



Лаборатория гидробиологии
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА
Карельский научный центр
Российская Академия наук



Отчет аспиранта 4 года
Фоминой Юлии Юрьевны
по специальности 03.02.10
Гидробиология (биологические науки)

Научный руководитель:

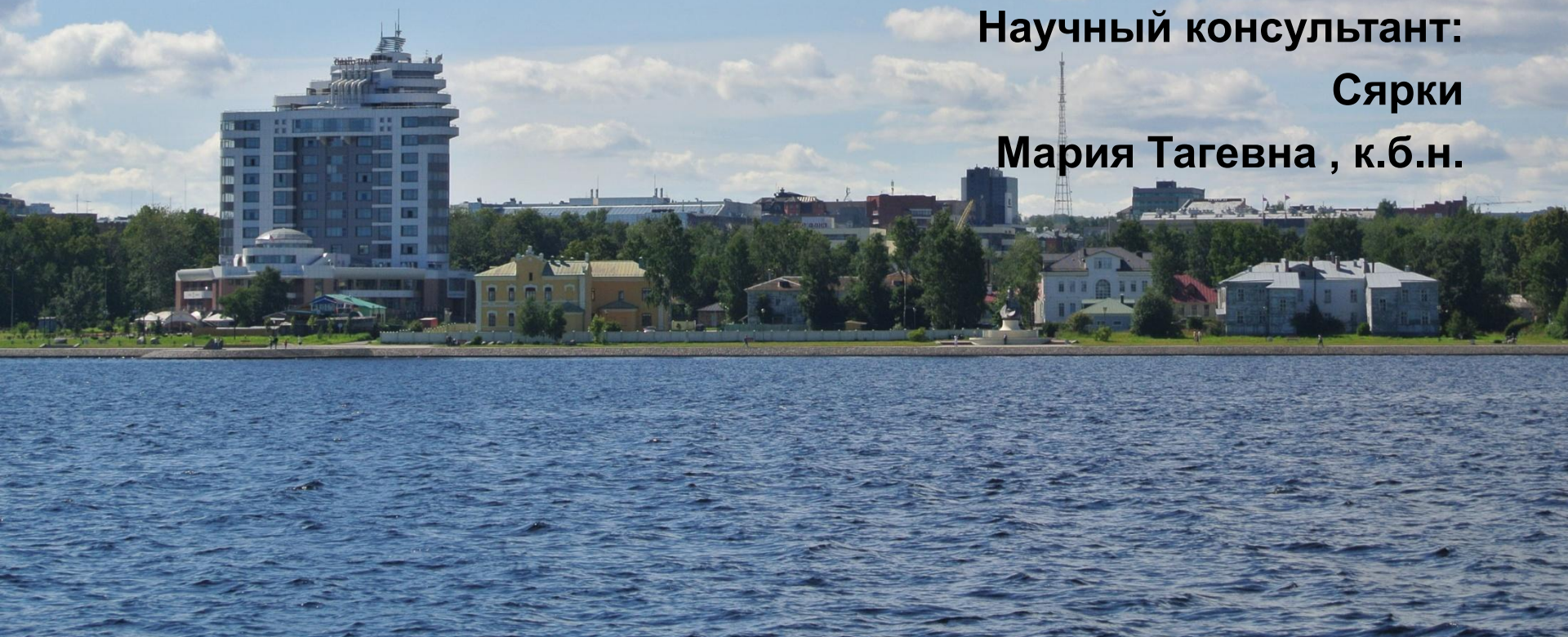
Калинкина

Наталья Михайловна, д.б.н.

Научный консультант:

Сярки

Мария Тагевна, к.б.н.



Актуальность работы

- Онежское озеро – одно из Великих озер Европы. Акватория озера содержит стратегический запас пресной воды высокого качества.
- Петрозаводская губа – один из крупнейших заливов озера (1,3% площади), расположен в западной его части. Петрозаводская губа служит источником водоснабжения г. Петрозаводска.
- Зоопланктон неотъемлемая часть планктонной системы. Представляет собой звено в пищевой цепи между фитопланктоном и рыбами, осуществляет перенос веществ и энергии между различными трофическими уровнями, участвует в процессе саморегуляции водной экосистемы и формировании её биоресурсов. Он определяет основную долю рыбопродуктивности Онежского озера (уловы ряпушки и корюшки). Зоопланктонное сообщество Онежского озера является чутким индикатором изменения его состояния.
- История исследования зоопланктона Онежского озера насчитывает более ста лет. Несмотря на хорошую изученность, практически не исследована фенология зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера.
- Фенология планктона позволяет детализировать функционирование планктона в сезонном цикле и описать реакцию на изменение климата.
- Учет сезонного хода позволяет отличить реакцию зоопланктона на антропогенный фактор или температурные изменения.

Тема работы:

Структурно-функциональная организация и фенология пелагического зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера.

Цель: Исследовать фенологические особенности структурных и функциональных показателей зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера

Задачи исследования:

1. Изучить современное состояние зоопланктона
2. Изучить сезонную динамику зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера
3. Изучить жизненные циклы видов-доминантов
4. Изучить влияние различных факторов на фенологию зоопланктона
5. Разработать методические рекомендации для биомониторинга по показателям зоопланктона

Научная новизна работы

Впервые выполнен анализ закономерностей сезонной динамики зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера. Изучены сезонные изменения структурно-функциональной организации зоопланктона в годовом цикле. Дана оценка внутригодовой и межгодовой изменчивости показателей зоопланктона и влияния на нее факторов среды. Получены новые данные о механизмах функционирования зимнего зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера, что имеет ключевое значения для понимания современного состояния экосистемы озера в условиях климатических изменений.

Практическая значимость работы.

Предложены новые критерии биомониторинга Онежского озера по показателям зоопланктона, с учетом сезонных особенностей функционирования сообщества в Петрозаводской губе Онежского озера. Уточнены оценки биомассы и продукционные показатели зоопланктона для кормовой базы рыб-планктофагов Петрозаводской губы Онежского озера.



Материалы

Года	Период отбора	Тема или проект	Количество проб
2013 г.	Вегетационный период	Биогеохимические критерии состояния экосистемы Онежского озера и ее устойчивости к антропогенному воздействию	25 проб
2014-2016 гг.	Август 2014 г. Август 2015 г.	Проект РФФИ №14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние»	13 проб 22 пробы
2014-2016 гг.	Март 2014	Биогеохимические критерии состояния экосистемы Онежского озера и ее устойчивости к антропогенному воздействию	1 проба
	Март 2015 г. Март 2016 г. Июнь 2016 г. Октябрь 2016 г	Российско-Швейцарского многодисциплинарного проекта «Lake Ladoga: life under ice interplay of under-ice processes by global change»;	16 проб 24 пробы 7 проб 6 проб
2016 г.	Июль	Эволюция озерно-речных систем Севера России. Палеолимнологические и экологические закономерности функционирования водных экосистем.	13 проб
Итого:			126 проб
База данных 1989-2015 гг.		Сярки, Куликова, 2012; Сярки и др., 2015	100

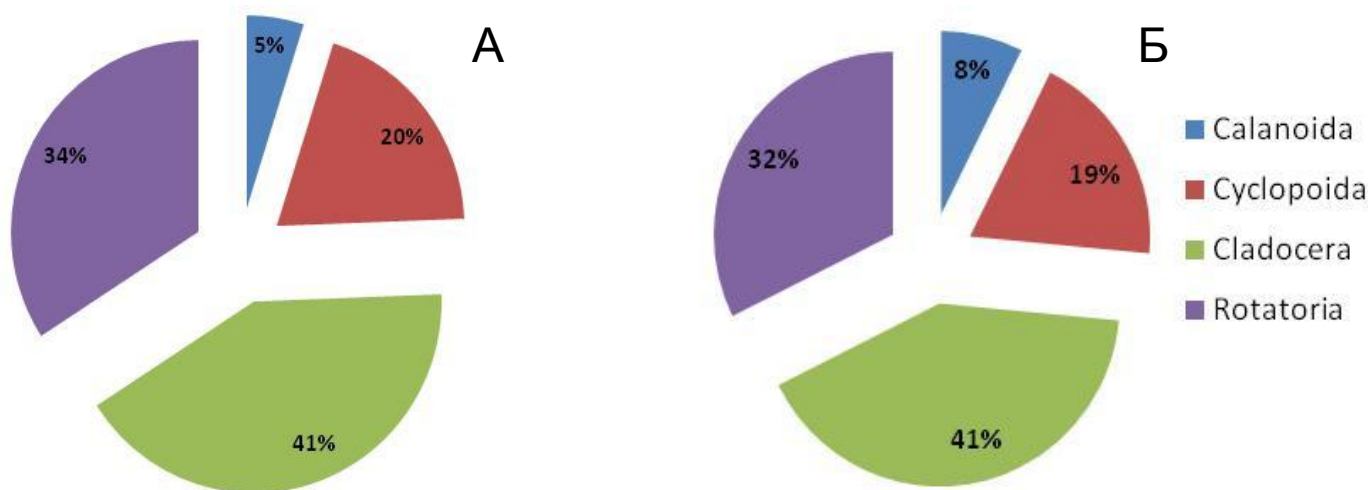
Методы

- Отбор и обработка проб осуществлялась по стандартной методике (Методические рекомендации... ,1984).
- Идентификация зоопланктона осуществлялась по «Определителю зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1» (2010).
- При вычислении биомассы зоопланктона использовались размеры и индивидуальные веса, рассчитанные для Онежского озера (Куликова, Сярки, 1994).
- Суточная продукция рассчитывалась физиологическим методом (Методические рекомендации...,1984).
- Определение формы траектории сезонного изменения величин с помощью модифицированного метода скользящих средних(Сярки, 2013).



Результаты исследований Современное состояние

За период исследования в Петрозаводской губе было обнаружено 82 таксона зоопланктона рангом до рода и ниже (Calanoida – 4; Cyclopoida – 16; Cladocera – 34; Rotatoria – 28), в центральной части озера было обнаружено 68 таксонов зоопланктона рангом до рода и ниже (Calanoida – 5; Cyclopoida – 13; Cladocera – 28; Rotatoria – 28).



Основные группы зоопланктона (%) в видовом составе в (А) Петрозаводской губы и (Б) центральной части озера

Доминирующий комплекс ПГ

Limnocalanus macrurus Sars, 1863

Eudiaptomus gracilis (Sars, 1863)

Mesocyclops leuckarti (Claus, 1857)

Thermocyclops oithonoides (Sars, 1863)

Daphnia cristata Sars, 1862

Daphnia longispina Müller, 1785

Bosmina longispina Leydig, 1860

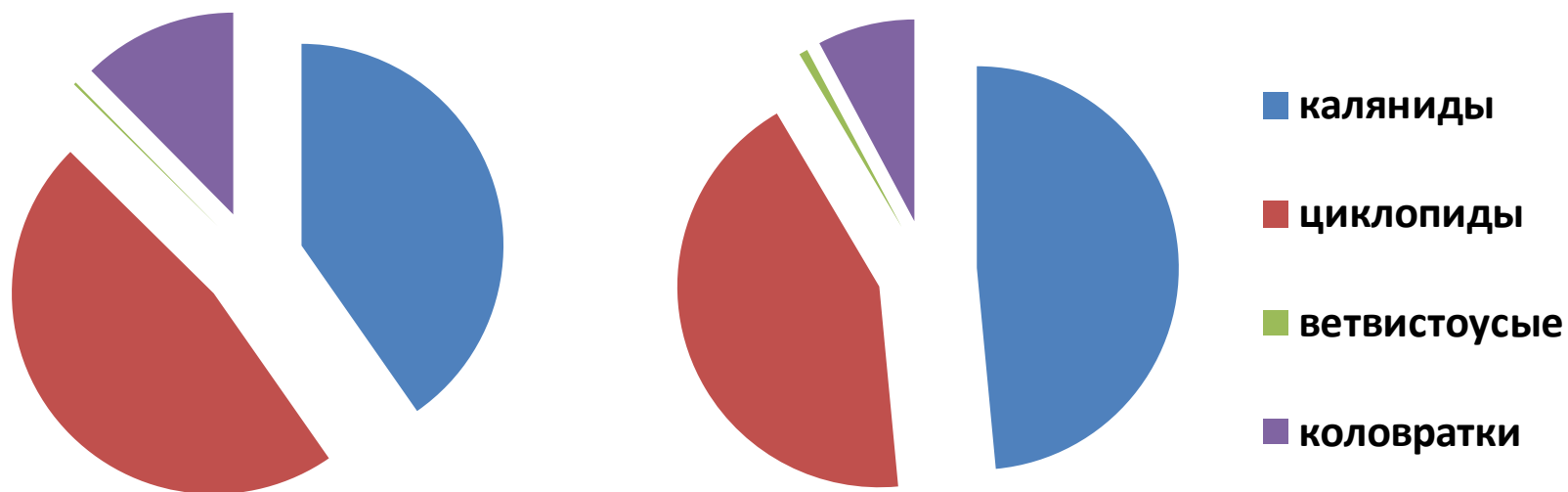
Asplanchna priodonta Gosse, 1850

Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)

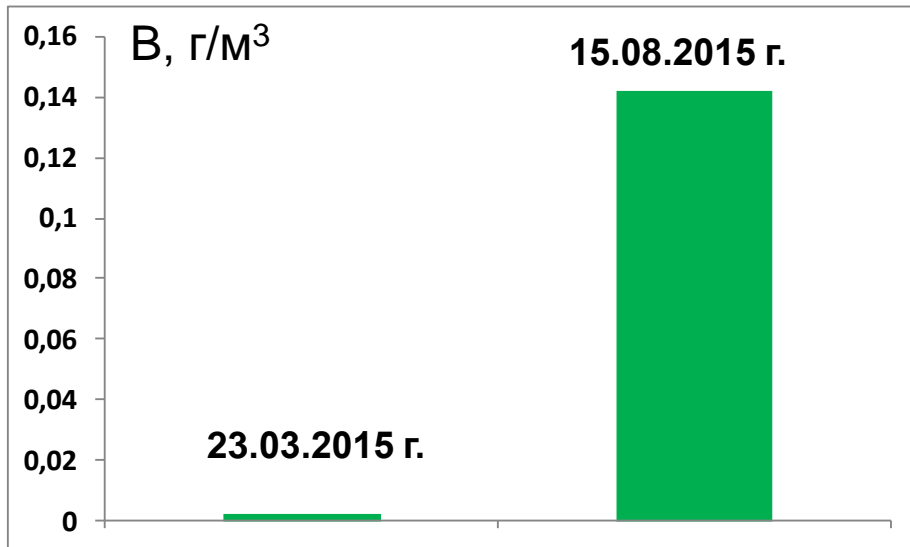
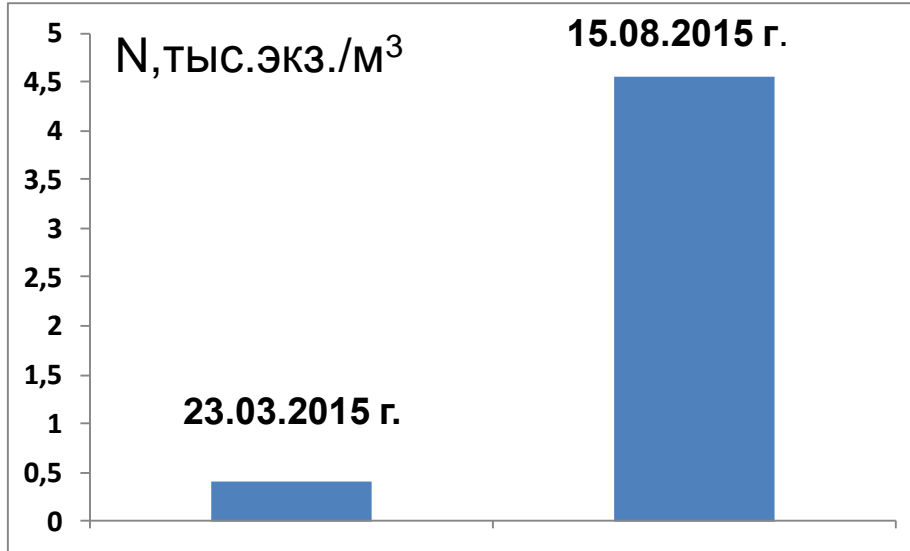
Bosmina longispina Leydig, 1860



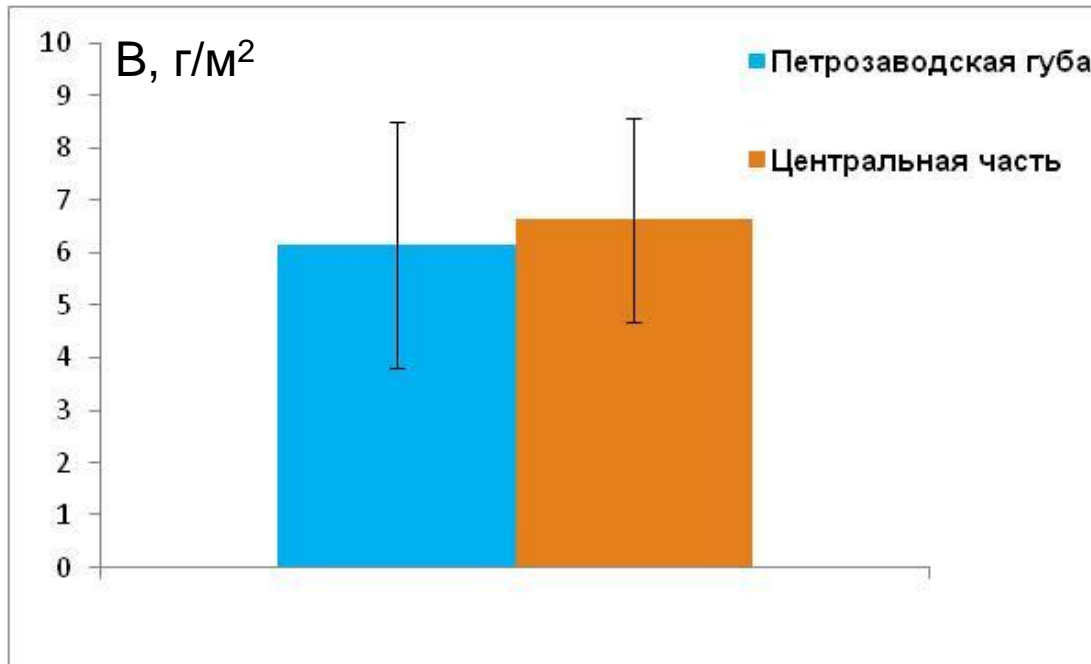
Численность (%) основных групп зоопланктона ПГ в марте 2015 и 2016 гг.



Численность и биомасса зоопланктона ПГ зимой и летом 2015 г.



Количество зоопланктона в Петрозаводской губе и Центральной части озера в 2000х гг.

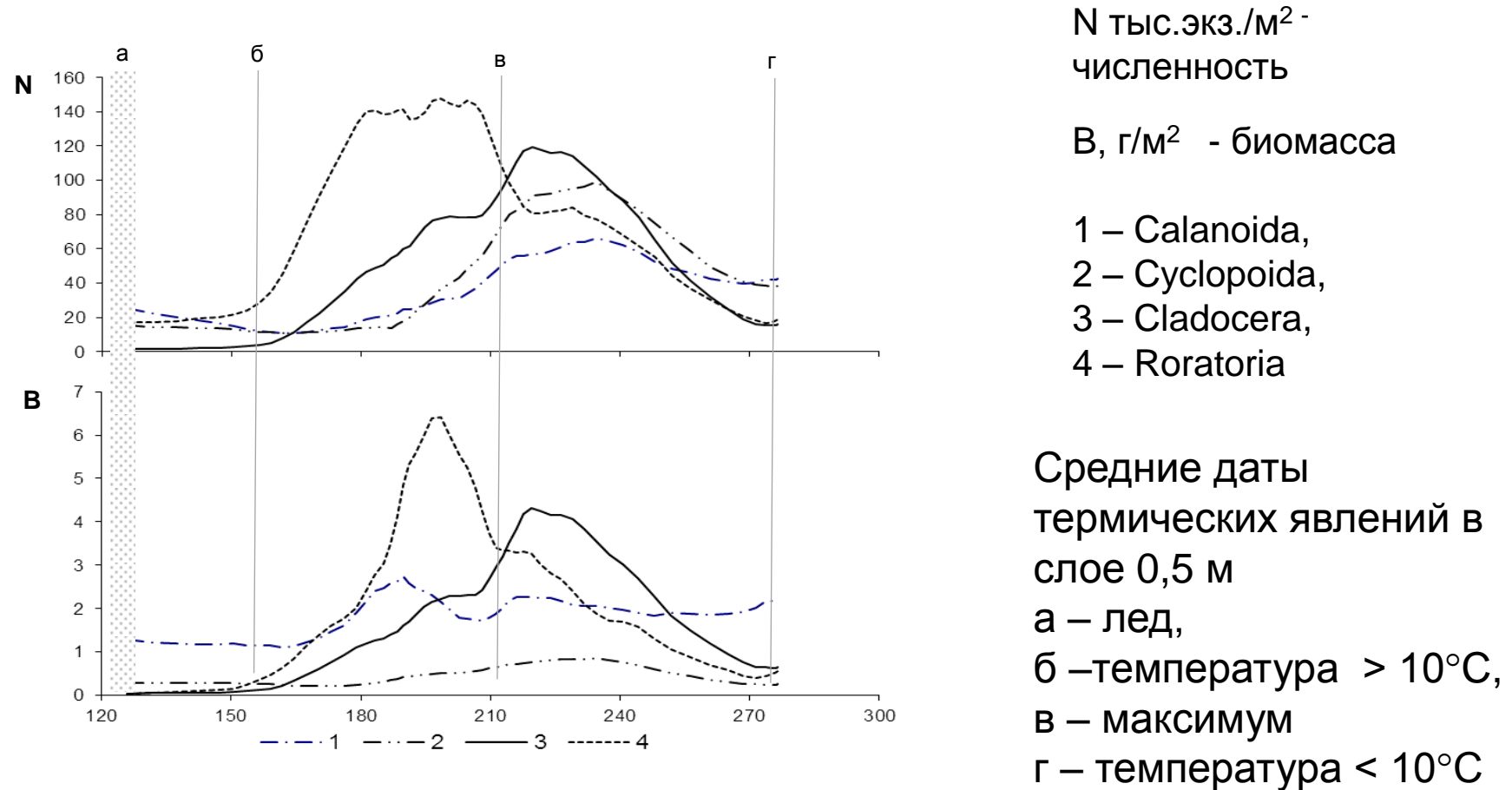


Среднемноголетняя биомасса за август месяц

Функциональные показатели (кал·м⁻²·сутки⁻¹)

	B	R	P	P/B	C
2011-2015 гг.	Min 2900 Max 6900	Min 180 Max 690	Min 50 Max 210	Min 23 Max 63	Min 350 Max 1400
	сред. 4600	сред. 480	сред. 150	сред. 65	сред. 1000
1989-1993 гг.	Min 2900 Max 3300	Min 200 Max 580	Min 116 Max 160	Min 25 Max 90	Min 430 Max 1200
(Куликова и др., 1997)	сред. 3100	сред. 390	сред. 140	сред. 60	сред. 800

Сезонная динамика зоопланктона Петрозаводской губы (скользящие средние)



- С помощью сглаживания временных рядов были получены среднемноголетние траектории изменения численности и биомассы зоопланктона и его основных групп.

Сезонные состояния

Дискриминантный анализ

Проверка реальности сезонных состояний методом дискриминантного анализа.

Матрица 9 переменных (численность и биомасса 4-х основных групп зоопланктона) и группирующей переменной.

Строк 60.

в столбе воды: веслоногие (каланоиды и циклопоиды), ветвистоусые, коловратки (всего 8 переменных)

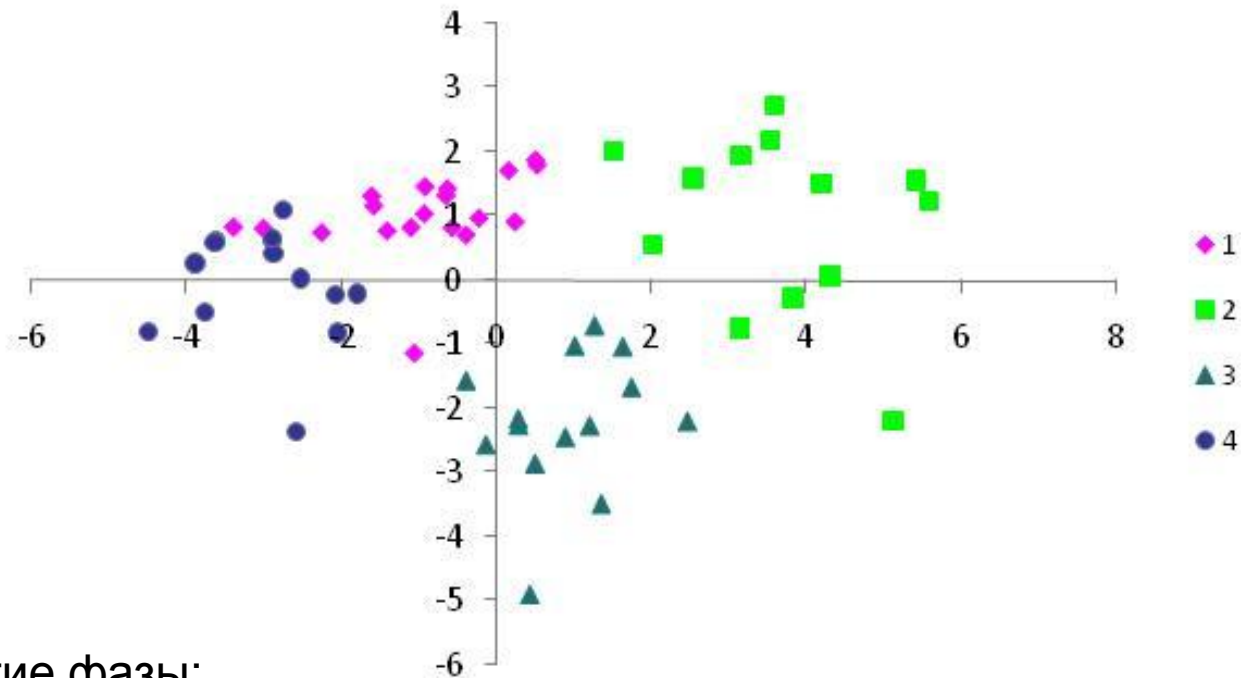
Группирующая переменная – фенофаза или сезонный период: весенний, ранне-летний, поздне-летний и осенний.

Классификационная матрица

	Процент правильных оценок	1	2	3	4
1	89,5	17	0	0	2
2	100	0	13	0	0
3	100	0	0	14	0
4	92,9	1	0	0	13
Всего	95,0	18	13	14	15

В рядах наблюдаемые оценки, В столбцах – предсказанные
Летние группы разделены на 100% правильно.

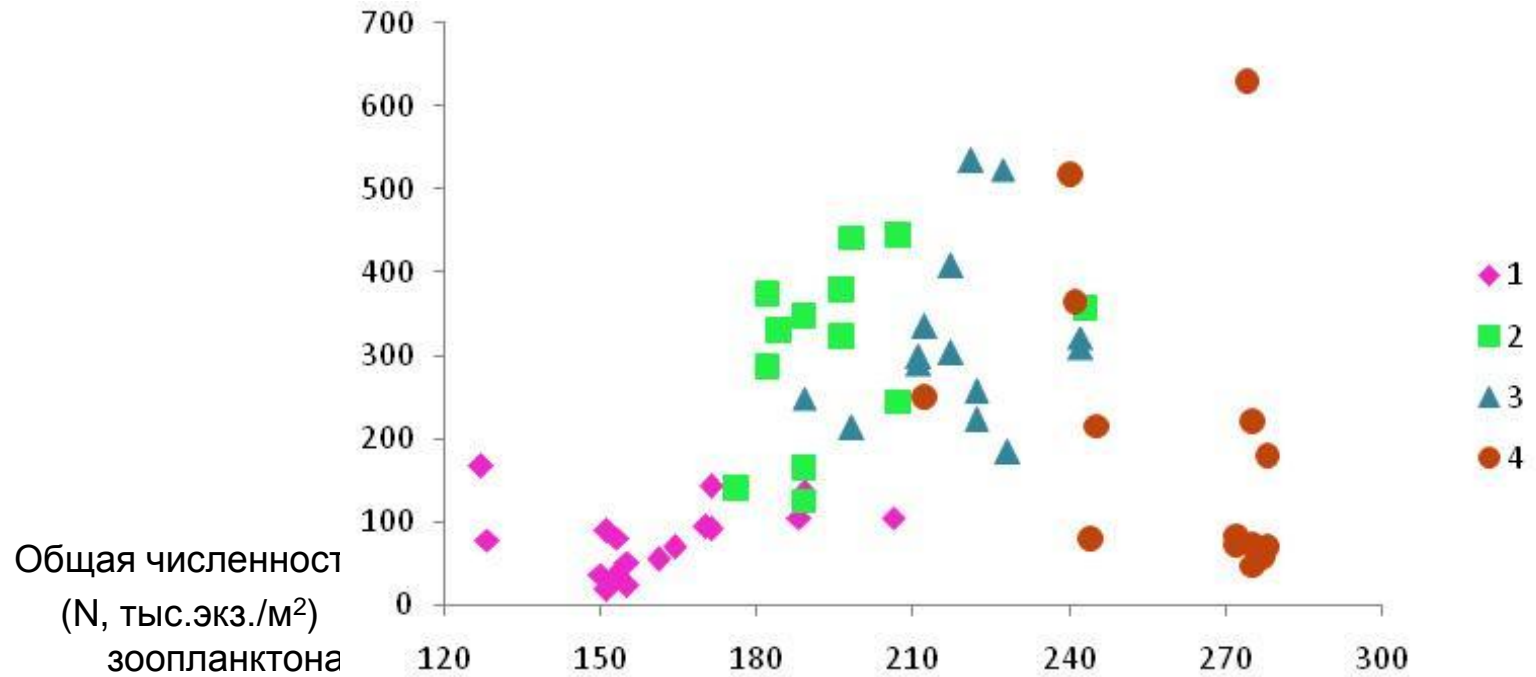
Распределение данных в осях двух главных компонент



Фенологические фазы:

- 1 – весений,
- 2 – раннее-летний,
- 3 – позднее-летний,
- 4 – осенний

Фенофазы вегетационного периода



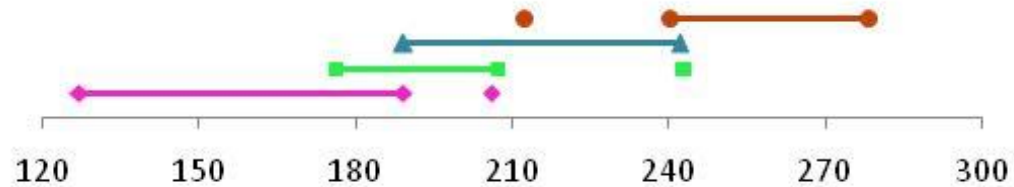
Сезонный период:

1 – весений

2 – раннее-летний

3 – поздне-летний

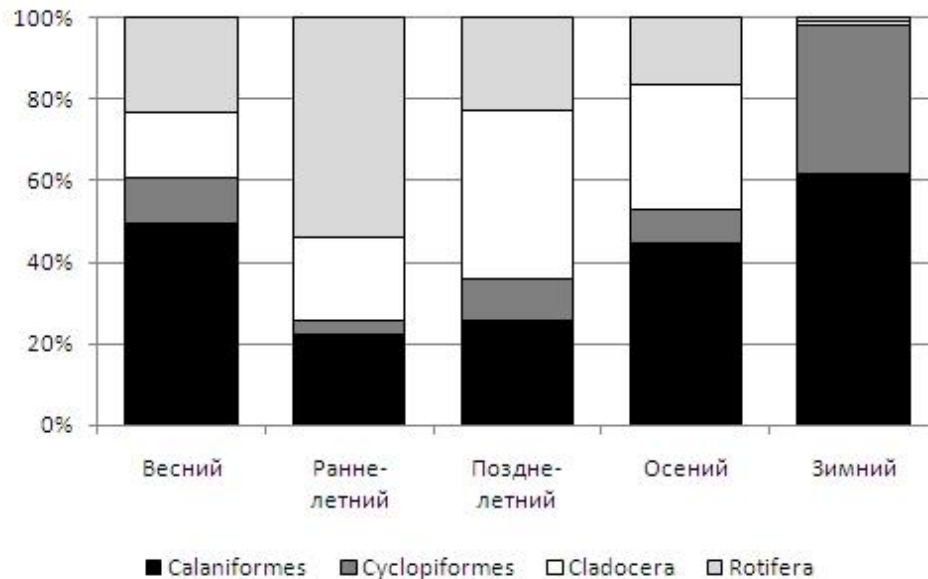
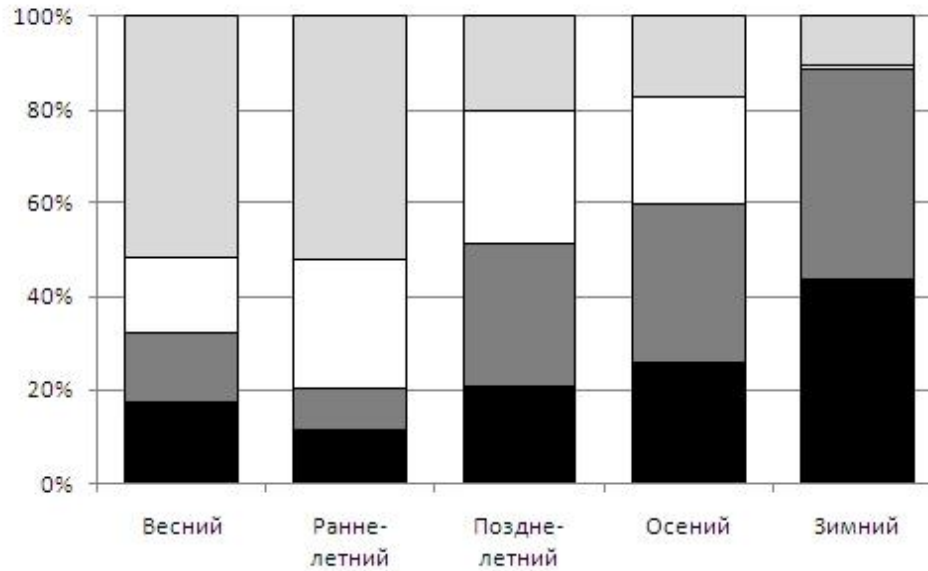
4 - осенний



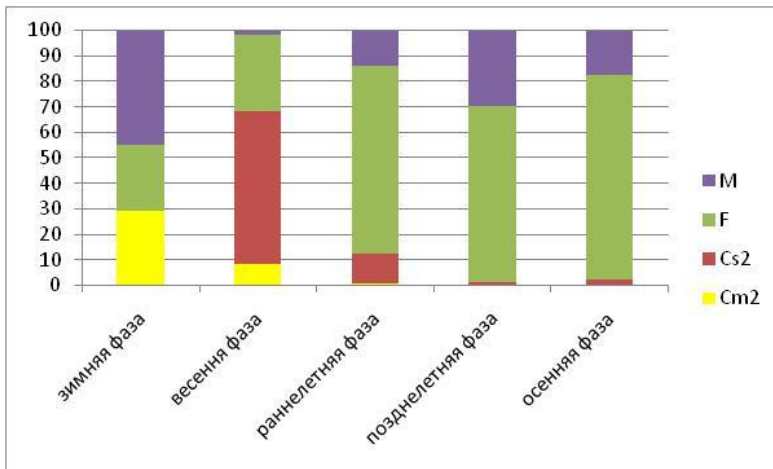
Основные показатели зоопланктона ПГ по фенофазам

Сезон	Количество постоянных видов (ракообразные/коловратки)	Численность, тыс. экз./м³	Биомасса, г/м³
Зимний	3/2	0,2-0,5	0,01-0,02
Весенний	9/5	1,0-6,0	0,02-0,20
Раннелетний	12/8	5,0-18,0	0,10-0,80
Позднелетний	14/4	15,0-20,0	0,50-1,00
Осенний	10/3	2,0-15,0	0,05-0,50

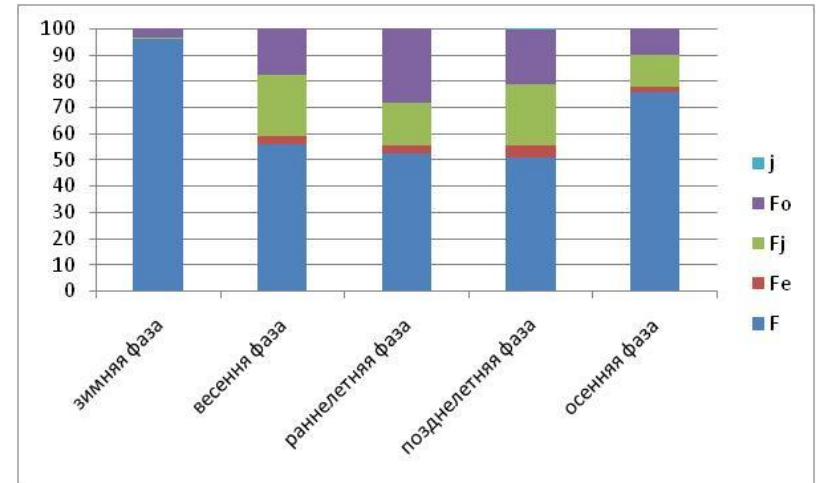
Соотношение основных таксономических групп зоопланктона ПГ по численности (А) и по биомассе (Б) по фенофазам



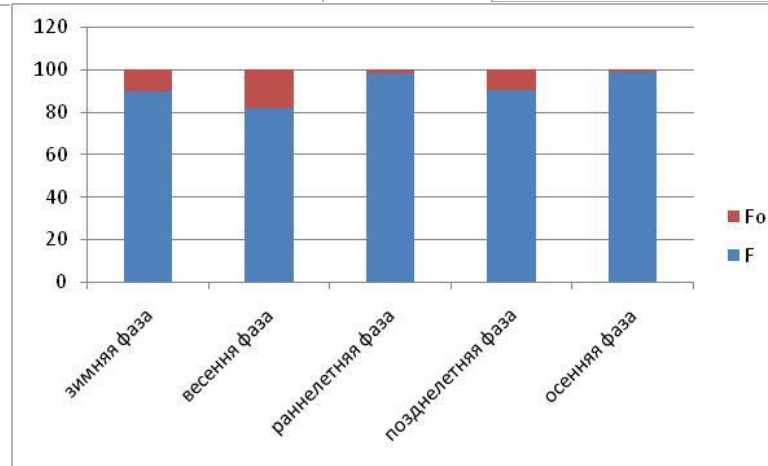
Сезонная динамика структурных показателей популяций видов-доминантов в зоопланктоне ПГ



Limnocalanus macrurus

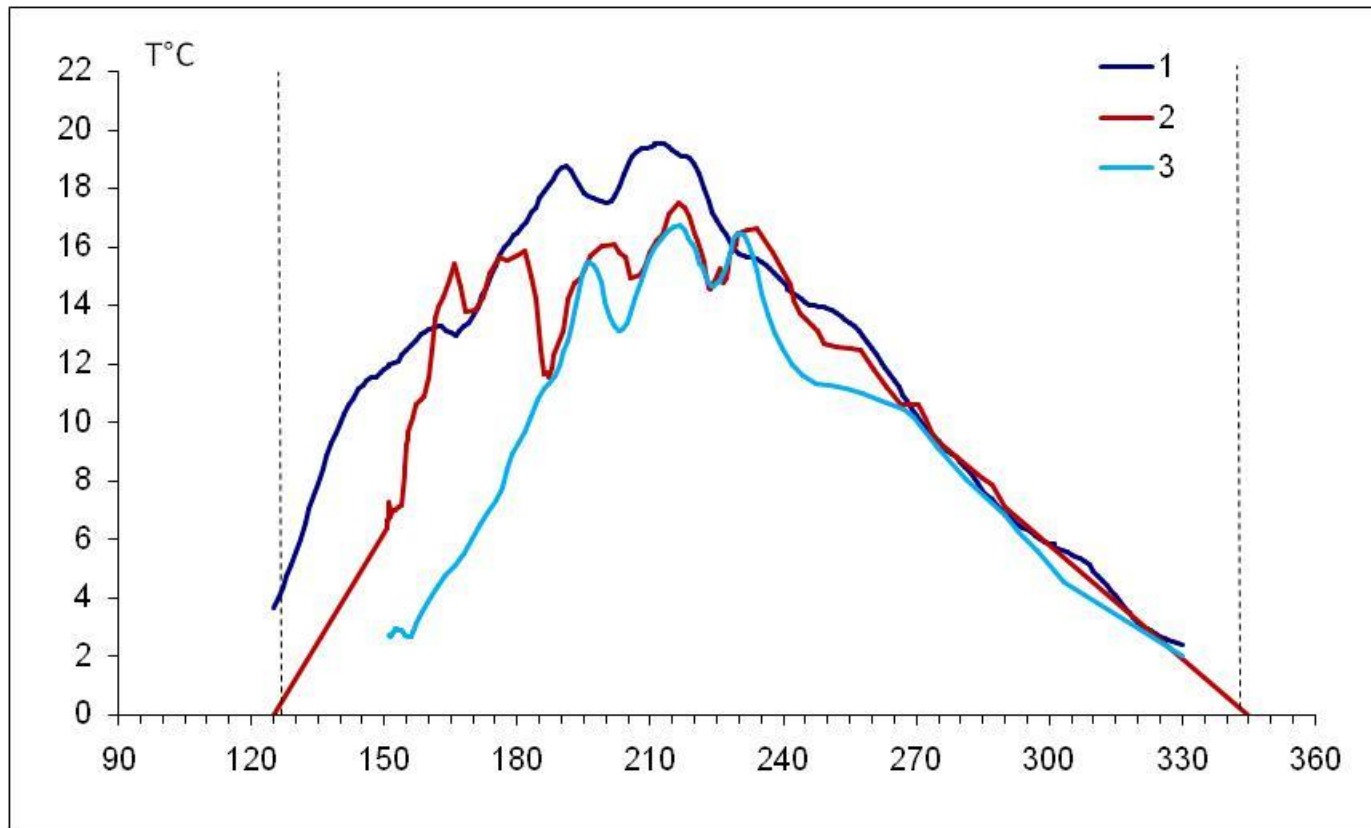


Daphnia cristata



Kellicottia longispina

Среднемноголетние изменения температуры слоя воды 0,5 м (скользящие средние)



1 - прибрежная зона ПГ
2 - центральная часть ПГ
3 - центральный район озера

Пунктирными линиями обозначены среднемноголетние даты вскрытия льда и замерзания ПГ

Длительность сезонных периодов для зоопланктона Петрозаводской губы (А) и центральной части озера (Б)

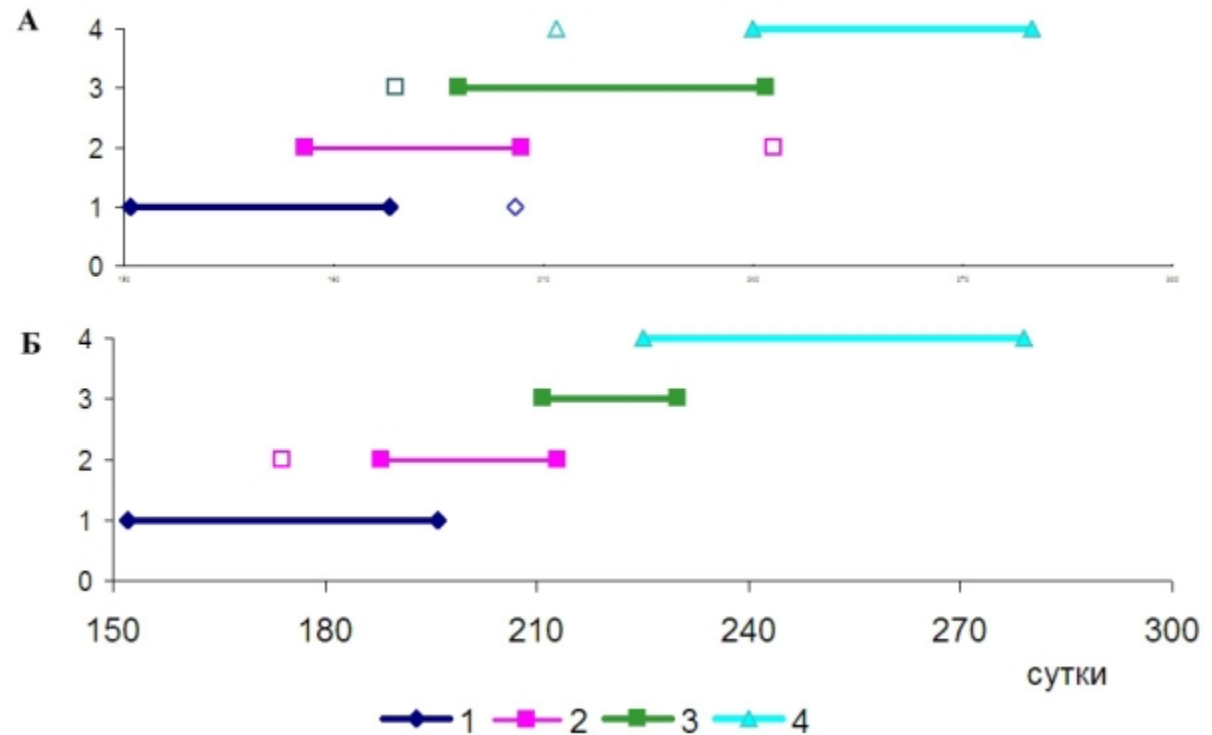
Сезонный период:

1 – весений,

2 – раннее-летний,

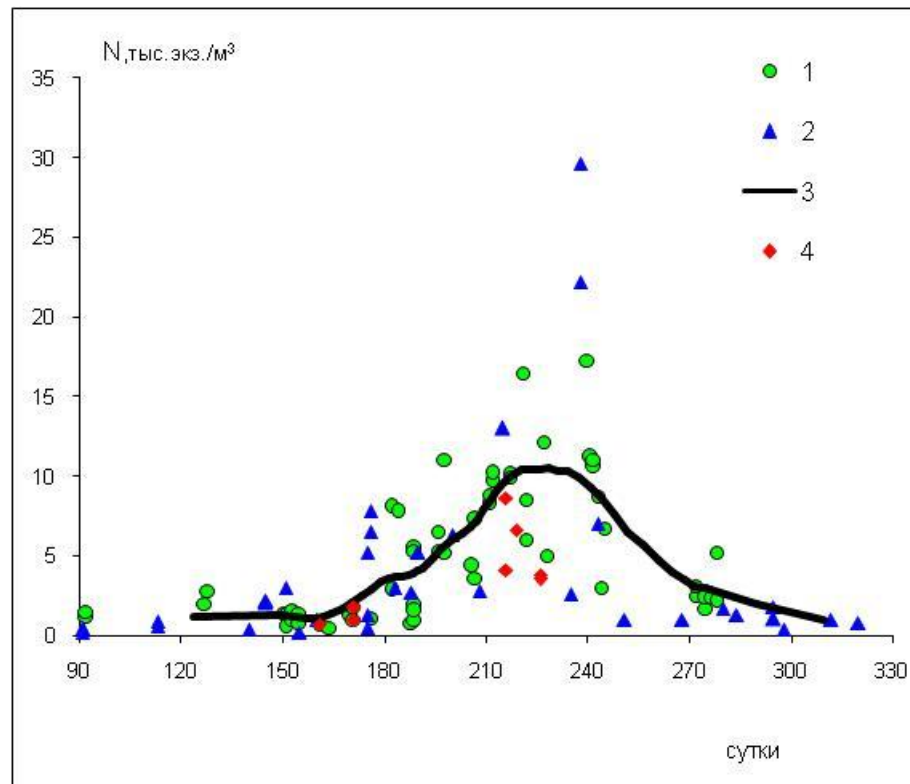
3 – поздне-летний,

4 - осенний



- С помощью методов многомерной статистики, дискриминантного анализа, были выделены фенологические фазы для зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера

Численность рачкового зоопланктона в различные периоды



1 – 1988-2001гг.

2 – до 1980 г.

3 - среднемноголетняя траектория, скользящие средние по данным 1980-1990 гг.

4 – 2007-2016 гг.

Выводы

1. Впервые для Петрозаводской губы Онежского озера на основе статистического анализа структурных характеристик зоопланктона определены сроки, продолжительность 5 фенофаз (весенняя, раннелетняя, позднелетняя, осенняя и зимняя) и показана возможность их использования в биомониторинге Онежского озера.
2. За период исследования в пелагиале Петрозаводской губе обнаружено 82 таксона зоопланктона рангом до рода и ниже (Calanoida – 4; Cyclopoida – 16; Cladocera – 34; Rotatoria – 28). В центральной части озера обнаружено 68 таксонов зоопланктона рангом до рода и ниже (Calanoida – 5; Cyclopoida – 13; Cladocera – 28; Rotatoria – 28). По видовому составу зоопланктон Петрозаводской губы и центральной части озера сходен и не изменился за последние 30 лет.
3. Руководящий комплекс организмов зоопланктона характеризуется типичными для северных водоемов представителями фауны: *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863; *Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1863); *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857); *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863); *Daphnia cristata* Sars, 1862; *Daphnia longispina* Müller, 1785; *Bosmina longispina* Leydig, 1860; *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850; *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879); *Bosmina longispina* Leydig, 1860. Сезонную динамику доминирующих видов зоопланктона в Петрозаводской губе определяют температура и гидродинамический фактор.

Выводы

4. В настоящее время (2011-2015 гг.) показатели общей численности (0,3-1 тыс. экз./м³ зимой и до 30 тыс. экз./м³ в позднелетнюю фазу) и биомассы зоопланктона (0,003-0,04 г/м³ зимой и до 1 г/м³ в позднелетнюю фазу) свидетельствуют об олиготрофном статусе Петрозаводской губы Онежского озера, что указывает на процессы реолиготрофизации залива.
5. Продукция зоопланктонного сообщества в позднелетнюю фазу (50-210 кал·м⁻²·сутки⁻¹) характеризуется невысокими показателями, что связано с низкой температурой и высокой динамической активностью вод в заливе.
6. Разработаны практические рекомендации для биомониторинга Петрозаводской губы Онежского озера. С учетом особенностей сезонных состояний планктона предложены сроки отбора проб, а также наиболее информативные индексы для оценки трофического статуса залива и реакции водной экосистемы на изменения температурного режима.

Список публикаций

1. Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Особенности сезонных явлений в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // Принципы экологии. 2014. Т. 3. №3. С. 36–43. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3682. (список ВАК)
2. Сярки М.Т., Фомина Ю.Ю. Сезонные изменения в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // Труды КарНЦ РАН. No 1. Сер. Экологические исследования. 2015. С. 63-68. DOI: 10.17076/есо37 (список ВАК)
3. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Влияние природных и антропогенных факторов на зоопланктон Онежского озера / Рыбохозяйственные водоемы России: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию ГосНИОРХ / Отв. ред. А.А. Дерман – СПб.: Изд-во ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2014. С.1125-1131.
4. Фомина Ю.Ю. Современное состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера и его сезонная динамика / Проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса на современном этапе: тез. докл. I междунар. конф. молодых ученых (г. Мурманск): Изд-во ПИНРО, 2014. С.163-164.
5. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Фенология зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера / Моря, озера и трансграничные водосборы России, Финляндии и Эстонии. Лекции научных сотрудников, преподавателей и молодых ученых для вузов (по докладам Международной молодежной школы-конференции). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. С. 109-114
6. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Зоопланктон Онежского озера, биоразнообразие и продуктивность / Биоразнообразие наземных и водных животных. Зооресурсы: III Всероссийская научная Интернет-конференция с международным участием : материалы конф. (Казань, 24 февраля 2015 г.) / Сервис виртуальных конференций Рах Grid ; сост. Синяев Д. Н. - Казань : ИП Синяев Д. Н. , 2015. С. 71-74.
7. Фомина Ю.Ю. Учет сезонных изменений зоопланктона при оценке состояния экосистемы Петрозаводской губы Онежского озера / Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий. Материалы 5-й международной конференции, посвященной памяти выдающегося гидробиолога Г.Г. Винберга (12-17 октября 2015 г., г. Санкт-Петербург). - СПб.: Издательство «ЛЕМА», 2015. С. 75-76.

Список публикаций

8. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Состояние зоопланктона Онежского озера Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования // Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием посвященной 70-летию КарНЦ РАН, Петрозаводск, 24–27 мая 2016 г. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С.338-341. URL: <http://elibrary.krc.karelia.ru/446/>
9. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера в зимний период // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика), Том 2. 2016. С. 124-129.
URL: http://resources.krc.karelia.ru/krc/doc/publ/vodnye_resursy_2tom.pdf#page=125
10. Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. Летний зоопланктон Онежского озера // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы V Междунар. науч. конф., 12-17 сент. 2016 г., Минск-Нарочь / сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2016. С. 262-263.
11. Сярки М.Т., Фомина Ю.Ю. Фенология зоопланктона Онежского озера // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы V Междунар. науч. конф., 12-17 сент. 2016 г., Минск-Нарочь / сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2016. С. 258-260.
12. Фомина Ю. Ю., Сярки М. Т. Определение динамических характеристик зоопланктона Онежского озера // Принципы экологии. 2016. № 4. С. 26–33. DOI: 10.15393/j1.art.2016.5223
13. Фомина Ю.Ю. Современное состояние зоопланктона пелагиали Онежского озера // Всероссийская конференция по крупным внутренним водоемам (V Ладожский симпозиум). Сборник научных трудов конференции. Спб.: Издательство «Лема», 2016. С.443-448.
14. Subetto D.A., Belkina N.A., Kalinkina N.M., Borodulina G.S., Sidorova A.I., Tarasov A.U., Potakhin M.S., Zobkov M.B., Filatov N.N., Bogdanova M.S., Baklagin V.N., Litvinenko A.V., Shelekhova T.S., Fomina U.U., Lavrova N.B. The project “Lake Onego and its watershed: geological history, anthropogenic transformation current state”, preliminary result // Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting. Helsinki, 2016. С. 439-441.

Апробация работы.

- 66-ая научная школа-конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ЗАДАЧИ МОЛОДЫХ» 16 - 17 апреля 2014 г., г. Петрозаводск.

Доклад: Значение сезонной цикличности зоопланктона в системе биомониторинга Онежского озера;

- Международная научная конференция, посвященная 100-летию ГОСНИОРХ «РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ВОДОЁМЫ РОССИИ: фундаментальные и прикладные исследования» 6- 9 октября 2014 г., г. Санкт-Петербург.

Доклад: Влияние природных и антропогенных факторов на зоопланктон Онежского озера;

- I международная конференция молодых ученых «Проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса на современном этапе» 22-24 октября 2014г., г. Мурманск.

Доклад: Современное состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера и его сезонная динамика;

- Международная молодежная школа-конференция «Моря, озера и трансграничные водосборы России, Финляндии и Эстонии» 11-13 ноября 2014 г., г. Петрозаводск.

Доклад: Фенология зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера;

- 11-13 июня 2015 г. I Школа-семинар для молодёжи на базе учебно-научной станции «Валаам».

Доклад: Зоопланктон Петрозаводской губы Онежского озера

- V международной конференции “Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий”, посвященная памяти Г.Г. Винберга, 12-17 октября 2015 г. в г. Санкт-Петербург.

Доклад : Учет сезонных изменений зоопланктона при оценке состояния экосистемы Петрозаводской губы Онежского озера

- Всероссийской научной конференции с международным участием «Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования», посвященной 70-летию КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, 24–27 мая 2016 г.

Доклад: Состояние зоопланктона Онежского озера

- V Международной конференции молодых ученых "Водные ресурсы: изучение и управление" (Лимнологическая школа-практика) "Water Resources: Research and Management", проходившей с 5 по 8 сентября 2016 г.

Доклад: Состояние зоопланктона Петрозаводской губы Онежского озера в зимний период

Доклад: Летний зоопланктон Онежского озера; Фенология зоопланктона Онежского озера

Спасибо за внимание!

