	319	4,42	4,52	–	–	–
21.08.2014	233	319	2,71	3,03	–	–	–
22.08.2014	234	331	3,49	4,65	–	–	–
23.08.2014	235	331	3,96	4,23	–	–	–
24.08.2014	236	–	1,38	2,08	–	–	–
25.08.2014	237	355	1,73	2,17	–	–	–
26.08.2014	238	366	1,53	1,83	–	–	–
27.08.2014	239	351	2,91	4,5	–	–	–
28.08.2014	240	343	3,55	4,57	–	–	–
29.08.2014	241	342	2,3	3,19	–	–	–
30.08.2014	242	317	3,64	4,21	–	–	–
31.08.2014	243	328	2,6	3,02	–	–	–
01.09.2014	244	328	1,71	1,96	–	–	–
02.09.2014	245	316	2,05	2,36	–	–	–
03.09.2014	246	303	3,4	4,28	–	–	–
04.09.2014	247	283	4,14	4,32	–	–	–
05.09.2014	248	275	3,98	4,03	–	–	–
06.09.2014	249	281	3,35	4,05	–	–	–
07.09.2014	250	278	3,18	3,32	–	–	–
08.09.2014	251	267	2,5	3,64	–	–	–
09.09.2014	252	–	1,83	2,22	–	–	–
10.09.2014	253	282	1,4	1,63	–	–	–
11.09.2014	254	–	2,88	3,46	–	–	–
12.09.2014	255	276	2,93	3,14	–	–	–
13.09.2014	256	272	3,21	3,37	–	–	–
14.09.2014	257	264	3,46	3,55	–	–	–
15.09.2014	258	276	1,9	2,13	–	–	–
16.09.2014	259	272	3,27	3,45	–	–	–
17.09.2014	260	267	3,02	3,56	–	–	–
18.09.2014	261	272	3,13	3,17	–	–	–
19.09.2014	262	276	3,14	3,19	–	–	–
20.09.2014	263	281	1,89	2,09	–	–	–
21.09.2014	264	278	2,61	3,17	–	–	–

Дата	День года	Данные ОМІ_ОЗ, ЕД*	<i>UVI</i>	<i>UVI</i> _{max}	<i>UVI</i> Clear	<i>UVI</i> Cloudy	<i>ABS</i> (<i>UVI</i> – <i>UVI</i> Cloudy)
22.09.2014	265	291	1,22	1,57	–	–	–
23.09.2014	266	322	1,85	2,98	–	–	–
24.09.2014	267	315	2,53	3,09	–	–	–
25.09.2014	268	–	2,64	2,82	–	–	–
26.09.2014	269	319	2,17	2,66	–	–	–
27.09.2014	270	309	2,34	2,71	–	–	–
28.09.2014	271	298	1,8	2,54	–	–	–
29.09.2014	272	290	1,72	2,35	–	–	–
30.09.2014	273	290	2,48	2,6	–	–	–
01.10.2014	274	296	2,37	2,69	–	–	–
02.10.2014	275	289	2,53	2,55	–	–	–
03.10.2014	276	277	2,41	2,47	–	–	–
04.10.2014	277	294	2,11	2,24	–	–	–
05.10.2014	278	303	2,16	2,2	–	–	–
06.10.2014	279	314	2,19	2,32	–	–	–
07.10.2014	280	297	2,14	2,21	–	–	–
08.10.2014	281	280	2,14	2,27	–	–	–
09.10.2014	282	291	2,02	2,31	–	–	–
10.10.2014	283	277	2,09	2,12	–	–	–
11.10.2014	284	–	2,14	2,34	–	–	–
12.10.2014	285	274	1,68	1,87	–	–	–
13.10.2014	286	–	1,61	1,96	–	–	–
14.10.2014	287	257	1,93	2,11	–	–	–
15.10.2014	288	282	1,02	1,09	–	–	–
16.10.2014	289	303	0,96	1	–	–	–
17.10.2014	290	280	1,37	1,71	–	–	–
18.10.2014	291	281	2,01	2,09	–	–	–
19.10.2014	292	251	1,08	1,16	–	–	–
20.10.2014	293	270	1,47	1,94	–	–	–
21.10.2014	294	279	1,56	1,78	–	–	–
22.10.2014	295	262	1,16	1,23	–	–	–
23.10.2014	296	304	1,76	1,78	–	–	–
24.10.2014	297	289	1,85	1,87	–	–	–
25.10.2014	298	265	1,86	1,88	–	–	–
26.10.2014	299	262	1,78	1,8	–	–	–
27.10.2014	300	–	1,69	1,71	–	–	–
28.10.2014	301	249	1,68	1,7	–	–	–

*ОМІ – Ozone Measuring Instrument. ЕД – единица Добсона (ДИ) для измерения общего содержания озона в составе атмосферы.

Пробные расчеты для 2014 г., так же как многочисленные расчеты, проведенные для предыдущих лет, показывают, что абсолютные отклонения модельных значений от экспериментальных данных в среднем менее 0,5 единицы УФ-индекса. При учете аэрозольной составляющей и точного альбеда абсолютные отклонения составляют ~ 0,2 единицы.

5.4. Проведение ретроспективных расчетов УФ-облученности поверхности в районе оз. Нарочь

В данной работе проведен ретроспективный расчет УФ-индексов и доз УФ-облученности поверхности в районе оз. Нарочь за 2006 г. и оценка годовых доз УФ-облученности за период 1997–2008 гг.

Расчет проводился для пункта с координатами: Latitude: 54.9 N, Longitude: – 26.7 E.

В качестве варьируемых параметров были выбраны:

- общее содержание озона в столбе атмосферы (ОСО), ЕД;
- балл облачности (октава по шкале 1–8);
- альbedo подстилающей поверхности (снег, лед, мокрый лед, вода). В летние, весенние и осенние месяцы использовалось альbedo водной поверхности;
- аэрозольная составляющая оценивалась по наблюдаемому параметру – метеорологическая дальность видимости.

Среднедневные значения ОСО получены из архива орбитальной системы OMI, а также архива наземных измерений ННИЦ МО БГУ.

На рис. 27 показано годовое распределение ОСО в атмосфере над Нарочанским регионом.

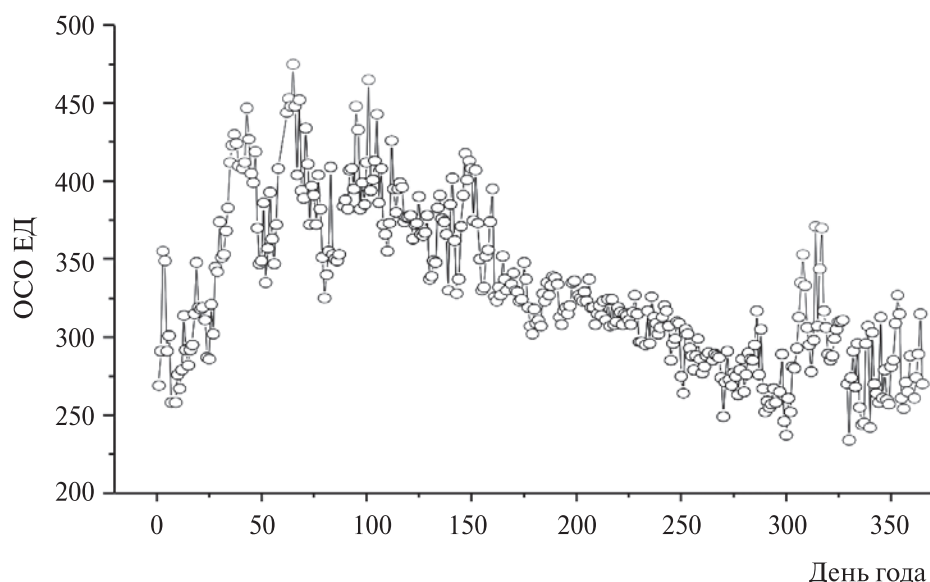


Рис. 27. Годовое распределение средних значений ОСО в атмосфере над Нарочанским регионом

Метеорологические параметры для ст. Нарочь получены из архива сайта РУГМЦ pogoda.by. Именно глубиной данного архива с 2006 г. был обусловлен выбор года ретроспекции. Данные по фактору облачности и метеорологической дальности видимости представлены соответственно на рис. 28, 29. Фактор облачности представлен так, как он приведен на сайте pogoda.by: 0 – ясно; 1 – малооблачно (1–2 балла); 3 – небольшая облачность (3–4 балла); 6 – переменная облачность (5–7 баллов); 7 – облачно с прояснениями (8–9 баллов); 9 – сплошная облачность (10 баллов). При расчете проводился пересчет в шкалу октав 1–8.

В соответствии с указанным набором параметров проводился расчет УФ-индексов для чистой и облачной атмосферы на время 10:00 UTC. Кроме того, рассчитывались мощности дозы облученности прямым и диффузно рассеянным вниз и вверх излучением Солнца в диапазоне 290–400 нм. Далее по значениям УФИ по методике, описанной в разделе 5.2, проводился оценочный расчет дневных доз УФ-облученности.

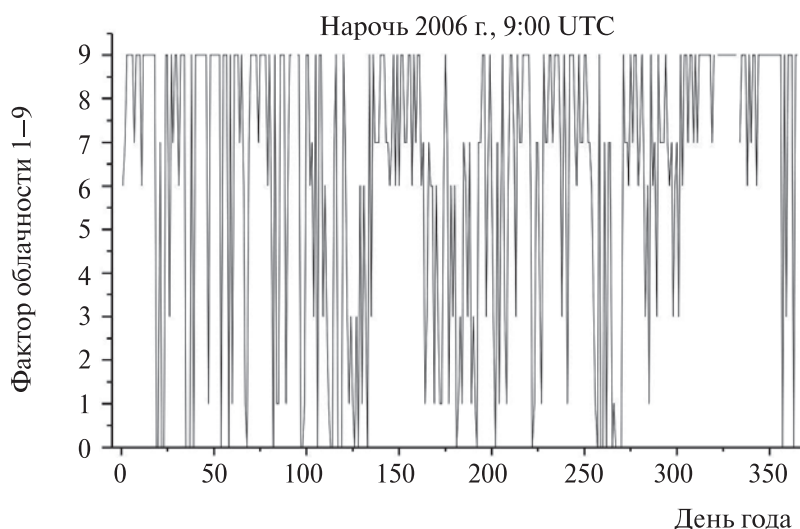


Рис. 28. Годовое распределение значений фактора облачности для Нарочанского региона. Срок наблюдений 9:00 UTC

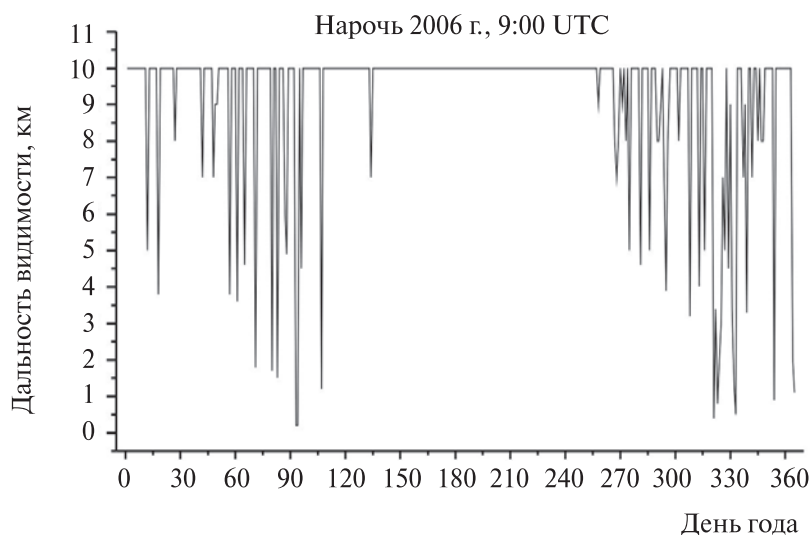


Рис. 29. Годовое распределение значений метеорологической дальности видимости для Нарочанского региона. Срок наблюдений 9:00 UTC

Результаты расчета значений УФ-индекса представлены на рис. 30.

Расчетные максимальные значения УФ-индекса ≥ 8 согласуются с результатами, полученными экспериментально для Нарочанского региона в другие годы. Этот факт уже отмечался нами – как следствие более высокого альbedo водной поверхности и более прозрачной атмосферы рекреационного заповедника по сравнению, например, с Минским мегаполисом.

Используя результаты модельного расчета значений УФ-индекса, в соответствии с предложенной методикой определяли годовые распределения суточных доз биоэффекта эритема. Результаты расчетов представлены на рис. 31.

Интегрированием распределений, представленных на рис. 31, получены суммарные годовые дозы биоэффекта эритема для модели с учетом и без учета влияния облачности соответственно 556 и 434 кДж. Последнее значение хорошо соответствует значению, измеренному экспериментально в 2006 г. спектрометрией ПИОН-УФ на Минской озонометрической станции ННИЦ МО БГУ, – 482 кДж.

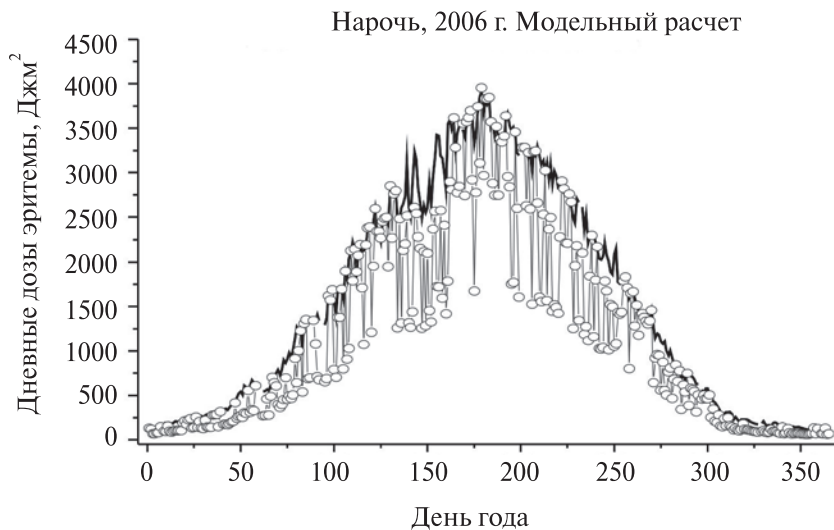


Рис. 30. Годовое распределение значений УФ-индекса по результатам численного моделирования для Нарочанского региона. Срок наблюдений 10:00 UTC

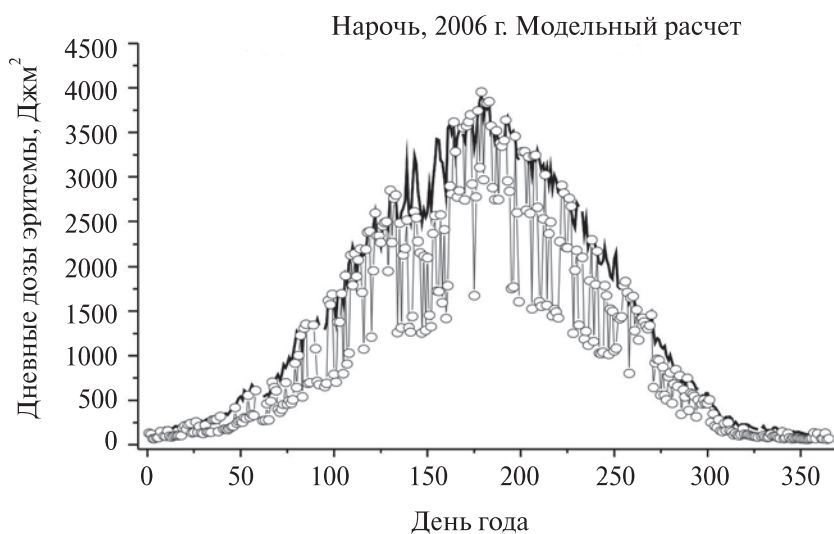


Рис. 31. Годовое распределение дневной дозы биоэффекта эритема по результатам численного моделирования для Нарочанского региона

Это позволило провести ретроспективную оценку годовых эритемных доз для Нарочанского региона за период с 1979 по 2008 г. Данные оценки, которые носят предварительный характер, представлены на рис. 32.

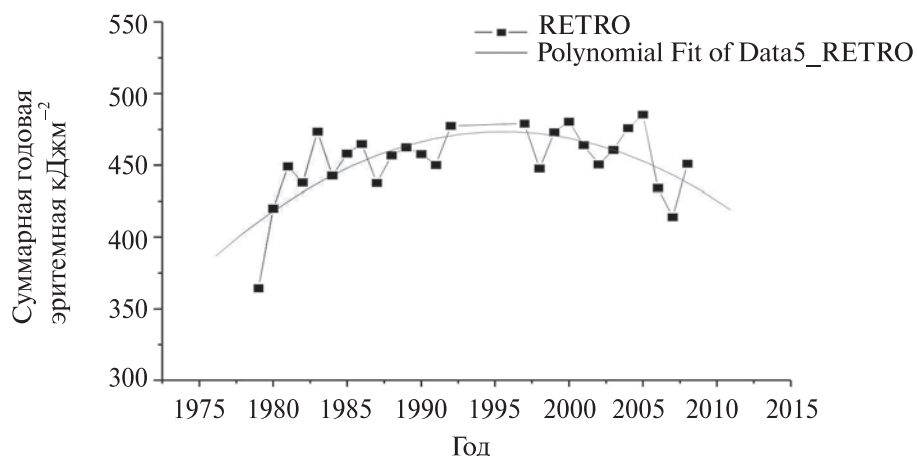


Рис. 32. Предварительные результаты ретрооценки суммарных годовых доз эффекта эритема по результатам численного моделирования для Нарочанского региона

В результате выполненных работ можно сделать ряд выводов:

1) предложенная методика проведения ретроанализа доз облученности поверхности излучением Солнца достаточно работоспособна и позволяет восстанавливать характеристики облученности с различной требуемой точностью;

2) основной вопрос при определении временной «глубины» ретроанализа – «глубина» доступных архивных данных ОСО, параметров облачности, дальности видимости и альbedo подстилающей поверхности;

3) наличие функций прозрачности водной среды водоемов в сочетании с разработанной методикой ретроанализа позволяет провести оценочную ретроспекцию уровней облученности на различных глубинах;

4) для продления области ретроанализа при отсутствии экспериментальных данных возможно использование климатических норм для конкретного региона. Однако этот вопрос требует проведения дополнительных исследований «валидности» этих климатических норм в течение длительного периода времени.

6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ оз. НАРОЧЬ В 2014 г.

На территории геофизической обсерватории «Нарочь» непрерывные гидродинамические наблюдения за уровнем подземных вод в 2014 г. проводили на двух скважинах – № 101-Пс и № 103-Пс. Метрологические факторы и условия формирования притока водоносных горизонтов в основном обусловили сезонные колебания уровня подземных вод в скважинах.

Наблюдательная скважина № 101-Пс. Максимальная глубина залегания уровня воды в скважине 101-Пс составила 30,045 м, минимальная глубина залегания – 29,588 м. Годовая амплитуда колебания уровня составила 0,457 м (табл. 6.1).

В 2014 г. среднемесячные значения уровней воды в январе и марте были выше, чем в 2013 г., а пониженные значения наблюдались в феврале и с апреля по декабрь. Среднегодовой уровень воды в скважине (29,885 м) в 2014 г. понизился на 0,213 м по сравнению с 2013 г. (29,672 м).

Среднемесячные уровни воды в скважине за весь период были выше средних многолетних величин. Относительно среднего многолетнего значения (30,062 м) за 25 лет (1990–2014) среднегодовой уровень (29,885 м) был выше на 0,177 м.

По сравнению с 1990 г. (29,655 м) – началом регулярных гидродинамических наблюдений – среднегодовой уровень воды в скважине (29,885 м) остается пониженным на 0,23 м.

Наблюдательная скважина № 103-Пс. Максимальная глубина уровня воды в скважине 103-Пс составила 26,650 м, минимальная глубина – 26,435 м. Годовая амплитуда колебания уровня составила 0,215 м (табл. 6.2).

В 2014 г. среднемесячные значения уровня воды с апреля по июль и с сентября по декабрь были выше, чем в 2013 г., а пониженные значения наблюдались с января по март и в августе. Среднегодовой уровень воды в скважине (26,519 м) в 2014 г. повысился на 0,026 м по сравнению с 2013 г. (26,545 м).

Среднемесячные значения уровня за весь период были выше средних многолетних величин. Относительно среднего многолетнего значения (26,826 м) за 25 лет (1990–2014) среднегодовое значение уровня (26,519 м) оказалось выше на 0,307 м.

По сравнению с 1990 г. (25,826 м) – началом регулярных гидродинамических наблюдений – среднегодовое значение уровня воды в скважине (26,519 м) остается пониженным на 0,693 м.

Таблица 6.1

Значения уровня подземных вод в скважине № 101-Пс за 2014 г.

Период наблюдений	Среднемесячные значения, м											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	29,663	29,655	29,632	29,831	29,953	29,944	29,955	29,977	30,001	30,015	30,010	29,979
1990–201	30,052	30,032	30,030	30,038	30,049	29,955	30,049	30,099	30,093	30,097	30,088	30,080
Период наблюдений	Среднегодовые значения, м						Годовые значения, м					
	среднее	минимальное	максимальное	амплитуда	h _{макс}	дата	h _{мин}	дата	амплитуда	дата	амплитуда	
	29,885	29,632	30,015	0,383	30,045	06.10	29,588	24.03	0,457			
1990–2014	30,062	29,976	30,133	0,157	30,510	2002	29,330	1991	1,180			

Таблица 6.2

Значения уровня подземных вод в скважине № 103-Пс за 2014 г.

Период наблюдений	Среднемесячные значения, м											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	26,533	26,552	26,493	26,491	26,467	26,449	26,476	26,607	26,563	26,553	26,537	26,504
1990–2013	26,790	26,793	26,795	26,781	26,743	26,763	26,853	26,908	26,883	26,886	26,856	26,857
Период наблюдений	Среднегодовые значения, м						Годовые значения, м					
	среднее	минимальное	максимальное	амплитуда	h _{макс}	дата	h _{мин}	дата	амплитуда	дата	амплитуда	
	26,519	26,449	26,607	0,158	26,650	27.08	26,435	04.06	0,215			
1990–2014	26,826	26,665	26,983	0,317	27,780	1999	25,580	1992	2,200			

7. ПОКАЗАТЕЛИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В 2014 г.

Суммарная рекреационная нагрузка на побережье Нарочанских озер складывается из организованных отдыхающих в 10 стационарных здравницах и учреждениях отдыха (статистика по заполняемости в текущем году представлена в табл. 7.1 и на туристских стоянках Национального парка «Нарочанский» (табл. 7.2). Неучтенными являются часть туристов, которые отдыхают на туристских стоянках на льготных условиях и не регистрируются, и категория отдыхающих, снимающих в летний период жилье в курортном поселке либо в расположенных вблизи водоемов населенных пунктах.

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) – 720 мест.

Количество организованных отдыхающих в 2014 г. в стационарах на побережье оз. Нарочь составило 86 032 человека (в сезон массового отдыха с мая по сентябрь – 41 372 человека), рекреационная нагрузка – 1 054 022 человеко-дня (с мая по сентябрь – 505 070 человеко-дней).

Таблица 7.1

Количество организованных отдыхающих на побережье оз. Нарочь в 2014 г.

Наименование здравницы (учреждения отдыха)	Количество реализованных путевок, шт.		Количество человеко-дней	
	за год	май – сентябрь	за год	май – сентябрь
Национальный детский оздоровительный лагерь «Зубренок»	17 944	8785	263 278	125 564
Республиканский детский пульмонологический центр медицинской реабилитации	2974	1275	54 318	23 563
Санаторий «Журавушка»	5595	2611	70 003	34 574
Санаторий «Нарочанский берег»	5720	2606	89 286	39 956
Санаторий «Нарочь»	5663	2889	66 865	34 517
Санаторий «Сосны»	7060	3293	79 932	37 230
Санаторий «Спутник»	10006	4538	107 924	52 742
Санаторий МВД «Белая Русь»	8386	3891	99 684	45 647
Санаторно-оздоровительный комплекс «Приозерный»	13541	5870	161 438	71 555
Туристский комплекс «Нарочь»*	9143	5614	61 626	39 722
Всего	86 032	41 372	1 054 354	505 070

*Включая оздоровительный центр «Нарочанка».

Таблица 7.2

Количество туристов на туристских стоянках в 2014 г.

Наименование туристских стоянок	Количество, чел.
Озеро Мястро	
Туристская стоянка «Кочерги»	4126
Озеро Белое	
Туристская стоянка «Белое»	1423
Озеро Нарочь	
Туристская стоянка «Антонисберг»	1656
Автокемпинг «Нарочь»	3129
Туристская стоянка «Лагерь»	790
Всего на оз. Нарочь	5575
Всего на озерах Нарочанской группы	11 124

Количество туристов на 5 туристских стоянках Национального парка «Нарочанский» на побережьях озер Нарочь, Белое и Мястро в летний сезон 2014 г. составило 11 124 человека (табл. 7.2).

8. ВЫЛОВ РЫБЫ

Эксплуатацию рыбных стад на Нарочанских озерах осуществляют промысловые бригады Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк “Нарочанский”» и рыболовы-любители. Промысловый лов рыбы в 2014 г. вели на озерах Мястро, Баторино. На оз. Нарочь промышленный лов запрещен с марта 2012 г. В промысловых уловах отмечено 7 видов рыб. Основу уловов для озер Мястро и Баторино составил лещ (количественные показатели промыслового лова приведены в табл. 8.1).

Таблица 8.1

Промысловый вылов рыбы (%) из озер Мястро и Баторино в 2014 г.

Вид рыбы	оз. Мястро	оз. Баторино
Лещ	22,46	30,79
Щука	6,79	2,76
Окунь	9,43	0,59
Плотва	5,6	н
Карась серебряный	0,46	3,87
Угорь	н	0,01
Всего	58,22	38,02

Примечание. «н» – отсутствие в уловах.

Вылов составил в р. Дробня – 0,29 ц, в р.Скема – 3,25 ц, в р. Нарочанка – 12,76 ц. В 2014 г. проводилось зарыбление оз. Мястро и оз. Баторино карпом и щукой.

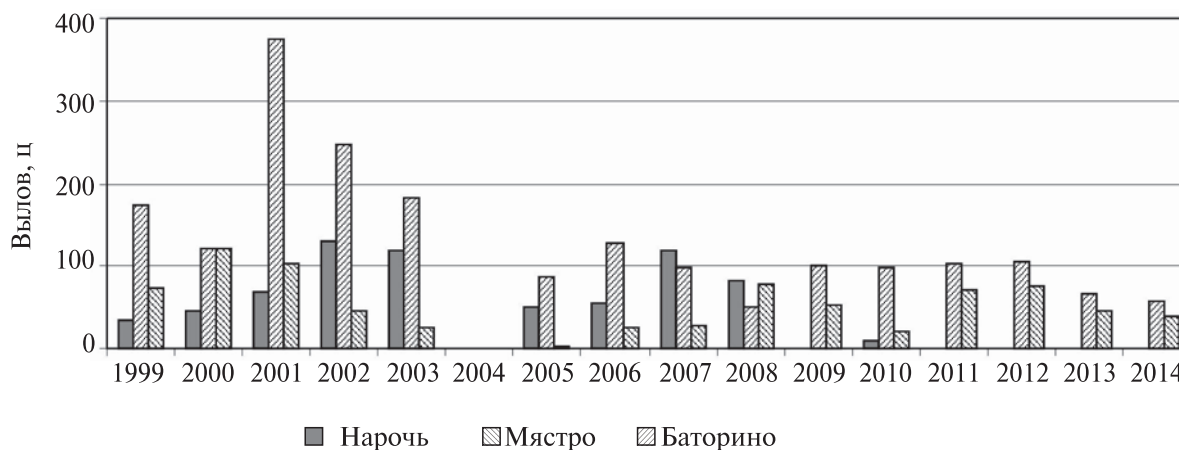


Рис. 33. Динамика промыслового вылова рыбы в Нарочанских озерах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Температурный режим воздуха в районе биостанции во время вегетационного сезона (май – октябрь) 2014 г. характеризовался менее теплыми маем и июнем и близкими к многолетним данным величинами температуры в остальные месяцы.

Среднемесячные величины температуры воды в поверхностном слое во всех трех озерах в текущем, как и в прошлом, сезоне были несколько выше, чем в предыдущие годы. Температурный режим в текущем вегетационном сезоне в озерах Нарочь и Мястро характеризовался выраженной стратификацией в мае и июле – августе. Для июня и второй половины вегетационного сезона характерно перемешивание водной массы. В оз. Баторино термическое расслоение было менее выражено и наблюдалось только в мае. Столь необычные длительные периоды стратификации в полимиктических озерах Нарочь и Мястро становятся регулярными в последние годы.

В периоды стратификации водной массы начинает развиваться кислородная дихотомия с выраженным недостатком кислорода в придонных слоях. Так, в Малом плесе оз. Нарочь содержание растворенного кислорода в придонном слое в июне составило 53 % насыщения, в июле – 39, а в августе – всего лишь 4 % насыщения. В Большом плесе минимальная величина зарегистрирована в августе – 12 % насыщения. Создавшиеся экстремальные условия в придонном слое вызвали массовую гибель сеголетков ряпушки. Даже прошедший сильный шторм не исправил ситуацию. Растворенный в воде кислород из верхних перенасыщенных слоев ушел атмосферу, а придонный слой так и остался практически бескислородным. В оз. Мястро напряженная ситуация возникла в августе, когда на фоне перенасыщения поверхностных слоев (около 105 %) далее содержание растворенного кислорода резко снижалось до 14 % на глубине 7 м и 4 % на глубине 9 м. В конце сезона при регулярном ветровом перемешивании кислородный режим нормализовался. В оз. Баторино кислородный режим оставался благоприятным для гидробионтов на протяжении всего исследованного периода.

Подледный период длился примерно 68 суток и оказался в ряду самых коротких за последние годы. Еще одной особенностью подледного периода было небольшое количество атмосферных осадков (снега), что обусловило необычно высокую прозрачность ледового покрова. Короткий ледостав, небольшое количество снега, раннее вскрытие озер в 2014 г. обусловили интенсивное развитие фитопланктона уже в подледный период с максимумом в апреле.

Как в осенне-зимний период, так и на протяжении вегетационного сезона 2014 г. во всех озерах зарегистрировано достаточно большее количество представителей фитопланктона. В озерах Нарочь и Мястро выявлен новый для флоры республики представитель золотистых водорослей *Pseudokephyrion inflatum* Hilliard.

Накануне ледостава и в период ледостава в численном и весовом отношениях в фитопланктоне оз. Нарочь лидировали мелкоклеточные криптофитовые, вместе с ними в значительном количестве были представлены золотистые; в оз. Мястро в феврале – диатомовые, в апреле появились криптофитовые и золотистые, в оз. Баторино в феврале – диатомовые в сопровождении криптофитовых и золотистых, в апреле к ним добавились динофитовые. В 2013–2014 гг. видовое богатство фитопланктона в осенне-зимний период 2013–2014 гг. было гораздо большим, чем в предшествующий год. Отмечены во много раз и более высокие величины показателей количественного развития фитопланктона по сравнению с 2012–2013 гг.

Имели место значительные изменения в структурном составе фитопланктона на протяжении вегетационного сезона 2014 г. по сравнению с 2013 г. Заметно различалась и степень

доминирования разных отделов в сравниваемые годы, и время наступления максимумов развития. В оз. Баторино весенний пик наступил уже в апреле, а летний сместился по сравнению с 2013 г. на июль. Можно отметить заметную связь в наступлении пиков развития фитопланктона с климатическими особенностями года.

По показателям количественного развития фитопланктона значения, отмеченные в 2014 г., сходны с таковыми для 2001–2005 гг., впрочем, они не сильно отличаются и от величин для 2006–2010 гг. В меньшую сторону в 2014 г. выделилось оз. Баторино, в котором в этом году оказались самые низкие значения почти всех количественных характеристик. Общая биомасса фитопланктона составила только $4,3 \pm 2,0$ мг/л.

В условиях короткой малоснежной зимы распределение общей концентрации сестона и хлорофилла по глубине водного слоя было неравномерным.

В оз. Нарочь в феврале величины хлорофилла были выше, чем в периоды осенней и весенней циркуляции водной массы. В осенне-зимнем сезоне 2013–2014 гг. содержание хлорофилла во всех озерах оказалось выше, чем в аналогичном периоде предыдущего года. Особенно это проявилось в оз. Баторино, где абсолютное содержание хлорофилла в апреле на порядок превысило уровень предыдущего года (10 мкг/л против менее 1 мкг/л).

Мелкоразмерная фракция (0,4–1,5 мкм) в сестоне оз. Нарочь колебалась в течение сезона от 15 до 40 %. Более высокая доля мелкодисперсной хлорофиллсодержащей взвеси отмечена в Малом плесе – 46 % против 39 в Большом, средняя для двух плесов – 37 %. В апреле 2014 г. с увеличением трофности озер доля мелкодисперсной фракции закономерно снижалась, составив 37 % в оз. Нарочь, 20 и 8 % соответственно в озерах Мястро и Баторино.

Доля взвешенной фракции была невелика и возрастала с увеличением трофности озер: $4,1 \pm 0,9$ и $4,8 \pm 0,9$ % от общего содержания органического углерода в воде Малого и Большого плесов оз. Нарочь, $6,5 \pm 1,5$ % – в оз. Мястро и $14,6 \pm 3,1$ % – в оз. Баторино.

Гидрохимический режим Нарочанских озер в осенне-зимний и ранне-весенний периоды 2013–2014 гг. был близок к среднему многолетнему, за исключением более благоприятного кислородного режима.

Средние для вегетационного сезона 2014 г. величины прозрачности воды в течение последних трех лет находились в пределах многолетних колебаний.

Остальные гидрохимические параметры при сравнении средних для вегетационного сезона со средними многолетними за 2001–2013 гг. оказались в пределах межгодовой вариабельности. Исключение составляет общее содержание азота в воде всех трех озер, которое является самым нестабильным показателем в последние годы. Концентрации общего и минерального (кроме оз. Баторино) азота в воде озер были несколько ниже, чем в предыдущие годы.

Среднесезонные величины концентрации общего фосфора в озерах Нарочь и Баторино были близки к многолетним значениям, тогда как для оз. Мястро характерна высокая вариабельность межгодовых значений. Продолжается тенденция сближения концентраций общего фосфора в воде озер Мястро и Баторино.

Показатели содержания органического вещества в воде Нарочанских озер в вегетационный сезон текущего года близки к средним многолетним значениям за период 2006–2013 гг.

В ряду многолетних наблюдений значения биологических показателей, полученных в сезоне 2014 г., оказались несколько ниже, чем в рассматриваемом многолетнем цикле. Вероятно, это обусловлено прежде всего тем, что весенний максимум развития фитопланктона начался раньше обычного и не был включен в стандартные границы вегетационного сезона, принятого в многолетнем мониторинге Нарочанских озер.

Среднесезонные значения скорости потенциального фотосинтеза в текущем году во всех трех озерах не выходили за пределы многолетних колебаний, равно как и средние значения уровня деструкции.

В целом показатели качества воды во время вегетационного сезона 2014 г. были близки к средним многолетним значениям, учитывая наблюдаемую их межгодовую вариабельность.

В результате выполненных работ по измерению уровней УФ-облученности в водных средах озер Нарочанской группы и ретроспективной оценки режима УФ-радиации в приземном слое атмосферы в районе оз. Нарочь можно сделать следующие выводы:

1) предложенная методика проведения ретроанализа доз облученности поверхности излучением Солнца достаточно работоспособна и позволяет восстанавливать характеристики облученности с различной требуемой точностью;

2) основной вопрос при определении временной «глубины» ретроанализа — «глубина» доступных архивных данных ОСО, параметров облачности, дальности видимости и альбедо подстилающей поверхности;

3) наличие функций прозрачности водной среды водоемов в сочетании с разработанной методикой ретроанализа позволяет провести оценочную ретроспекцию уровней облученности на различных глубинах;

4) для продления области ретроанализа при отсутствии экспериментальных данных возможно использование климатических норм для конкретного региона. Однако этот вопрос требует проведения дополнительных исследований «валидности» этих климатических норм в течение длительного периода времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. SCOR-UNESCO Working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea-water // Monographs on Oceanologic Methodology. Paris : UNESCO, 1966. P. 9–18.
2. Методы исследования органического вещества в океане. М. : Наука, 1980.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1977.
4. Унифицированные методы анализа вод. М. : Химия, 1973.
5. *Михеева Т. М.* Методы количественного учета нанофитопланктона (обзор) // Гидробиол. журн. 1989 . Т. 25, № 4. С. 3–21.
6. *Киселев И. А.* Планктон морей и континентальных водоемов. М. ; Л. : Наука, 1969. Т. 1: Вводные и общие вопросы планктологии.
7. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae / Н. Hillebrand [et al.] // J. Phycol. 1999. 35. P. 403–424.
8. *Михеева Т. М.* Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Минск : БГУ, 1999.
9. *Михеева Т. М.* Степень колониальности и размерно-весовые характеристики фитопланктонных сообществ водных экосистем Беларуси // Гидробиол. журн. 1998. Т. 34, № 2. С. 9–19.
10. *Балушкина Е. В., Винберг Г. Г.* Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л. : Наука, 1979. С. 169–172.
11. *Харламенко В. И.* Определение численности и биомассы водных бактерий эпифлуоресцентным методом с использованием отечественных ядерных микрофильтров // Микробиология. 1984. № 1 (83). С. 165–166.
12. Методы определения продукции водных животных / под ред. Г. Г. Винберга. Минск, 1968. С. 20–24.
13. Годовое распределение доз УФ-излучения и УФ-индекса в районе озера Нарочь / Ю. И. Атрашевский [и др.] // Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2010 год) / А. П. Остапени [и др.] ; под общ. ред. А. П. Остапени. Минск : БГУ, 2011. С. 57–63.
14. Годовое распределение доз УФ-излучения и УФ-индекса в районе озера Нарочь / В. Ю. Агеева [и др.] // Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2013 год) / Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. Т. М. Михеевой. Минск : БГУ, 2014. С. 78–89.
15. Безопасное использование ультрафиолетового излучения. Памятка для специалиста-эколога / Нац. Науч.-исслед. центр мониторинга озоносферы БГУ и ГУ «Респ. науч.-практ. центр гигиены». Минск, 2007. С. 16.
16. <http://www.libradtran.org>
17. LibRadtran user's guide / В. Mayer [et al.]. 2012. P. 153.

18. *Лиоу Ку-Нан*. Основы радиационных процессов в атмосфере. Л. : Гидрометеоиздат, 1984.
19. *Божков Р. Д.* Связь между изменениями парциального количества озона на разных высотах и изменениями его общего содержания // *Метеорология и гидрология*. 1967. № 5. С. 24–28.
20. *Далюк И. В., Покровский О. М.* О прогнозировании месячного распределения ОСО по спутниковым и наземным измерениям // *Исследования Земли из космоса*. 1995. № 3. С. 25–35.
21. http://toms.gsfc.nasa.gov/teacher/ozone_overhead_v8.html
22. *Ивлев Л. С., Андреев С. Д.* Оптические свойства атмосферных аэрозолей. Л. : ЛГУ, 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2014 г. В НАРОЧАНСКОМ РЕГИОНЕ	5
2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕР НАРОЧЬ И МЯСТРО В 2013 г.	7
2.1. Ледовые явления, толщина льда и снежный покров.....	7
2.2. Температура воды у берега и в поверхностном слое воды на акватории озер Мястро и Нарочь.....	8
2.3. Уровень воды в озерах Мястро и Нарочь	10
2.4. Поверхностный приток в оз. Нарочь по впадающим ручьям, протоке Скема и сток по р. Нарочь	11
3. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2013–2014 гг. И ВЕСНОЙ 2014 г.	14
3.1. Прозрачность воды, температурный и кислородный режимы.....	14
3.2. Режим взвешенных, органических и биогенных веществ	16
3.3. Фитопланктон.....	19
3.4. Зоопланктон.....	26
3.5. Бактериопланктон	27
4. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В ВЕГЕТАЦИОННОМ СЕЗОНЕ 2014 г.	30
4.1. Температура воды.....	30
4.2. Прозрачность воды.....	32
4.3. Растворенный в воде кислород	32
4.4. Концентрация водородных ионов (рН)	34
4.5. Углерод органический общий и взвешенный.....	35
4.6. Фосфор общий и фосфатный	36
4.7. Азот общий и минеральный.....	37
4.8. Сестон (взвешенные вещества), содержание зольных элементов в его составе ...	39
4.9. Содержание хлорофилла <i>a</i> в сестоне	40
4.10. Потенциальный фотосинтез планктона	42
4.11. Аэробная деструкция органического вещества и биохимическое потребление кислорода (БПК)	43
4.12. Фитопланктон	45
4.13. Зоопланктон	57
4.14. Бактериопланктон.....	61
4.15. Макрозообентос	65

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ УФ-ОБЛУЧЕННОСТИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ ОЗЕР НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ И РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМА УФ-РАДИАЦИИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ оз. НАРОЧЬ	74
5.1. Мониторинг облученности поверхности и водной среды оз. Нарочь	74
5.1.1. Мониторинг фотосинтетически активной радиации (ФАР).....	74
5.1.2. Мониторинг общей облученности поверхности (пиранометр)	77
5.1.3. Исследование распространения солнечного излучения в водных системах озер Нарочанской группы.....	80
5.2. Ретроспективная оценка уровней и доз приземного УФ-излучения	84
5.2.1. Разработка методики ретроспективной оценки уровней и доз приземного УФ-излучения.....	85
5.3. Выполнение предварительных расчетов УФ-облученности поверхности в районе оз. Нарочь и валидизация модели	92
5.4. Проведение ретроспективных расчетов УФ-облученности поверхности в районе оз. Нарочь	96
6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ оз. НАРОЧЬ В 2014 г.	100
7. ПОКАЗАТЕЛИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР В 2014 г.	102
8. ВЫЛОВ РЫБЫ	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ	108

Научное издание

Жукова Татьяна Васильевна
Михеева Тамара Михайловна
Ковалевская Раиса Зеноновна и др.

**БЮЛЛЕТЕНЬ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ОЗЕР
НАРОЧЬ, МЯСТРО,
БАТОРИНО
(2014 год)**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Т. М. Турчиняк*

Художник обложки *Т. Ю. Таран*
Технический редактор *Т. К. Раманович*
Компьютерная верстка *О. В. Гасюк*
Корректор *Е. И. Бондаренко*

Подписано в печать 10.07.2015. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 13,02.
Уч.-изд. л. 8,95. Тираж 100 экз. Заказ 512.

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.