



Экологические проблемы и состояние водной среды

УДК 574.583:574.21:639.3.07(282.247.211)

БИОИНДИКАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНДОПОЖСКОГО ЗАЛИВА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

© 2019 Ю. Ю. Фомина, Е. В. Теканова, Н. М. Калинкина

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск 185030, Россия
E-mail: rambler7780@rambler.ru

Аннотация. Онежское озеро, один из крупнейших водоемов Европы, содержит стратегический запас воды высокого качества. В последние десятилетия в озере интенсивно развивается форелеводство. В настоящее время в Кондопожском заливе Онежского озера располагаются 11 форелевых ферм. Дана оценка современного состояния экосистемы Кондопожского залива в районе расположения форелевых хозяйств по показателям зоопланктона на основе наблюдений в июле 2017 г. Выполнено сравнение полученных данных со среднемноголетними показателями планктона центральной части Кондопожского залива в начале июля 1988–1998 гг. В районе расположения форелевых хозяйств был обнаружен 31 таксон зоопланктона рангом до рода и ниже (Calanoida — 3; Cyclopoida — 4; Cladocera — 13; Rotatoria — 11). Видовой состав зоопланктона представлен обычными для озер Карелии видами. В составе сообщества отмечены виды-индикаторы эвтрофирования. Выявлены отличия в особенностях развития зоопланктона между районом расположения форелевых хозяйств и центральной частью залива. В районе форелевых хозяйств отмечены низкие значения индексов Шеннона-Уивера, увеличение доли представителей рода *Asplanchna*, увеличение биомассы коловраток, что свидетельствует об повышении уровня трофности.

Ключевые слова: Онежское озеро, зоопланктон, эвтрофирование, доминантный комплекс, структура сообщества, видовое разнообразие, форелевые хозяйства

BIOINDICATION OF THE CURRENT STATE OF THE KONDOPOGA BAY OF LAKE ONEGO IN THE AREAS, AFFECTED BY TROUT FARMS, THROUGH THE USE OF ZOOPLANKTON PARAMETERS

Yu. Yu. Fomina, N. M. Kalinkina, T. V. Tekanova

Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk 185030, Russia
E-mail: rambler7780@rambler.ru

Abstract. Lake Onego is one of the biggest European water bodies and a strategic source of drinking water of high quality. In recent decades, trout farming has been intensively developing in the lake. At present, 11 trout farms are located in the Kondopoga Bay of Lake Onego. The modern state of the Kondopoga Bay ecosystem in the areas, affected by the trout farms, was assessed through the use of zooplankton indicators based on the observations, carried out in July 2017. The obtained data were compared with the average long-term indicators of the zooplankton community in the central part of the Kondopoga Bay at the beginning of July, 1988–1998. In the areas, affected by trout farms, 31 taxons of zooplankton were found with a rank up to the genus and lower (Calanoida — 3; Cyclopoida — 4; Cladocera — 13; Rotatoria — 11). The species composition of zooplankton is represented by the species, common for the lake of Karelia. In the community species composition, the species, serving as the indicators of eutrophication, are noted. Significant differences were found out between the areas, affected by trout farms, and the central part of the bay. The areas, affected by trout farms, were characterized by low values of the Shannon-Weaver indices, higher proportion of the genus *Asplanchna* representatives, and higher biomass values of rotifera. Revealed changes indicate an increase in trophicity of these areas.

Keywords: Lake Onego, zooplankton, eutrophication, dominant complex, community structure, species diversity, trout farms

ВВЕДЕНИЕ

Онежское озеро — один из крупнейших водоемов Европы, расположенный в северо-западном регионе России. Площадь озера составляет 9720 км², объем водной массы озера достигает 295 км³, средняя глубина — 30 м, максимальная — 120 м. Онежское озеро, как и большинство водоемов, подвергается антропогенному воздействию [1]. Несмотря на высокое качество воды и олиготрофное состояние экосистемы на большей части акватории озера, в его северо-западных заливах протекают процессы антропогенного эвтрофирования [2–5]. Наиболее эвтрофированным участком водоема является Кондопожский залив, который с 1929 г. испытывает влияние загрязненных сточных вод Кондопожского Целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК) и коммунальных стоков г. Кондопоги. Содержание фосфора в водной толще этого залива достигает 20–30 мкг/л [4, 6, 7]. В 1990-х гг. в заливе отмечались признаки реолиготрофизации из-за сокращения объема сточных вод, вызванного снижением мощности производства на ЦБК [8]. Вместе с тем с середины 2000-х гг. в Онежском озере интенсивно развивается форелеводство. В 2010 г. на озере функционировало 14 форелевых хозяйств, где выращивается около 7000 т радужной форели, т. е. около 80 % от общего объема выращиваемой форели в Карелии [9], из них — 11 ферм расположены в Кондопожском заливе (<http://kareliatrout.ru/karta-rybnyh-hozhajstv/>). В условиях многофакторного антропогенного влияния и наращивания мощности товарного производства рыбы необходим постоянный контроль экологического состояния залива. Биоиндикация — оценка состояния и загрязненности поверхностных водных объек-

тов, широко используется в биомониторинге [10]. Зоопланктон является чувствительным индикатором изменений окружающей среды, поскольку он имеет короткий период генерации, что позволяет зоопланктонным организмам быстро реагировать на факторы стресса. При повышении трофности водоемов в сообществе зоопланктона отмечают увеличение численности отдельных видов, смену доминантов, появление видов-индикаторов, изменение соотношения основных таксономических групп, изменение количественных показателей [11].

В связи с этим целью работы стало изучение современных изменений в экосистеме Кондопожского залива в районе расположения форелевых хозяйств по показателям зоопланктона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в июле 2017 г. в центральной части Кондопожского залива (рисунок). Пробы зоопланктона были отобраны на прибрежных станциях KF2 (глубина 30 м) и KF4 (глубина 9 м) вблизи форелевых ферм. Отбор проб производили с помощью сети Джели (диаметр 18,5 см; газ 100 мкм) от дна до поверхности. Обработка проб осуществлялась по стандартной методике [12]. Для сравнения использовались данные по зоопланктону центрального района Кондопожского залива (К6, глубина 80 м), ближайшего к станциям KF2 и KF4, в начале июля 1988–1998 гг. [13]. Для корректного сравнения станций с разной глубиной использовались показатели в столбе воды под квадратным метром, которые отражают продукционно-деструкционные свойства планктонной системы. Для оценки статистической достоверно-

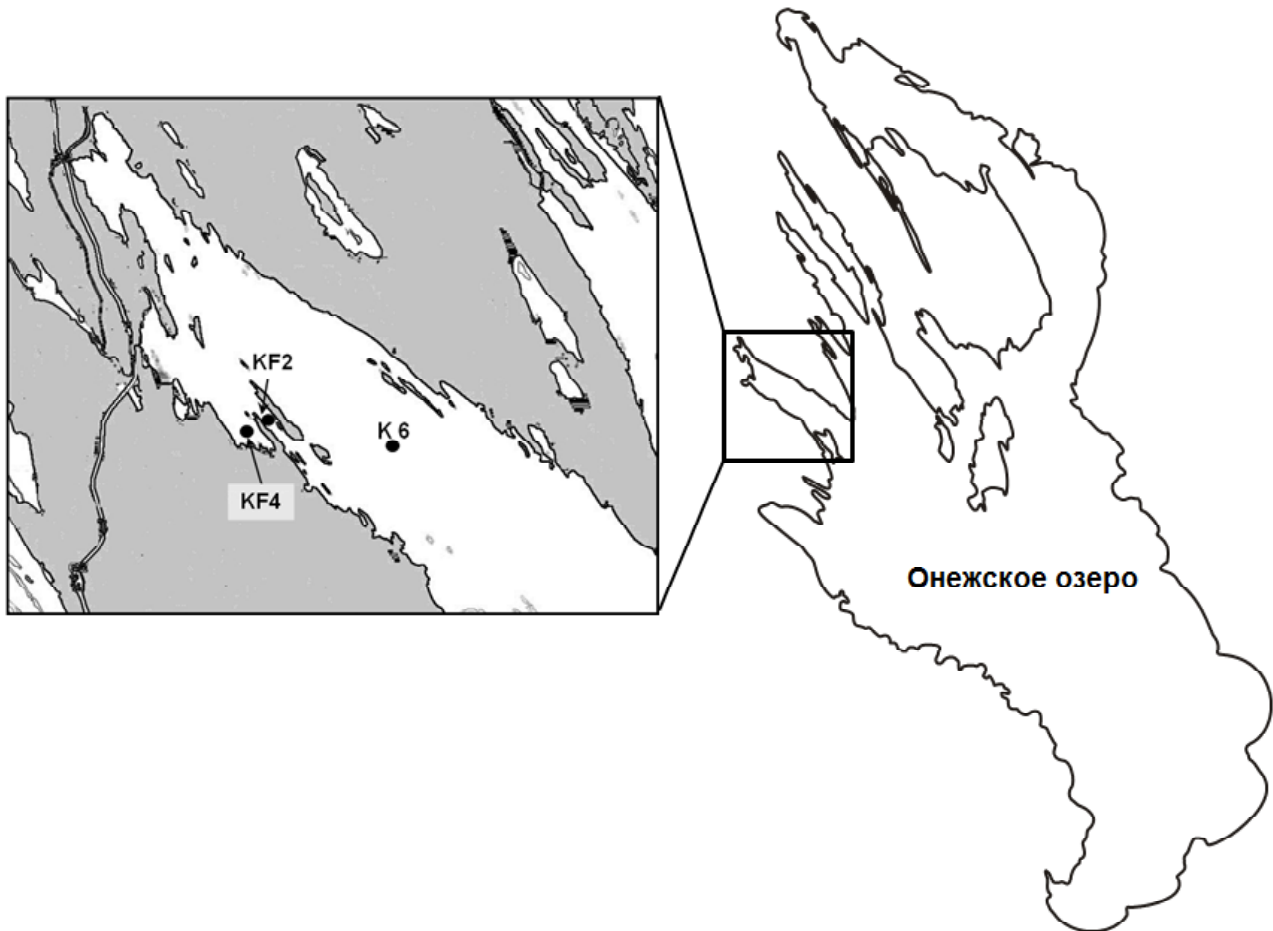


Схема расположения станций на Кондопожской губе Онежского озера
Location chart of the stations in the Kondopoga Bay of Lake Onego

сти уровня развития зоопланктона в районе форелевых хозяйств со среднемноголетними данными для пелагического района Кондопожского залива был использован *t*-критерий Стьюдента (уровень значимости 0,05).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Летом 2017 г. на станции KF2 было обнаружено 28 видов зоопланктона. Из них калянид — 3, циклопид — 4, кладоцер — 10, коловраток — 11. Доминантными видами по численности и биомассе были: *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Notholca caudata* Carlin, 1943, *Asplanchna* sp. Среди видов-субдоминантов оказались *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863, *Notholca caudata* Carlin, 1943, *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925.

На станции KF4 было обнаружено 26 видов зоопланктона. Из них калянид — 2, циклопид — 3, кладоцер — 12, коловраток — 9. Доминирующее положение по численности и биомассе занимали виды *Kellicottia longispina* и *Asplanchna* sp. Субдоминанты — *Notholca caudata*, *Polyarthra dolichoptera*.

Анализ видового состава показал, что доминантный комплекс зоопланктона вблизи форелевых хозяйств был представлен обычными для озер Карелии видами [14]. Следует отметить, что холодолюбивый реликтовый рачок *L. macrurus*, отмеченный на станции KF2 на глубине 30 м, обитает только в глубоких водоемах с выраженным гипolimнионом [15]. В Онежском озере летом этот вид обитает в слоях ниже 10 м [16], поэтому он не был зафиксирован на мелководной станции KF4 (глубина 9 м). Были отмечены виды-индикаторы эвтрофирования: *Ceriodaphnia pulchella* Sars, 1862, *Chydorus sphaericus* (Müller, 1785), *Bosmina longirostris* (Müller, 1785), *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) [17]. Однако доля их в общей численности была невелика (менее 5 %).

Для сравнения данных, полученных в районе форелевых хозяйств, были привлечены сведения по состоянию зоопланктона в близлежащем районе залива на станции K6 (рисунок). Данные были подобраны для начала июля, т. е. в тот же сезонный

период, когда велись наблюдения на форелевых хозяйствах. Анализ многолетних данных показал, что в июле 1988–1998 гг. на станции К6 (в пелагиали центрального участка Кондопожского залива) в состав доминантного комплекса входили *Limnocalanus macrurus*, *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863), *Cyclops abyssorum* Sars, 1863, *Kellicottia longispina*, *Asplanchna sp.*, *Notholca sp.*, *Synchaeta sp.* Также отмечались виды-индикаторы повышенной трофности. Преобладание в доминантном комплексе веслоногих рачков обусловлено удаленностью станции от берега и большей толщиной гипolimниона, где они в основном сосредоточены.

Зоопланктон имеет неоднородное распределение по вертикали как по составу, так и по количеству, поэтому использовались показатели в столбе воды. Основная масса зоопланктона сосредоточена и

функционирует в эпилимнионе. Летом в Онежском озере он обычно расположен до глубины 10 м. В гипolimнионе плотность зоопланктонных организмов незначительна, что позволяет сравнивать станции с различной глубиной.

При сравнении уровня развития зоопланктона в районе форелевых хозяйств со среднемноголетними данными для пелагического района Кондопожского залива было выявлено достоверное ($p < 0,05$) превышение показателей общей численности и общей биомассы (станция KF2), биомассы коловраток (станции KF2, KF4). Биомасса каляноидов (станция KF4) была достоверно ниже многолетних значений (таблица).

Биомасса коловраток на станции KF2 и KF4, по данным за июль 2017 г., была почти в 2 раза больше среднемноголетних показателей в пелагиали цент-

Численность (тыс. экз./м²) и биомасса (г/м²) зоопланктона в центральной части Кондопожского залива (KF2; KF4 — июль 2017 г.; К6 — среднее за июль 1988–1998 гг.)

The abundance (th. ind.·m⁻²) and biomass (g·m⁻²) of zooplankton in the central part of the Kondopoga Bay (KF2; KF4 — July 2017; K6 — the average for July in 1988–1998)

Группа зоопланктона Zooplankton group	Станция KF2 у о. Соколий Station KF2 off Sokoliy (Falcon) Island	Станция KF4 в районе д. Тулгуба Station KF4 in the vicinity of Tulguba Village	Станция К6 в пелагиали центральной части залива Station K6 in the pelagial of the central part of the bay
Численность / Abundance			
Каляниды Calanoida	22,6	11,5	<u>20,8±6,34</u> 3,2–38,4
Циклопиды Cyclopoida	43,3	28,4	<u>30,9±5,18</u> 16,5–45,2
Кладоцеры Cladocera	9,0	7,6	<u>23,0±7,11</u> 3,3–42,7
Коловратки Rotifera	590,2	404,4	<u>306,1±40,72</u> 193,0–419,1
Общая численность Total abundance	665,1	451,9	<u>380,7±35,02</u> 283,5–477,9
Биомасса / Biomass			
Каляниды Calanoida	1,53	0,18	<u>2,54±0,536</u> 1,06–4,03
Циклопиды Cyclopoida	0,82	0,82	<u>0,94±0,283</u> 0,15–1,72
Кладоцеры Cladocera	0,32	0,32	<u>0,52±0,162</u> 0,07–0,98
Коловратки Rotifera	16,25	12,72	<u>7,07±1,628</u> 2,55–11,6
Общая биомасса Total biomass	18,92	14,04	<u>11,07±1,541</u> 6,79–15,35

Примечание: Над чертой среднее значение и стандартная ошибка, под чертой — доверительный интервал

Note: Above the bar, the average value and standard error; below the bar, the confidence interval

ральной части залива. Биомасса каляноидов на станции KF4 была в 14 раз ниже многолетних значений в центральном районе Кондопожского залива (К6), что объясняется невыраженным слоем гипolimниона. Показатели численности и биомассы зоопланктона на станции KF2 были в 1,7 раза больше среднемноголетних показателей зоопланктона в пелагиали центральной части залива.

В начале июля в структуре зоопланктона пелагиали центральной части Кондопожского залива обычно доминируют коловратки по численности (69–91 %) и биомассе (35–82 %). На станциях в районе форелевых хозяйств доля коловраток по численности находилась в пределах среднемноголетних значений и составляла 89 %, по биомассе — в 1,5 раза выше многолетних показателей (88 %). Согласно И.Н. Андрониковой [17], с повышением трофического уровня водоема в составе планктона преобладают виды с короткими и более простыми жизненными циклами, такие как Cladocera и Rotifera.

Для оценки разнообразия сообществ зоопланктона применяли индекс Шеннона-Уивера. В пелагиали центральной части Кондопожского залива значение данного индекса, рассчитанное по биомассе, в июле составляет в среднем — $2,32 \pm 0,183$ (доверительный интервал 1,81–2,82). Индексы видового разнообразия зоопланктона в районе расположения форелевых хозяйств на станциях KF2 и KF4 были достоверно ниже (1,24 и 0,84, соответственно).

Низкие значения индексов Шеннона-Уивера связаны с массовым развитием в сообществе крупных представителей рода *Asplanchna*, доля которых в общей биомассе зоопланктона составила около 86 %. Период исследований (весна – начало лета) приходился на фазу максимального развития в Онежском озере коловраток [18–21]. В то же время среднемноголетняя доля *Asplanchna* для пелагиали центральной части залива составляет 58 ± 9 % (доверительный интервал 33–83 %). Следовательно, доля *Asplanchna* в июле 2017 г. была достоверно выше среднемноголетних значений. Представители коловраток рода *Asplanchna* — факультативные хищники, которые потребляют простейших, крупных коловраток и ракообразных, размером частиц более 50 мкм. Кроме того, они способны питаться диатомовыми и динофитовыми водорослями [22, 23]. Увеличение количества представителей рода *Asplanchna* в районе форелевых хозяйств может указывать на улучшение трофической базы, что свидетельствует об органическом загрязнении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В районе расположения форелевых хозяйств видовой состав зоопланктона представлен обычными для озер Карелии видами. Вклад видов-индикаторов эвтрофирования в общую численность сообщества составил менее 5 %. Индекс Шеннона-Уивера характеризуется низкими значениями. В структуре зоопланктона отмечено преобладание коловраток (более 85 %), в основном представителей рода *Asplanchna*. Упрощение структуры сообщества зоопланктона в районе форелевых ферм выступает показателем увеличения трофности. В районе форелевых ферм показатели биомассы коловраток (станции KF2 и KF4), а также показатели общей численности и биомассы на станции KF2 были достоверно выше среднемноголетних показателей зоопланктона в центральной части Кондопожского залива.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Карелия в рамках научного проекта № 18-44-100007 р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Онежское озеро. Атлас / Под ред. Н.Н. Филатова. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2010. 151 с.
2. Биоресурсы Онежского озера / Под ред. В.И. Кухарева, А.А. Лукина. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2008. 272 с.
3. Тимакова Т.М., Сабылина А.В., Полякова Т.Н., Сярки М.Т., Теканова Е.В., Чекрыжева Т.А. Современное состояние экосистемы Онежского озера и тенденции ее изменения за последние десятилетия // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 42–49.
4. Тимакова Т.М., Куликова Т.П., Литвинова И.А., Полякова Т.Н., Сярки М.Т., Теканова Е.В., Чекрыжева Т.А. Изменение биоценозов Кондопожской губы Онежского озера под влиянием сточных вод целлюлозно-бумажного комбината // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 1. С. 74–82.
5. Ladoga and Onego — great European lakes. Observations and modelling / L. Rukhovets, N.N. Filatov. (Eds.). Chichester: Springer-Praxis, 2010. 302 p.
6. Сабылина А.В., Лозовик П.А., Зобков М.Б. Химический состав воды Онежского озера и его притоков // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 6. С. 717–729.
7. Kalinkina N.M., Kulikova T.P., Litvinova I.A., Polyakova T.N., Chekryzheva T.A. Bioindication of water and bottom sediment pollution in the Kondopozhskaya Bay of Lake Onega // Water Resources. 2012. Vol. 39, no. 7. Pp. 776–783.

8. Калинкина Н.М., Теканова Е.В., Сярки М.Т. Экосистема Онежского озера: реакция водных сообществ на антропогенные факторы и климатические изменения // Водное хозяйство России. 2017. № 1. С. 4–18.
9. Стерлигова О.П., Китаев С.П., Ильмаст Н.В., Комулайн С.Ф., Кучко Я.А., Павловский С.А., Савосин Е.С. Состояние заливов Онежского озера при товарном выращивании радужной форели // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 386–393.
10. Рекомендации. Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей. Ростов-н/Д.: Изд-во Росгидромета, Изд-во ГХИ, 2012. С. 22.
11. Андроникова И.Н. Изменения в сообществе зоопланктона в связи с процессом эвтрофирования // Эвтрофирование мезотрофного озера (по материалам многолетних наблюдений на оз. Красном) / Под ред. И.Н. Андрониковой. Л.: Наука, 1980. С.78–99.
12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов в гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьевой. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1984. С. 33.
13. Сярки М.Т., Куликова Т.П. Зоопланктон Онежского озера : база данных. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012621150. Правообладатель: ФГБУН «Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН» (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в реестре баз данных: 9 ноября 2012 г.
14. Куликова Т.П. Зоопланктон водных объектов Республики Карелия (Россия): история изучения, основные направления исследований, видовой состав, библиография. Рига: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 125 с.
15. Сушня Л.М., Семенченко В.П., Вежновец В.В. Биология и продукция ледниковых реликтовых ракообразных. Минск: Наука и техника, 1986. 160 с.
16. Куликова Т.П., Кустовлянкина Н.Б., Сярки М.Т. Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1997. 112 с.
17. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб: Наука, 1996. 189 с.
18. Сярки М.Т. Как долго длится лето для зоопланктона Онежского озера? // Принципы экологии. 2013. № 4. С. 39–44.
19. Сярки М.Т., Фомина Ю.Ю. Сезонные изменения в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экологические исследования. 2015. № 1. С. 63–68. doi: 10.17076/eco37.
20. Сярки М.Т., Фомина Ю.Ю. Определение динамических характеристик зоопланктона Онежского озера // Принципы экологии. 2016. № 4. С. 26–33. doi: 10.15393/j1.art.2016.5223.
21. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Современное состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера и его отклик на изменение климата // Труды КарНЦ РАН. Сер. Лимнология. Океанология. 2018. № 9. С. 54–64. doi: 10.17076/lim820.
22. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Изд-во Россельхозакадемии, 1998. 320 с.
23. Стойко Т.Г., Сенкевич (Бурдова) В.А., Мазей Ю.А. Изменение численности и питание коловраток рода *Asplanchna* (Eurotatoria, Rotifera) в пруду (бассейн р. Сура) // Поволжский экологический журнал. 2016. № 3. С. 312–319.

REFERENCES

1. Onezhskoe ozero. Atlas [The Lake Onego. Atlas]. N.N. Filatov. (Ed.). Petrozavodsk: KarNTs RAN [Karelian Research Centre of RAS] Publ., 2010, 151 p. (In Russian).
2. Bioresursy Onezhskogo ozera [Bioresources of Lake Onego]. V.I. Kukharev, A.A. Lukin. (Eds.). Petrozavodsk: KarNTs RAN [Karelian Research Centre of RAS] Publ., 2008, 272 p. (In Russian).
3. Timakova T.M., Sabylina A.V., Polyakova T.N., Syarki M.T., Tekanova Ye.V., Chekryzheva T.A. Sovremennoe sostoyanie ekosistemy Onezhskogo ozera i tendentsii ee izmeneniya za poslednie desyatiletiya [Modern state of the Onego Lake ecosystem and trends of its change during the past decades]. *Trudy KarNTs RAN [Transactions of Karelian Research Centre of RAS]*, 2011, no. 4, pp. 42–49. (In Russian).
4. Timakova T.M., Kulikova T.P., Litvinova I.A., Polyakova T.N., Syarki M.T., Tekanova Ye.V., Chekryzheva T.A. Izmenenie biotsenozov Kondopozhskoy guby Onezhskogo ozera pod vliyaniem stochnykh vod tsellyulozno-bumazhnogo kombinata [Changes in biocenoses of Kondopoga Bay, Lake Onego, under the effect of effluents from a pulp and paper mill]. *Vodnye resursy [Water Resources]*, 2014, vol. 41, no. 1, pp. 74–82. (In Russian).
5. Ladoga and Onego — great European lakes. Observations and modelling, L. Rukhovets, N.N. Filatov. (Eds.). Chichester: Springer-Praxis, 2010, 302 p.
6. Sabylina A.V., Lozovik P.A., Zobkov M.B. Khimicheskiy sostav vody Onezhskogo ozera i ego pritokov [Water chemistry in Onega Lake and its tributaries]. *Vodnye resursy [Water Resources]*, 2010, vol. 37, no. 6, pp. 717–729. (In Russian).
7. Kalinkina N.M., Kulikova T.P., Litvinova I.A., Polyakova T.N., Chekryzheva T.A. Bioindication of water and bottom sediment pollution in the Kondopozhskaya Bay of Lake Onega. *Water Resources*, 2012, vol. 39, no. 7, pp. 776–783.
8. Kalinkina N.M., Tekanova Ye.V., Syarki M.T. Ekosistema Onezhskogo ozera: reaktsiya vodnykh

- soobshchestv na antropogennyye faktory i klimaticheskie izmeneniya [The Lake Onego ecosystem: aquatic communities response to anthropogenic factors and climate change]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii [Water Sector of Russia]*, 2017, no. 1, pp. 4–18. (In Russian).
9. Sterligova O.P., Kitaev S.P., Ilmast N.V., Komulainen S.F., Kuchko Ya.A., Pavlovskiy S.A., Savosin E.S. Sostoyaniye zalivov Onezhskogo ozera pri tovarnom vyrashchivaniy raduzhnoy foreli [Status of Onega Lake bays affected by commercial rainbow trout cultivation]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]*, 2011, no. 3, pp. 386–393. (In Russian).
 10. Rekomendatsii. Otsenka sostoyaniya presnovodnykh ekosistem po kompleksu khimiko-biologicheskikh pokazateley [Recommendations. Assessment of freshwater ecosystems state by chemical and biological parameters]. Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Hydrochemical Institute Publ., 2012, 22 p. (In Russian).
 11. Andronikova I.N. Izmeneniya v soobshchestve zooplanktona v svyazi s protsessom evtrofirovaniya [Changes in zooplankton community because of eutrophication process]. In: *Evtrofirovaniye mezotrofnogo ozera (po materialam mnogoletnikh nablyudeny na oz. Krasnom) [Eutrophication of mesotrophic lake (on the basis of long-term observations at the Krasnoe (Red) Lake)]*. I.N. Andronikova (Ed.). Leningrad: Nauka [Science], 1980, pp.78–99. (In Russian).
 12. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov v gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya [Methodological recommendation on collection and processing of samples for hydrobiological research in fresh waterbodies. Phytoplankton and its production]. G.G. Vinberg, G.M. Lavrenteva. (Eds). Leningrad: GosNIORKH Publ., 1984, 33 p. (In Russian).
 13. Syarki M.T., Kulikova T.P. Zooplankton Onezhskogo ozera : baza dannykh [Zooplankton of Lake Onego. A database]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh [Certificate of registration of a database] No. 2012621150. Right-holder: FSBSI “Northern Water Problems Institute of the Karelian Scientific Center, Russian Academy of Sciences” (NWPI KRC of RAS) (RU). The date of registration in the Database Registry — 9 November, 2012. (In Russian).
 14. Kulikova T.P. Zooplankton vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya (Rossiya): istoriya izucheniya, osnovnyye napravleniya issledovaniy, vidovoy sostav, bibliografiya [Zooplankton of water bodies of the Republic of Karelia (Russia): history of research, main areas of research, species composition, bibliography]. Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017, 125 p. (In Russian).
 15. Sushchenya L.M., Semenchenko V.P., Vezhnovets V.V. Biologiya i produktsiya lednikovyykh reliktovykh rakoobraznykh [Biology and production of glacial relict crustaceans]. Minsk: Nauka i tekhnika [Science and Technology], 1986, 160 p. (In Russian).
 16. Kulikova T.P., Kustovlyankina H.B., Syarki M.T. Zooplankton kak komponent ekosistemy Onezhskogo ozera [Zooplankton as a component of Lake Onego ecosystem]. Petrozavodsk: Karelskiy nauchnyy tsentr RAN [Karelian Research Centre of RAS] Publ., 1997, 112 p. (In Russian).
 17. Andronikova I.N. Strukturno-funktsionalnaya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov [Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of different trophic status]. Saint Petersburg: Nauka [Science], 1996, 189 p. (In Russian).
 18. Syarki M. T. Kak dolgo dlitsya leto dlya zooplanktona Onezhskogo ozera? [How long does the summer last for zooplankton in the Lake Onego?] *Printsiipy ekologii [Principles of the Ecology]*, 2013, no. 4, pp. 39–44. (In Russian).
 19. Syarki M.T., Fomina Yu.Yu. Sezonnnyye izmeneniya v zooplanktone Petrozavodskoy guby Onezhskogo ozera [Seasonal changes in zooplankton in Petrozavodsk Bay of Lake Onega]. *Trudy KarNTs RAN. Seriya Ekologicheskie issledovaniya [Transactions of Karelian Research Centre of RAS. Ecological Studies Series]*, 2015, no. 1, pp. 63–68. doi: 10.17076/eco37. (In Russian).
 20. Syarki M.T., Fomina Yu.Yu. Opredeleniye dinamicheskikh kharakteristik zooplanktona Onezhskogo ozera [Determination of dynamic zooplankton characteristics of the Lake Onego]. *Printsiipy ekologii [Principles of the Ecology]*, 2016, no. 4, pp. 26–33. doi: 10.15393/j1.art.2016.5223. (In Russian).
 21. Fomina Yu.Yu., Syarki M.T. Sovremennoe sostoyaniye zooplanktona Petrozavodskoy guby Onezhskogo ozera i ego otklik na izmeneniye klimata [Modern state of zooplankton and its response to climate change in Petrozavodsk Bay of Lake Onego]. *Trudy KarNTs RAN. Seriya Limnologiya. Okeanologiya [Transactions of Karelian Research Centre of RAS. Limnology. Oceanology Series]*, 2018, no. 9, pp. 54–64. doi: 10.17076/lim820. (In Russian).
 22. Monakov A.V. Pitaniye presnovodnykh bespozvochnykh [Feeding of freshwater invertebrates]. Moscow: Rosselkhozakademii [Russian Academy of Agricultural Sciences] Publ., 1998, 320 p. (In Russian).
 23. Stoyko T.G., Senkevich (Burdova) V.A., Mazey Yu.A. Izmeneniye chislennosti i pitaniye kolovratok roda *Asplanchna* (Eurotatoria, Rotifera) v prudu (basseyn r. Sura) [Changes in the abundance and feeding range of rotifers from the genus *Asplanchna* (Eurotatoria, Rotifera) in a pond (the Sura river basin)]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]*, 2016, no. 3, pp. 312–319. (In Russian).

Поступила 19.03.2019

Принята к печати 26.04.2019