



научный электронный журнал
ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



<http://petrsu.ru>

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 4 (58). Декабрь, 2025

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugolek
В. Н. Якимов
А. В. Сони́на

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>



© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»



УДК 574.583

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА КОНДОПОЖСКОГО ЗАЛИВА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

КОНОВАЛОВ
Даниил Сергеевич

Карельский научный центр РАН, г. Петрозаводск, проспект Александра Невского, 50, konvalov.daniil1998@gmail.com

Ключевые слова:

сезонная изменчивость
термический режим
озерные экосистемы
морфометрия
антропогенное
эвтрофирование

Аннотация: Проведен анализ сезонных изменений зоопланктона пелагиали Кондопожского залива Онежского озера. Основой для анализа послужили данные сетных уловов в вегетационный период с 1989 по 2021 г. в трех районах, различающихся по морфометрическим характеристикам, трофическим условиям и термическому режиму. Дана характеристика сезонных изменений структуры зоопланктонных сообществ и доминантного комплекса. Методом скользящего среднего были получены среднемноголетние траектории изменения соотношения численности (экз./м²) основных групп зоопланктона. Сезонная сукцессия зоопланктона связана в основном с изменением термического режима и трофических условий. Термический режим определяет сроки наступления и окончания сезонных фаз, связанных с доминантным комплексом и соотношением основных групп зоопланктона. Трофические условия определяют количественные характеристики сообществ. Благодаря разному масштабу влияния этих факторов в исследуемых районах сезонные изменения зоопланктона характеризуются пространственной неоднородностью. В мелководной вершинной части, испытывающей многолетнюю антропогенную нагрузку сточными водами Кондопожского ЦБК, период с преобладанием ветвистоусых рачков длится дольше, чем в пелагиали глубоководных районов, а общая численность зоопланктона выше. Для пелагиали глубоководных районов характерна высокая доля копепода в вегетационный период. Отличие центральной части Кондопожского залива от олиготрофного залива Большое Онего связано с более высокой долей коловраток и ветвистоусых рачков в вегетационный период. Несмотря на выраженную стабильность планктонной системы Онежского озера, спорадически наблюдаются аномалии в сезонной сукцессии сообществ, связанные с нехарактерной для наблюдаемого периода структурой. Полученные результаты вносят вклад в изучение сезонных процессов зоопланктона Онежского озера и могут быть использованы для моделирования динамики экосистемы.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 17 октября 2025 года

Подписана к печати: 26 декабря 2025 года

Введение

Зоопланктон как центральный компонент пелагиали озер играет в них ключевую роль. Благодаря зоопланктону осуществляется транспортная функция энергии и вещества в трофических сетях (Pinel-Alloul et al., 1988); зоопланктон имеет высокое индикаторное значение в определении изменений экосистемы (Wagner, Adrian, 2011). Одной

из особенностей планктонных систем является их сезонная динамика, которая синхронизирована с термическим и трофическим режимом. Основная часть продукционно-деструкционных процессов в планктоне происходит в вегетационный период (Онежское озеро..., 2010). Сезонные изменения зоопланктонных сообществ, проявляющиеся в последовательной смене видов в доминирующей

нантном комплексе и соотношении основных таксономических групп, лежат в основе фенологического подхода к изучению экосистемы Онежского озера (Сярки, Фомина, 2014; Сярки, 2024). Кроме того, ответной реакцией на климатические изменения, исследования которых стали актуальными во всем мире (Winder, Schindler, 2004; Adrian et al., 2006; Carter et al., 2017), могут служить сдвиги сезонных явлений и изменение продолжительности сезонов (Rusak et al., 2008; Фомина, Сярки, 2018; Сярки, Фомина, 2019).

Сукцессионные изменения в зоопланктоне связаны с экзогенными и эндогенными факторами (Уиттекер, 1980). Сезонная сукцессионная смена сообществ отражается в последовательности смены видов и вызывается изменением условий среды, ограничением ресурсов, биологией видов и межвидовой конкуренцией, а также хищничеством (Gliwicz, Pijanowska, 1989; Donet, Hoffman, 1995; Гаврилко, 2024). Исследованию особенностей сезонной динамики зоопланктона пелагиали Онежского озера уделено большое внимание. Выявлены траектории среднемноголетней сезонной динамики общей численности и биомассы зоопланктона и определены сроки начала и окончания фенологических фаз и доминантный комплекс в них (Куликова и др., 1997; Сярки, 2013; Сярки, Фомина, 2014, 2015, 2019; Фомина, 2020). Сезонные изменения зоопланктонных сообществ, проявляющиеся в последовательной смене видов в доминантном

комплексе и соотношении основных таксономических групп, лежат в основе фенологического подхода к изучению экосистемы Онежского озера (Сярки, Фомина, 2014; Сярки, 2024). В настоящей работе продолжается исследование основных закономерностей сезонной динамики зоопланктона пелагиали Кондопожского залива, но акцент делается на детальном анализе изменений его структуры и доминантного комплекса.

Цель работы – выявить основные закономерности динамики структуры зоопланктонных сообществ пелагиали Кондопожского залива Онежского озера.

Материалы

Основу для анализа составили данные, полученные в результате комплексных гидробиологических съемок в Онежском озере с 1989 по 2021 г. на постоянных точках (рис. 1) и организованные в базы данных (Сярки, Куликова, 2012; Сярки и др., 2015). Анализ среднемноголетних закономерностей сезонной динамики проводился по данным гидробиологических съемок (в вегетационный период) на постоянных станциях в центральной (К6) и вершинной части (К3) Кондопожского залива. Для сравнения были использованы данные по зоопланктону залива Большое Онего (В1). Районы исследования различались по морфометрическим особенностям, характеристикам водообмена, термическому режиму и трофическим условиям, определяемым содержанием фито- и бактериопланктона.

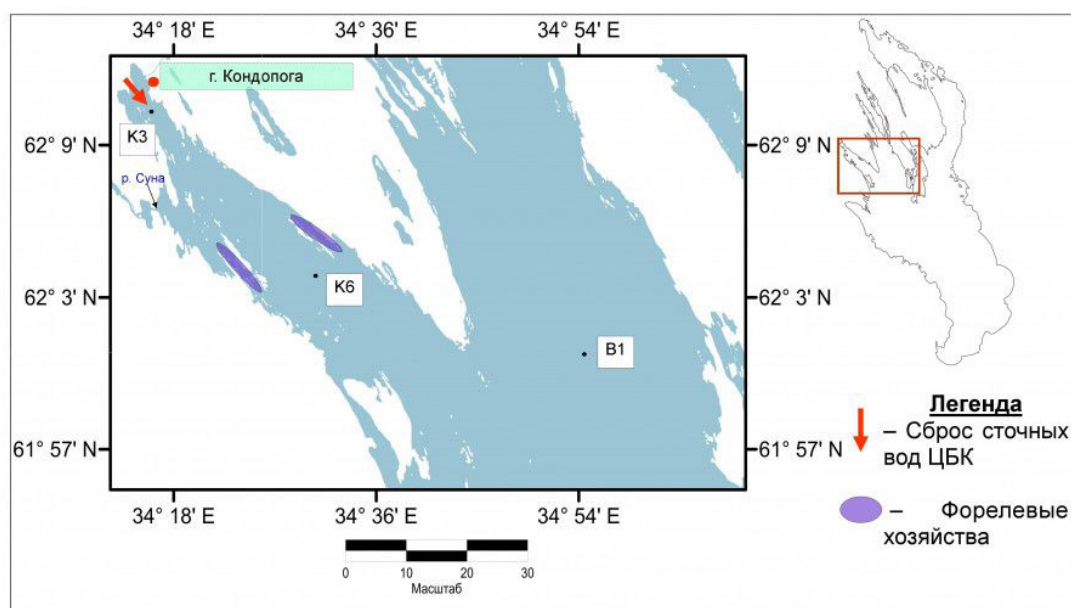


Рис. 1. Станции отбора проб
Fig. 1. Sampling stations

Таблица 1. Материалы для анализа

Станция	<i>n</i>	Средняя глубина, м (min–max)	Прозрачность по диску Секки, м*	Концентрация общего фосфора в поверхностном слое в летний период, мкг/л*	Годовая первичная продукция, г С/м ² год**
K3	80	12.5 (9–17)	1–2	>30	69.9
K6	143	75 (60–81.5)	2–3	15–20	36.2
B1	147	80 (65–110)	3–4	5–10	15.5

Примечание. *n* – число проб, * – данные по: Онежское озеро..., 2010, ** – данные по: Теканова, 2019.

Гидротермический режим Онежского озера является типичным для димиктических водоемов: в годовом цикле выделяются два перемешивания (весеннее и осеннее), прямая летняя температурная стратификация и обратная зимняя, а также два раза в год наблюдается явление термического бара, разделяющее акваторию на две области – стратифицированную и с изотермией (Онежское озеро..., 2010). Основные фазы гидротермического режима наступают раньше в прибрежных районах (вершинная часть Кондопожского залива), а прямая летняя температурная стратификация и «биологическое лето» длятся дольше. Температурные условия поверхностного слоя воды (0.5 м) в пик вегетационного периода (конец июля – начало августа) однородны по всей акватории озера. По среднемноголетним данным (Онежское озеро..., 2010), поверхностный слой воды прогревается к этому времени до 17 °С.

Кондопожский залив характеризуется значительной многолетней антропогенной нагрузкой (Калинкина и др., 2021; Зобкова, 2024). В вершинной части залива (см. рис. 1, станция K3) расположен целлюлозно-бумажный комбинат, сточные воды которого проходят биологическую очистку и сбрасываются в залив, благодаря чему здесь наблюдаются высокие концентрации растворенных и взвешенных органических веществ и общего фосфора (Калинкина и др., 2011), что благоприятно влияет на развитие кормовой базы зоопланктона. Объем сточных вод в 2019–2020 гг. в среднем составил около 47 млн м³/год (Государственный доклад..., 2021). С начала 1990-х гг. по настоящее время фосфорная нагрузка сточных вод значительно сократилась – с 109 до 12 т/год (Тимакова и др., 2014; Литвинова и др., 2021). В центральной части залива (см. рис. 1, станция K6) расположено 11 форелевых хозяйств с общей мощностью 3870 т/год (Смирнова и др., 2024). Кроме того, по сравнению с дру-

гими крупными заливами Онежского озера, в Кондопожском заливе водообмен с открытым плесом более ограничен (Галахина, Зобков, 2022), а период условного водообмена составляет 1.03 года (Лозовик и др., 2019). Залив Большое Онего характеризуется свободным водообменом с центральным плесом Онежского озера, олиготрофным статусом, высоким качеством воды и низким ($P_{\text{общ}} 7\text{--}10$ мкг/л) содержанием биогенных элементов (Крупнейшие озера-водохранилища..., 2015; Теканова и др., 2019).

Таким образом, было проведено сравнение сезонных изменений структуры зоопланктонных сообществ в различающихся по температурным и трофическим условиям районах: мелководной вершинной части залива и глубоководных районах (центральная часть залива и залив Большое Онего).

Методы

Зоопланктон отбирался сетью Джеди с установленным замыкателем (диаметр 19 или 25 см с диаметром пор 100 мкм). Отборы производились в зависимости от глубины станции на стандартных горизонтах (0–5, 5–10, 10–25, 25–50, 50–75, 75–дно). Камеральная обработка проб проводилась по стандартной методике с учетом индивидуальных весов массовых видов Онежского озера (Куликова, Сярки, 1994; Методы гидробиологических исследований..., 2024). Идентификация видов выполнялась согласно «Определителю зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России» (2010).

Анализировались данные о численности (экз./м²) во всем столбе воды трех основных групп зоопланктона: Copepoda (с науплиями), Cladocera и Rotifera. Для выявления среднемноголетней траектории сезонной динамики структуры сообществ исходные данные были сглажены с помощью метода скользящего среднего в модификации двойного сглаживания для нерегулярных рядов

с шагом в 7 элементов ряда (Сярки, 2013). Вычислялась доля (%) группы в сообществе и по ним строилась треугольная диаграмма Гиббса – Розебома (Ларичева, 2015). Кроме того, был определен доминантный комплекс: за нижнюю границу доминирования принимали обилие вида выше 10 % (субдоминанты – от 5 до 10 %) от общей численности и биомассы. После этого рассчитывалась частота встречаемости вида в доминантном комплексе. Данные обрабатывались в среде *Excel for Windows*.

Результаты

В составе зоопланктона Онежского озера выявлено 209 таксонов рангом до рода и ниже: Calanoida (5), Cyclopoida (24), Cladocera (67), Rotifera (113) (Куликова и др., 1997). В пелагиали исследуемых районов, по данным настоящей работы и архивным материалам (Сярки, Куликова, 2012; Сярки и др., 2015), в составе зоопланктона было выделено 104, 82 и 62 таксона рангом до рода и ниже в вершинной, центральной частях Кондопожского залива и в заливе Большое Онего соответственно.

В вершинной части залива в рассматриваемый период (с июня по сентябрь) обычно в составе зоопланктона были коловратки *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Keratella cohlearis* (Gosse, 1851), *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 и представители рода *Asplanchna* Gosse, 1850. Рачковый зоопланктон был представлен преимущественно *Bosmina* (*Eubosmina*) *coregoni* Baird, 1857, *Daphnia* (*Daphnia*) *cristata* Sars, 1862, *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863) и *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863) и науплиями копепоид. Спорадически в доминантном комплексе появлялись коловратки *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 и виды рода *Notholca* Gosse, 1886, а также представители рачкового планктона – *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863, *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887) и *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857).

Состав структурообразующих видов коловраток в пелагиали глубоководного центрального района Кондопожского залива не отличается от такового в вершинной части. Однако в составе рачкового зоопланктона есть ряд отличий. Типичным представителем зоопланктона этого района является *L. macrurus*, который в вершинной части встречается редко. Кроме того, в составе циклопов, помимо указанных для вершинной части видов, в этом районе часто встречается

более крупный *Cyclops abbyssorum* Sars, 1863. Спорадически в доминантный комплекс попадает *Heterocope appendiculata* Sars, 1863.

Видовой состав сообществ зоопланктона в заливе Большое Онего беднее, чем в Кондопожском заливе. Структурообразующие виды рачкового планктона не отличаются от центральной части залива. А среди коловраток можно выделить только *K. longispina* и виды рода *Asplanchna*.

Сезонные изменения видового состава зоопланктона лежат в основе динамики соотношения основных его групп. Общие закономерности сезонных изменений структуры сообществ зоопланктона, без влияния межгодовой изменчивости, можно представить в виде треугольной диаграммы (рис. 2). Детализация диаграммы сезонных изменений структуры сообществ по месяцам вегетационного периода представлена в табл. 2–5.

В начале июня структура сообществ исследуемых районов неоднородна: в вершинной и центральной частях залива представлены преимущественно коловратки с долей около 65–75 %. В мелководной вершинной части в этот период доля кладоцер достигает 30 %. В заливе Большое Онего наблюдается иное состояние сообщества, с преобладанием копепоид; доля двух других таксономических групп не превышает 10 %. В июне снижается доля копепоид в сообществе и растет доля коловраток и кладоцер. В доминантном комплексе в этот период также наблюдаются различия (см. табл. 2): в вершинной и центральной частях залива он представлен преимущественно коловратками, тогда как в заливе Большое Онего – копеподами.

Июль в целом характеризуется снижением доли коловраток в сообществе и увеличением доли кладоцер и копепоид. В доминантном комплексе вершинной части по-прежнему представлены коловратки, но большую роль играют и ветвистоусые рачки родов *Bosmina* (*B.*), *Bosmina* (*E.*) и *Daphnia* (*D.*). В центральной части залива и в заливе Большое Онего доминантный комплекс в июле в целом представлен теми же видами, что и в июне, однако в нем появляются коловратки из рода *Synchaeta* Ehrenberg, 1832 и ветвистоусые рачки рода *Bosmina* (*E.*).

В августе снижается доля кладоцер и коловраток в сообществах, увеличивается доля копепоид. Доминантный комплекс зоопланктона исследуемых районов в августе приобретает общие черты с преобладанием

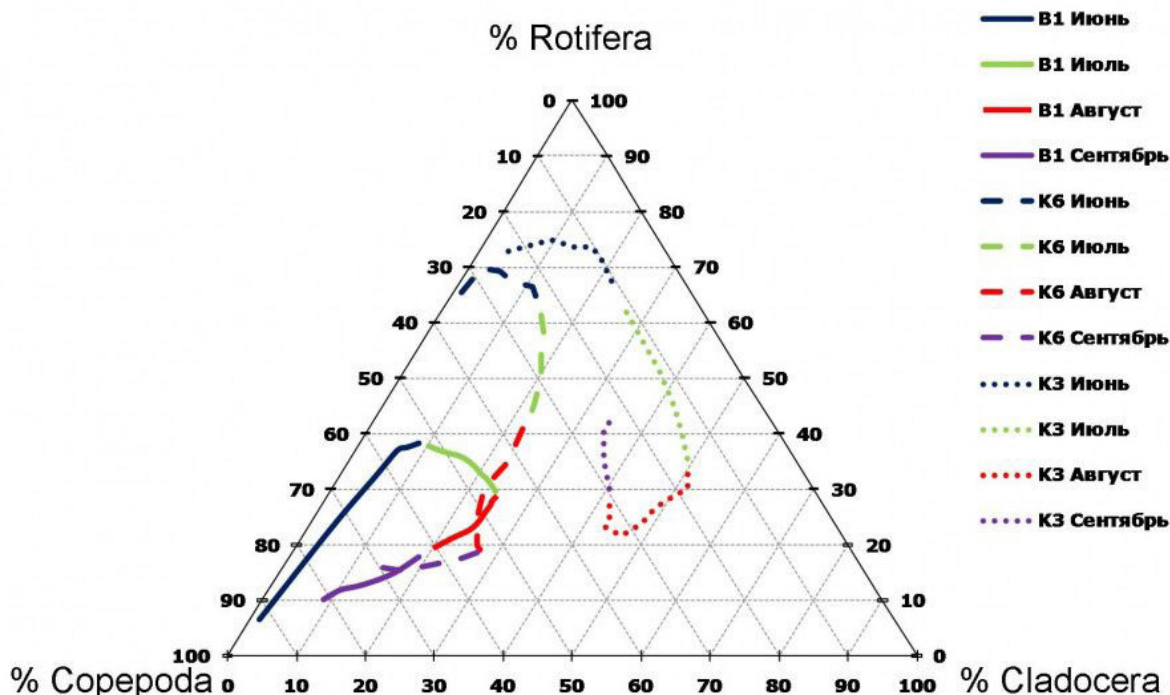


Рис. 2. Сезонные изменения структуры сообщества в столбе воды
Fig. 2. Seasonal changes in the structure of the community in the water column

ветвистоусых рачков из родов *Bosmina* (E.) и *Daphnia* (D.), а также с высокой долей мелких коловраток из родов *Kellicottia* и *Synchaeta*.

Характер сезонных изменений структуры сообщества в сентябре неоднороден в исследуемых районах. В вершинной части растет доля коловраток при снижении доли копепоид. В двух других районах в сообществах преобладают копепоиды при общей низкой

доле кладоцер и коловраток. В доминантном комплексе зоопланктона исследуемых районов в сентябре наблюдаются различия: в мелководной вершинной части по-прежнему большую роль играют ветвистоусые рачки родов *Bosmina* (E.) и *Daphnia* (D.), тогда как в глубоководных районах Кондопожского залива и в Большом Онего – копепоиды.

Таблица 2. Структура сообществ зоопланктона в июне

Показатель / район	Вершинная часть Кондопожского залива	Центральная часть Кондопожского залива	Залив Большое Онего
Среднемноголетнее соотношение численности (%) Copepoda:Cladocera:Rotifera*	23:4:73/11:22:67	33:1:65/23:13:64	92:1:6/53:9:38
Доминанты по численности (>10 %)	<i>K. longispina</i> , <i>K. cohlearis</i> , <i>P. dolichoptera</i>	<i>K. longispina</i> , <i>Asplanchna</i> sp.	<i>E. gracilis</i> , <i>L. macrurus</i> , науплии копепоид
Субдоминанты по численности (5–10 %)	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>M. leuckarti</i> , <i>Asplanchna</i> sp.	<i>E. gracilis</i> , <i>K. cohlearis</i>	<i>T. oithonoides</i> , <i>N. cinetura</i>
Доминанты по биомассе (>10 %)	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>Asplanchna</i> sp.	<i>Asplanchna</i> sp., <i>L. macrurus</i>	<i>E. gracilis</i> , <i>L. macrurus</i>
Субдоминанты по биомассе (5–10%)	<i>M. leuckarti</i> , <i>T. oithonoides</i>	<i>E. gracilis</i> , <i>T. oithonoides</i> , <i>C. abbyssorum</i>	<i>B.(E.) coregoni</i>

Примечание. * – здесь и далее в числителе – соотношение в начале периода, в знаменателе – в конце периода.

Таблица 3. Структура сообществ зоопланктона в июле

Показатель / район	Вершинная часть Кондопожского за- лива	Центральная часть Кондопожского за- лива	Залив Большое Онего
Среднемноголетнее соот- ношение численности (%) Copepoda:Cladocera:Rotifera	11:22:67/16:50:34	23:13:64/35:22:43	53:9:38/46:24:30
Доминанты по численности (>10 %)	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>K. longispina</i> , <i>K.</i> <i>cohlearis</i>	<i>K. longispina</i> , <i>A.</i> <i>priodonta</i>	<i>E. gracilis</i> , <i>K.</i> <i>longispina</i>
Субдоминанты по численности (5–10 %)	<i>K. quadrata</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i>	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i>	<i>B.(E.) coregoni</i>
Доминанты по биомассе (>10 %)	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>D.</i> <i>(D.) cristata</i>	<i>Asplanchna sp.</i> , <i>L.</i> <i>macrurus</i>	<i>Asplanchna sp.</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i> , <i>L. macrurus</i>
Субдоминанты по биомассе (5–10 %)	<i>L. macrurus</i>	<i>H. appendiculata</i> , <i>B.</i> <i>(E.) coregoni</i>	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i>

Таблица 4. Структура сообществ зоопланктона в августе

Показатель / район	Вершинная часть Кондопожского залива	Центральная часть Кондопожского залива	Залив Большое Онего
Среднемноголетнее соотношение численности (%) Copepoda:Cladocera:Rotifera	16:50:34/31:42:27	35:22:43/54:27:19	46:24:30/61:20:19
Доминанты по численности (>10 %)	<i>D. (D.) cristata</i> , <i>B.</i> <i>(E.) coregoni</i> , <i>K.</i> <i>longispina</i>	<i>B. (E.) coregoni</i> , <i>K.</i> <i>longispina</i> , <i>D. (D.)</i> <i>cristata</i> , <i>E. gracilis</i>	<i>K. longispina</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i> , <i>D. (D.)</i> <i>cristata</i>
Субдоминанты по численности (5–10 %)	Науплии циклопов, <i>T.</i> <i>oithonoides</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i>	Науплии копепод, <i>T.</i> <i>oithonoides</i>	Науплии каляноид, <i>M.</i> <i>leuckarti</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i>
Доминанты по биомассе (>10 %)	<i>B.(E.) coregoni</i> , <i>D.</i> <i>(D.) cristata</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i>	<i>D. (D.) cristata</i> , <i>L.</i> <i>macrurus</i> , <i>E. gracilis</i>	<i>D. (D.) cristata</i> , <i>L.</i> <i>macrurus</i> , <i>E. gracilis</i>
Субдоминанты по биомассе (5–10 %)	<i>T. oithonoides</i>	<i>B. (E.) coregoni</i> , <i>E.</i> <i>lacustris</i>	<i>B.(E.) coregoni</i>

Таблица 5. Структура сообществ зоопланктона в сентябре

Показатель / район	Вершинная часть Кондопожского за- лива	Центральная часть Кондопожского за- лива	Залив Большое Онего
Среднемноголетнее соотношение численности (%) Copepoda:Cladocera:Rotifera	31:42:27/23:34:43	54:27:19/70:14:16	61:20:19/81:9:10
Доминанты по численности (>10 %)	<i>D. (D.) cristata</i> , <i>B.</i> <i>(E.) coregoni</i>	<i>D. (D.) cristata</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i>	<i>E. gracilis</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i> , на- уплии копепод
Субдоминанты по численности (5–10 %)	<i>T. oithonoides</i>	<i>E. gracilis</i> , <i>M.</i> <i>leuckarti</i>	<i>K. longispina</i>
Доминанты по биомассе (>10 %)	<i>D. (D.) cristata</i>	<i>D. (D.) cristata</i>	<i>L. macrurus</i> , <i>E.</i> <i>gracilis</i>
Субдоминанты по биомассе (5–10 %)	<i>B. (E.) coregoni</i>	<i>B. (E.) coregoni</i> , <i>E.</i> <i>lacustris</i> , <i>E. gracilis</i>	<i>M. leuckarti</i> , <i>T.</i> <i>oithonoides</i>

В сезонном цикле зоопланктонных сообществ олиготрофного и глубоководного залива Большое Онего преобладающее значение имеют копеподы: большую часть рассмотренного периода, за исключением периода с конца июля по начало августа, их доля в сообществе превышает 50 %. И наоборот, коловраточный планктон в этом районе не достигает высокого развития: их среднемноголетний максимум отмечается в конце июня и не превышает 40 % от общей численности зоопланктона. В центральной части Кондопожского залива, имеющей схожий термический режим и глубину, наблюдается обратное явление: здесь коловратки занимают преобладающую роль в тот же период, достигая среднемноголетней доли 70 % от общей численности. В мелководной вершинной части высокую долю в сообществе занимают ветвистоусые рачки, их среднемноголетняя доля достигает 50 % от общей численности.

В доминантном комплексе исследуемых районов отмечен ряд особенностей. Характерной чертой в сезонном цикле планктонных сообществ олиготрофного и глубоководного залива Большое Онего является преобладающая роль науплий копепод во все исследуемые периоды: их среднемноголетняя численность за июнь – сентябрь составляет 39.5 ± 2.5 тыс. экз./м². Кроме того, отмечено доминирующее положение по биомассе крупного реликтового рачка *L. macrurus* в сообществах глубоководных районов: в центральной части залива и в Большом Онего.

Обсуждение

Полученные результаты соответствуют сезонной сукцессии зоопланктонных сообществ других водоемов умеренной зоны с закономерным переходом структуры с преобладание сначала коловраток, а затем ветвистоусых рачков (Лазарева, 2010; Шевелева, Кривенкова, 2010; Хаберман и др., 2012; Баянов, Макеев, 2016). В исчерпывающем обзоре сезонной динамики зоопланктона Рыбинского водохранилища (Лазарева, Лазарев, 2010) период открытой воды разделен на три периода: весенний, летний и осенний со схожими сезонными изменениями структуры зоопланктонных сообществ.

Для зоопланктона пелагиали Онежского озера характерно закономерное изменение структуры сообществ от преобладающих весной копепод и переход к сообществам с высокой долей коловраток, а затем ветвистоусых рачков (Куликова и др., 1997; Онежское озеро..., 2010; Сярки, Фомина, 2014).

Продолжительность этих периодов зависит от температурного режима, а количественные характеристики развития сообществ – от трофических условий акватории. В мелководной вершинной части, благодаря более длительному периоду биологического лета, период с преобладанием ветвистоусых рачков, типичных для летнего планктонного комплекса, длится дольше. Кроме того, общее обилие зоопланктона в этом районе выше: благодаря влиянию сточных вод ЦБК здесь происходит накопление органического вещества, поэтому хорошо развита кормовая база зоопланктона (Калинкина и др., 2011).

Благодаря ограниченному водообмену вод залива с водами открытого плеса влияние сточных вод ЦБК прослеживается и в центральной части залива (Крупнейшие озера-водохранилища..., 2015). Так, по среднемноголетним данным, общая численность зоопланктона центральной части Кондопожского залива выше, чем в заливе Большое Онего. Кроме того, для сообществ зоопланктона этого района характерна более высокая доля коловраток в начале летнего периода, что, вероятно, указывает на его трофность (Андронникова, 1996). В начале 2000-х гг. в прибрежных районах центральной части залива появился новый источник антропогенной нагрузки – форелевые хозяйства, влияние которых прослеживается в экосистеме залива: в частности, отмечено высокое обилие фитопланктона по сравнению с периодом до развития форелеводства (Смирнова и др., 2024).

Построенные траектории сезонной динамики зоопланктонных сообществ отражают среднемноголетние закономерности и синхронизированы, в первую очередь, с термическим и трофическим режимами. Однако отмечаемые в отдельные годы отклонения могут существенно повлиять на траектории. Одной из вероятных причин подобных отклонений может служить изменение климата, которое стало актуальным в последние десятилетия (Назарова, 2014; Калинкина и др., 2017). Планктонная система Онежского озера также реагирует на изменение внешних факторов: в ее функционировании периодически возникают состояния, отличные от среднемноголетнего сезонного хода. Это проявляется, например, во вспышках обилия (Калинкина и др., 2017; Фомина, Сярки, 2018), а также в нехарактерной для определенного сезона структуре сообщества (Сярки, Фомина, 2019).

Заключение

Несмотря на схожесть общих закономерностей сезонных изменений структуры сообществ зоопланктона пелагиали исследуемых районов с другими озерами умеренной зоны, были выявлены особенности, характерные для Онежского озера. Короткое «биологическое лето» и холодноводность пелагиали открытой части Онежского озера обуславливают короткий вегетационный период этого района. А олиготрофный статус – низкое обилие зоопланктона. В центральной части Кондопожского залива, характеризующейся таким же коротким вегетационным периодом, прослежена антропогенная трансформация зоопланктона. В вершинной части залива «биологическое лето» длит-

ся дольше, а благодаря развитой кормовой базе зоопланктона он достигает высокого развития, особенно за счет высокопродуктивных фильтраторов – ветвистоусых рачков.

Сезонная сукцессия является циклическим процессом и характеризуется ежегодной повторяемостью. Несмотря на это, спорадически наблюдаются состояния, отличные от среднемноголетней траектории. Для понимания причин этих аномалий требуются дальнейшие исследования.

Полученные результаты могут служить основой для построения эмпирической модели сезонной динамики пелагического зоопланктона, сопряженной с термическим режимом и трофическими условиями отдельных акваторий Онежского озера.

Библиография

- Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Баянов Н. Г., Макеев И. С. Межсезонная динамика массовых видов метазойного планктона озера Светлояр в 2000–2001 годах // Труды Государственного природного заповедника Керженский. Н. Новгород, 2016. Т. 8. С. 39–67.
- Гаврилко Д. Е. Сезонная сукцессия сообществ зоопланктона зарослей макрофитов малой реки (на примере р. Левинки г. Нижнего Новгорода) // Принципы экологии. 2024. №2 (52). С. 4–17. DOI: 10.15393/j1.art.2024.14942
- Галахина Н. Е., Зобков М. Б. Гидрохимические исследования в районе расположения форелевых хозяйств в Кондопожской губе Онежского озера в зимний период 2022 года // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2022. № 6. С. 76–87. DOI: 10.17076/lim1599
- Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2020 году / Ред. А. Н. Громцев. Петрозаводск, 2021. 277 с.
- Зобкова М. В. Оценка автохтонной, аллохтонной и антропогенной составляющей органического вещества в поверхностных водах (на примере водных объектов Карелии) : Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Петрозаводск, 2024. 20 с.
- Калинкина Н. М., Куликова Т. П., Литвинова И. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Тимакова Т. М., Чекрыжева Т. А. Биоиндикация загрязнения вод и донных отложений в Кондопожской губе Онежского озера // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2011. № 3. С. 265–274.
- Калинкина Н. М., Теканова Е. В., Белкина Н. А., Назарова Л. Е., Макарова Е. М., Ефремова Т. В., Георгиев А. П., Здоровеннов Р. Э., Потахин М. С., Рябинкин А. В. Результаты экспедиционных исследований в 2020 году на Онежском озере и Выгозерском водохранилище с целью изучения отклика крупных водоемов на антропогенное воздействие и изменение климата // Итоги экспедиционных исследований в 2020 году в Мировом океане и внутренних водах: Тез. докл. Всерос. научной конф. (Москва, 24–26 февр. 2021 г.). Севастополь, 2021. С. 164–171.
- Калинкина Н. М., Теканова Е. В., Сярки М. Т. Экосистема Онежского озера: реакция водных сообществ на антропогенные факторы и климатические изменения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 1. С. 4–18. DOI: 10.35567/1999-4508-2017-1-1
- Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 375 с.
- Куликова Т. П., Кустовлянкина Н. Б., Сярки М. Т. Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1997. 112 с.
- Куликова Т. П., Сярки М. Т. Размерно-весовая характеристика массовых видов ракообразных и коловраток Онежского озера: Справочно-информационный материал. Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1994. 15 с.
- Лазарева В. И. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 183 с.
- Ларичева В. С., Ларичев Т. А. Химическая термодинамика : Учебное пособие. Кемерово: КемГУ,

2015. 240 с.

- Литвинова И. А., Калинкина Н. М., Теканова Е. В., Макарова Е. М., Ефимова А. Н. Антропогенная нагрузка и биоиндикация состояния Онежского озера (Верхне-Свирского водохранилища). База данных : Свидетельство о государственной регистрации № 2021620975. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» (RU). Дата регистрации в Реестре баз данных 17 мая 2021 г.
- Лозовик П. А., Зобков М. Б., Бородулина Г. С., Токарев И. В. Оценка внешнего водообмена заливов озер по химическим показателям воды // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, № 1. С. 91–101. DOI: 10.31857/S0321-059646191-101
- Методы гидробиологических исследований внутренних вод / Ред. А. В. Крылов. Ярославль: Филигрань, 2024. 592 с.
- Назарова Л. Е. Климат Республики Карелия (Россия): температура воздуха, изменчивость и изменения // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 1. С. 746–749.
- Онежское озеро: Атлас / Ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Ред. В. Р. Алексеев, С. Я. Цалолихин. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
- Смирнова В. С., Теканова Е. В., Калинкина Н. М. Фитопланктон как индикатор состояния экосистемы Кондопожской губы Онежского озера в условиях садкового выращивания форели // Трансформация экосистем. 2024. Т. 7, № 1. С. 177–195. DOI: 10.23859/estr-220822
- Сярки М. Т. Изучение траектории сезонной динамики планктона с помощью метода двойного сглаживания // Принципы экологии. 2013. Т. 2, № 1. С. 61–67. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2141
- Сярки М. Т. Подходы и методы исследования сезонной динамики зоопланктона крупного озера // Принципы экологии. 2024. № 4 (54). С. 48–58. DOI: 10.15393/j1.art.2024.15263
- Сярки М. Т., Куликова Т. П. Зоопланктон Онежского озера : Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012621150. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в Реестре баз данных 9 ноября 2012 г.
- Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. Планктон пелагиали Онежского озера : Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620274. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС КарНЦ РАН) (RU). Дата регистрации в Реестре баз данных 13 февраля 2015 г.
- Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Зоопланктон Онежского озера, его центрального плеса и залива Большое Онего в различные по температурному режиму годы // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2019. № 9. С. 104–115. DOI: 10.17076/lim982
- Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Особенности сезонных явлений в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // Принципы экологии. 2014. № 3 (11). С. 40–48. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3682
- Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Сезонные изменения в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2015. № 1. С. 63–68. DOI: 10.17076/eco37
- Теканова Е. В. Многолетние изменения первичной продукции в Кондопожской губе Онежского озера (Россия) под влиянием сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Sciences of Europe. 2019. № 35-2 (35). С. 26–30.
- Теканова Е. В., Рыжаков А. В., Калинкина Н. М., Дмитриева Д. А., Фомина Ю. Ю., Макарова Е. М. Состояние экосистемы Кондопожской губы Онежского озера в условиях многофакторного воздействия // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Междунар. конф. (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Казань, 2019. С. 190–194.
- 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.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
- Фомина Ю. Ю. Фенологические фазы зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера // Водные ресурсы: изучение и управление (школа-практика). Петрозаводск, 2020. С. 128–131.
- Фомина Ю. Ю., Сярки М. Т. Современное состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера и его отклик на изменение климата // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2018. № 9. С. 54–64. DOI: 10.17076/lim820
- Хаберман Ю., Вирро Т., Бланк К. Зоопланктон // Псковско-Чудское озеро. Тарту: Eesti Loodusfoto, 2012. С. 285–306.
- Шевелева Н. Г., Кривенкова И. Ф. Состав и структура зоопланктона озера Котокельское // Журнал

- Сибирского федерального университета. Биология. 2010. № 3. С. 278–291.
- Adrian R., Wilhelm S. and Gerten D. Life-history traits of lake plankton species may govern their phenological response to climate warming // *Global Change Biology*. 2006. Vol. 12. P. 652–661.
- Carter J. L., Schindler D. E., Francis T. B. Effects of climate change on zooplankton community interactions in an Alaskan lake // *Climate Change Responses*. 2017. Vol. 4, No 1. P. 3.
- Donet A., Hoffman L. Seasonal succession and spatial distribution of the zooplankton community in the reservoir of Esch-Sur-Sûre (Luxembourg) // *Belg. J. Zool.* 1995. Vol. 125. P. 109–123.
- Gliwicz Z. M., Pijanowska J. The role of predation in zooplankton succession // Sommer U. (ed.). *Plankton ecology: Succession in Plankton Communities*. Brockj Springer series in contemporary bioscience. Berlin: Springer-Verlag, 1989. P. 253–296.
- Pinel-Alloul B., Downing J. A., Perusse M., Codin-Blumer G. Spatial heterogeneity in freshwater zooplankton: variation with body size, depth and scale // *Ecology*. 1988. Vol. 69, No 5. P. 1393–1400.
- Rusak J. A., Yan N. D., Somers K. M. Regional climatic drivers of synchronous zooplankton dynamics in north-temperate lakes // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2008. Vol. 65, No 5. P. 878–889.
- Wagner C., Adrian R. Consequences of changes in thermal regime for plankton diversity and trait composition in a polymictic lake: a matter of temporal scale // *Freshwater Biology*. 2011. Vol. 56. P. 1949–1961. DOI: 10.1111/j.1365- 2427.2011.02623.x
- Winder M., Schindler D. E. Climatic effects on the phenology of lake processes // *Global Change Biology*. 2004. Vol. 10, No 11. P. 1844–1856.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Карельского научного центра РАН по теме «Диагноз состояния и долгосрочный прогноз изменений экосистем крупнейших озер-водохранилищ Севера ЕЧР (Онежского и Выгозера), входящих в систему Беломоро-Балтийского водного пути» (госрегистрация № 121021700117-3).

SEASONAL DYNAMICS OF PELAGIC ZOOPLANKTON STRUCTURE IN THE KONDOPOGA BAY OF LAKE ONEGA

**KONOVALOV
Daniil Sergeevich**

Karelian Research Center RAS, 50, Nevsky Ave., Petrozavodsk., Republic of Karelia, Russia, konovalov.daniil1998@gmail.com

Key words:

seasonal variability
thermal regime
lake ecosystems
morphometry
anthropogenic
eutrophication

Summary: We analyzed the seasonal changes in zooplankton of the pelagial of the Kondopoga Bay of Lake Onega. The analysis was based on data from net hauls during the growing season from 1989 to 2021 in three areas, differing in morphometrical characteristics, trophic conditions and thermal regime. Seasonal changes in the structure of zooplankton communities and the dominant complex were characterized. The average annual trajectories of changes in the abundance ratio (ind./m²) of the main zooplankton groups were obtained using the moving average method. Seasonal succession of zooplankton is mainly associated with changes in the thermal regime and trophic conditions. The thermal regime determines the timing of the onset and end of seasonal phases associated with the dominant complex and the ratio of the main groups of zooplankton. Trophic conditions determine the quantitative characteristics of communities. Due to the different scales of influence of these factors in the studied areas, seasonal changes in zooplankton are characterized by spatial heterogeneity. In the shallow top part, which is experiencing long-term anthropogenic stress by wastewater from the Kondopoga Pulp and Paper Mill, the period with predominance of cladocerans lasts longer than in the pelagic areas of deep-water areas, and the total number of zooplankton is higher. Deep-sea pelagic areas are characterized by a high proportion of copepods during the growing season. The difference between the central part of the Kondopoga Bay and the oligotrophic Big Onega is associated with a higher proportion of rotifers and cladocerans during the growing season. Despite the pronounced stability of the plankton system of Lake Onega, anomalies in the seasonal succession of communities associated with an unusual structure for the observed period are sporadically observed. The obtained results contribute to the study of seasonal processes in the zooplankton of Lake Onega and can be used to model ecosystem dynamics.

Received on: 17 October 2025

Published on: 26 December 2025

References

- Adrian R., Wilhelm S. and Gerten D. Life-history traits of lake plankton species may govern their phenological response to climate warming, *Global Change Biology*. 2006. Vol. 12. P. 652–661.
- Andronikova I. N. Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of various trophic types. SPb.: Nauka, 1996. 189 p.
- Bayanov N. G. Makeev I. S. The interseasonal dynamics of the mass species of metazoan plankton of Lake Svetloyar in 2000–2001, *Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika Kerzhenskiy. N. Novgorod*, 2016. T. 8. P. 39–67.
- Carter J. L., Schindler D. E., Francis T. B. Effects of climate change on zooplankton community interactions in an Alaskan lake, *Climate Change Responses*. 2017. Vol. 4, No 1. P. 3.
- Determinant of zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia. Vol. 1. Zooplankton, Red. V. R. Alekseev, P. Ya. Calolihin. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2010. 495 p.
- Donet A., Hoffman L. Seasonal succession and spatial distribution of the zooplankton community in the reservoir of Esch-Sur-Sûre (Luxembourg), *Belg. J. Zool.* 1995. Vol. 125. P. 109–123.
- Fomina Yu. Yu. Syarki M. T. The current state of zooplankton in the Petrozavodsk Bay of Lake Onega and its response to climate change, *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2018. No. 9. P. 54–64. DOI: 10.17076/lim820
- Fomina Yu. Yu. Phenological phases of zooplankton in the Petrozavodsk Bay of Lake Onega, *Vodnye resursy: izuchenie i upravlenie (shkola-praktika)*. Petrozavodsk, 2020. P. 128–131.
- Galahina N. E. Zobkov M. B. Hydrochemical studies in the area of trout farms in the Kondopoga Bay of Lake Onega in the winter of 2022, *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2022. No. 6. P. 76–87. DOI: 10.17076/lim1599
- Gavrillo D. E. Seasonal succession of zooplankton communities in macrophyte thickets of the Malaya

- River (on the example of the Levinka River in Nizhny Novgorod), *Principy ekologii*. 2024. No.2 (52). P. 4–17. DOI: 10.15393/j1.art.2024.14942
- Gliwicz Z. M., Pijanowska J. The role of predation in zooplankton succession, Sommer U. (ed.). *Plankton ecology: Succession in Plankton Communities*. Brockj Springer series in contemporary bioscience. Berlin: Springer-Verlag, 1989. P. 253–296.
- Haberman Yu. Virro T. Blank K. *Zooplankton, Pskovsko-Chudskoe ozero*. Tartu: Eesti Loodusfoto, 2012. P. 285–306.
- Kalinkina N. M. Kulikova T. P. Litvinova I. A. Polyakova T. N. Syarki M. T. Tekanova E. V. Timakova T. M. Chekryzheva T. A. Bioindication of water and sediment pollution in the Kondopoga Bay of Lake Onega, *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2011. No. 3. P. 265–274.
- Kalinkina N. M. Tekanova E. V. Belkina N. A. Nazarova L. E. Makarova E. M. Efremova T. V. Georgiev A. P. Zdorovenov R. E. Potahin M. S. Ryabinkin A. V. The results of expedition research in 2020 on Lake Onega and the Vygozersk reservoir in order to study the response of large reservoirs to anthropogenic impact and climate change, *Itogi ekspeditsionnykh issledovaniy v 2020 godu v Mirovom okeane i vnutrennih vodah: Tez. dokl. Vserop. nauchnoy konf. (Moskva, 24–26 fevr. 2021 g.)*. Sevastopol', 2021. P. 164–171.
- Kalinkina N. M. Tekanova E. V. Syarki M. T. Ecosystem of Lake Onega: reaction of aquatic communities to anthropogenic factors and climatic changes, *Vodnoe hozyaystvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie*. 2017. No. 1. P. 4–18. DOI: 10.35567/1999-4508-2017-1-1
- Kulikova T. P. Kustovlyankina N. B. Syarki M. T. *Zooplankton as a component of the ecosystem of Lake Onega*. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 1997. 112 p.
- Kulikova T. P. Syarki M. T. Size and weight characteristics of the mass species of crustaceans and rotifers of Lake Onega: Reference and information material. Petrozavodsk: Karel'sk. fil. AN SSSR, 1994. 15 p.
- Lake Onega. Atlas, Red. N. N. Filatov. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2010. 151 p.
- Laricheva V. S. Larichev T. A. *Chemical thermodynamics: Uchebnoe posobie*. Kemerovo: KemGU, 2015. 240 p.
- Lazareva V. I. *Structure and dynamics of zooplankton of the Rybinsk reservoir*. M.: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 183 p.
- Litvinova I. A. Kalinkina N. M. Tekanova E. V. Makarova E. M. Efimova A. N. Anthropogenic load and bioindication of the state of Lake Onega (Verkhne-Svir reservoir). The database: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registracii No. 2021620975. Pravoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Federal'nyy issledovatel'skiy centr «Karel'skiy nauchnyy centr Rossiyskoy akademii nauk» (RU). Data registracii v Reestre baz dannykh 17 maya 2021 g.
- Lozovik P. A. Zobkov M. B. Borodulina G. S. Tokarev I. V. Assessment of the external water exchange of lake bays by water chemical parameters, *Vodnye resursy*. 2019. T. 46, No. 1. P. 91–101. DOI: 10.31857/S0321-059646191-101
- Methods of hydrobiological studies of inland waters*, Red. A. V. Krylov. Yaroslavl': Filigran', 2024. 592 p.
- Nazarova L. E. Climate of the Republic of Karelia (Russia): air temperature, variability and changes, *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2014. T. 10, No. 1. P. 746–749.
- Pinel-Alloul B., Downing J. A., Perusse M., Codin-Blumer G. Spatial heterogeneity in freshwater zooplankton: variation with body size, depth and scale, *Ecology*. 1988. Vol. 69, No 5. P. 1393–1400.
- Rusak J. A., Yan N. D., Somers K. M. Regional climatic drivers of synchronous zooplankton dynamics in north-temperate lakes, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2008. Vol. 65, No 5. P. 878–889.
- Sheveleva N. G. Krivenkova I. F. Composition and structure of zooplankton of Lake Kotokelskoye, *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya*. 2010. No. 3. P. 278–291.
- Smirnova V. S. Tekanova E. V. Kalinkina N. M. Phytoplankton as an indicator of the ecosystem status of the Kondopoga Bay of Lake Onega in the conditions of trout cage farming, *Transformatsiya ekosistem*. 2024. T. 7, No. 1. P. 177–195. DOI: 10.23859/estr-220822
- Syarki M. T. Fomina Yu. Yu. Features of seasonal phenomena in zooplankton of the Petrozavodsk Bay of Lake Onega, *Principy ekologii*. 2014. No. 3 (11). P. 40–48. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3682
- Syarki M. T. Fomina Yu. Yu. Seasonal changes in zooplankton of the Petrozavodsk Bay of Lake Onega, *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015. No. 1. P. 63–68. DOI: 10.17076/eco37
- Syarki M. T. Fomina Yu. Yu. Zooplankton of Lake Onega, its central pool and Bolshoe Onego Bay in years of varying temperature conditions, *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2019. No. 9. P. 104–115. DOI: 10.17076/lim982
- Syarki M. T. Kulikova T. P. Zooplankton of Lake Onega: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registracii bazy dannykh No. 2012621150. Pravoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut vodnykh problem Severa Karel'skogo nauchnogo centra RAN (IVPS KarNC RAN) (RU). Data registracii v Reestre baz dannykh 9 noyabrya 2012 g.

- Syarki M. T. Tekanova E. V. Chekryzheva T. A. Plankton of the pelagial of Lake Onega: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registracii bazy dannyh No. 2015620274. Pravoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut vodnyh problem Severa Karel'skogo nauchnogo centra RAN (IVPS KarNC RAN) (RU). Data registracii v Reestre baz dannyh 13 fevralya 2015 g.
- Syarki M. T. Approaches and methods for studying the seasonal dynamics of zooplankton in a large lake, Principy ekologii. 2024. No. 4 (54). P. 48–58. DOI: 10.15393/j1.art.2024.15263
- Syarki M. T. Studying the trajectory of seasonal plankton dynamics using the double smoothing method, Principy ekologii. 2013. T. 2, No. 1. P. 61–67. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2141
- Tekanova E. V. Ryzhakov A. V. Kalinkina N. M. Dmitrieva D. A. Fomina Yu. Yu. Makarova E. M. The state of the ecosystem of the Kondopoga Bay of Lake Onega under conditions of multifactorial impact, Ozera Evrazii: problemy i puti ih resheniya: Materialy II Mezhdunar. konf. (Kazan', 19–24 maya 2019 g.). Kazan', 2019. P. 190–194.
- Tekanova E. V. Long-term changes in primary production in the Kondopoga Bay of Lake Onega (Russia) under the influence of waste water from pulp and paper production, Sciences of Europe. 2019. No. 35-2 (35). P. 26–30.
- The largest lakes-reservoirs in the North-West of the European territory of Russia: current state and changes of ecosystems under climatic and anthropogenic influences. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2015. 375 p.
- The state report on the state of the environment of the Republic of Karelia in 2020, Red. A. N. Gromcev. Petrozavodsk, 2021. 277 p.
- Timakova T. M. Kulikova T. P. Litvinova I. A. Polyakova T. N. Syarki M. T. Tekanova E. V. Chekryzheva T. A. Changes in biocenoses of the Kondopoga Bay of Lake Onega under the influence of waste water from a pulp and paper mill, Vodnye resursy. 2014. T. 41, No. 1. P. 74–82.
- Uitteker R. Communities and ecosystems. M.: Progress, 1980. 328 p.
- Wagner C., Adrian R. Consequences of changes in thermal regime for plankton diversity and trait composition in a polymictic lake: a matter of temporal scale, Freshwater Biology. 2011. Vol. 56. P. 1949–1961. DOI: 10.1111/j.1365- 2427.2011.02623.x
- Winder M., Schindler D. E. Climatic effects on the phenology of lake processes, Global Change Biology. 2004. Vol. 10, No 11. P. 1844–1856.
- Zobkova M. V. Assessment of the autochthonous, allochthonous and anthropogenic components of organic matter in surface waters (using the example of Karelian water bodies): Avtoref. dip. ... kand. him. nauk. Petrozavodsk, 2024. 20 p.