



Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра



Состояние глубоководного бентоса Онежского озера в условиях климатических изменений

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 22-17-00193
https://rscf.ru/prjcard_int?22-17-00193

Исакова Ксения Валерьевна
Калинкина Наталия Михайловна

VII конференция молодых ученых

«Водные ресурсы: изучение и управление»
(Всероссийская лимнологическая школа-практика)

4-8 сентября 2023 г.,
г. Петрозаводск

Глубоководный Бентос Онежского озера



Ракообразные
Amphipoda



Малощетинковые черви
Oligochaeta

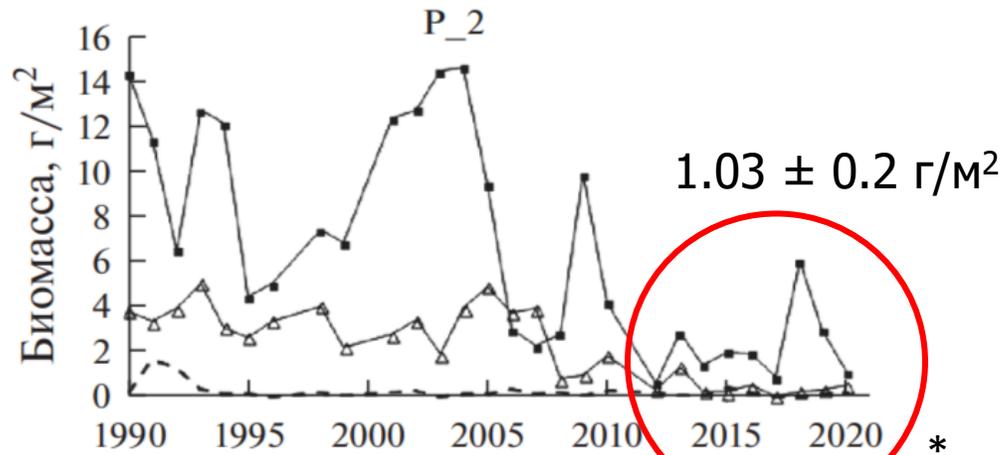


Личинки амфибиотических насекомых
Chironomidae



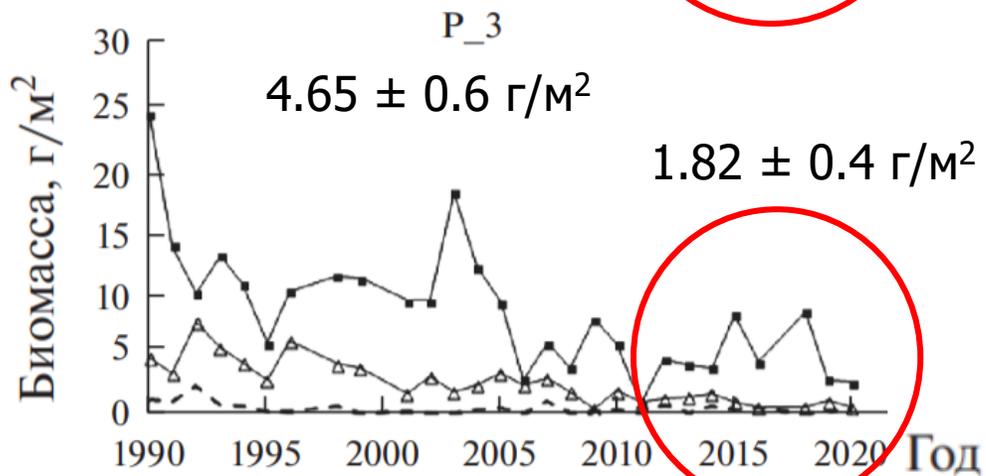
Состояние глубоководного бентоса Онежского озера

$4.19 \pm 0.6 \text{ г/м}^2$



Петрозаводская губа
Онежского озера

Снижение
средней биомассы:
Амфипод в 3 раза
Олигохет в 4 раза



- - - Chironomidae —■— Amphipoda —△— Oligochaeta

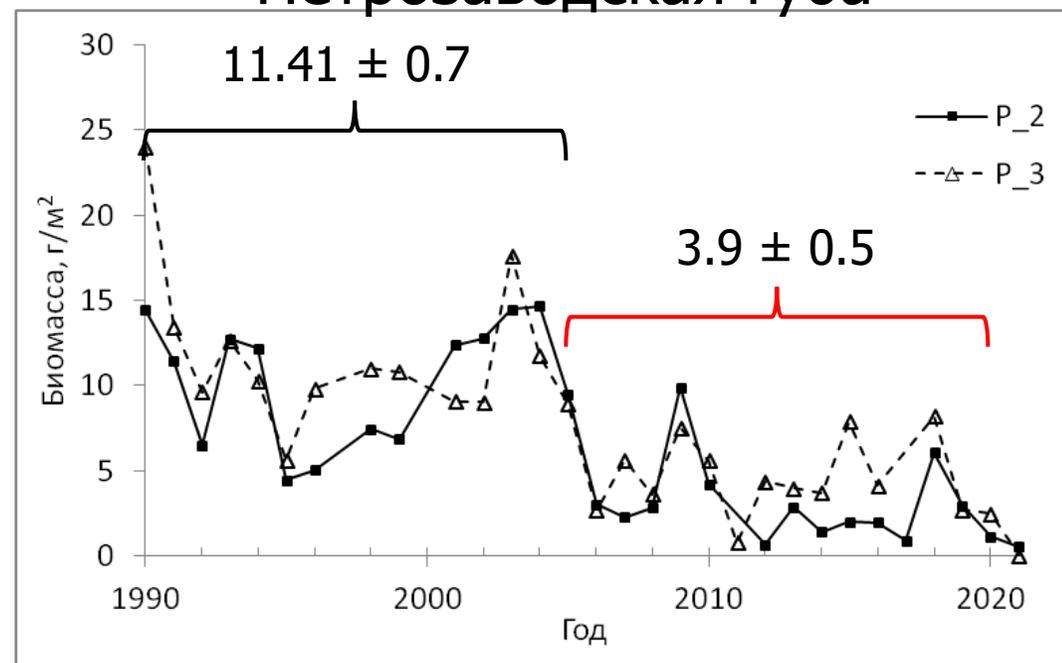
* Назарова Л. Е., Исакова К. В., Калинкина Н. М., Балаганский А. Ф. Влияние потепления климата на зимний сток реки Шуя и последствия для зообентоса Онежского озера // Известия Русского географического общества. 2022. Т. 154. № 1. С. 28–36.

Состояние амфиподы *Monoporeia affinis* Lindström, 1855



- Основной вклад (70–90 %) общей биомассы глубоководного бентоса
- Важнейший кормовой объект сигов

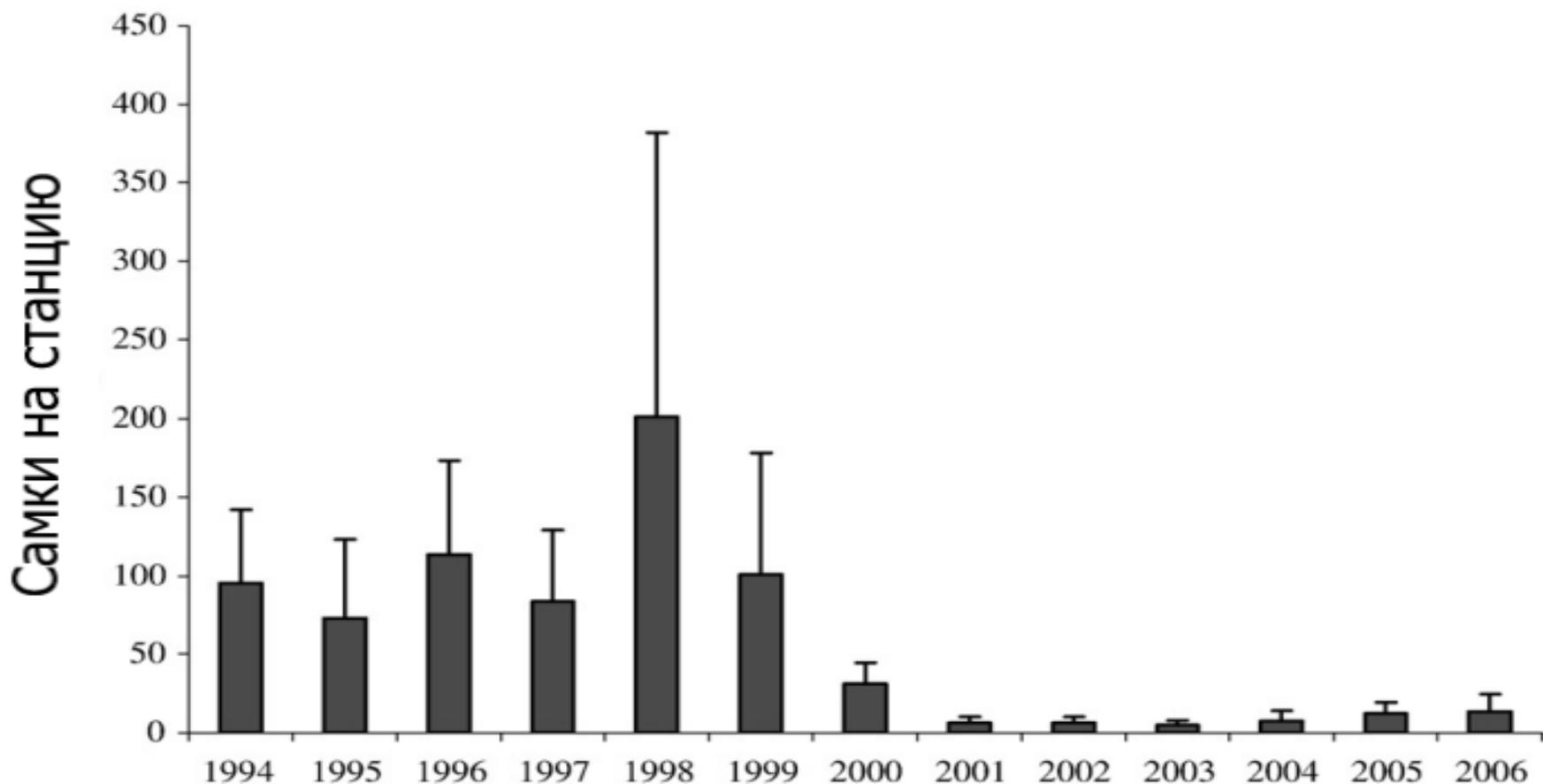
Изменение биомассы
Петрозаводская губа



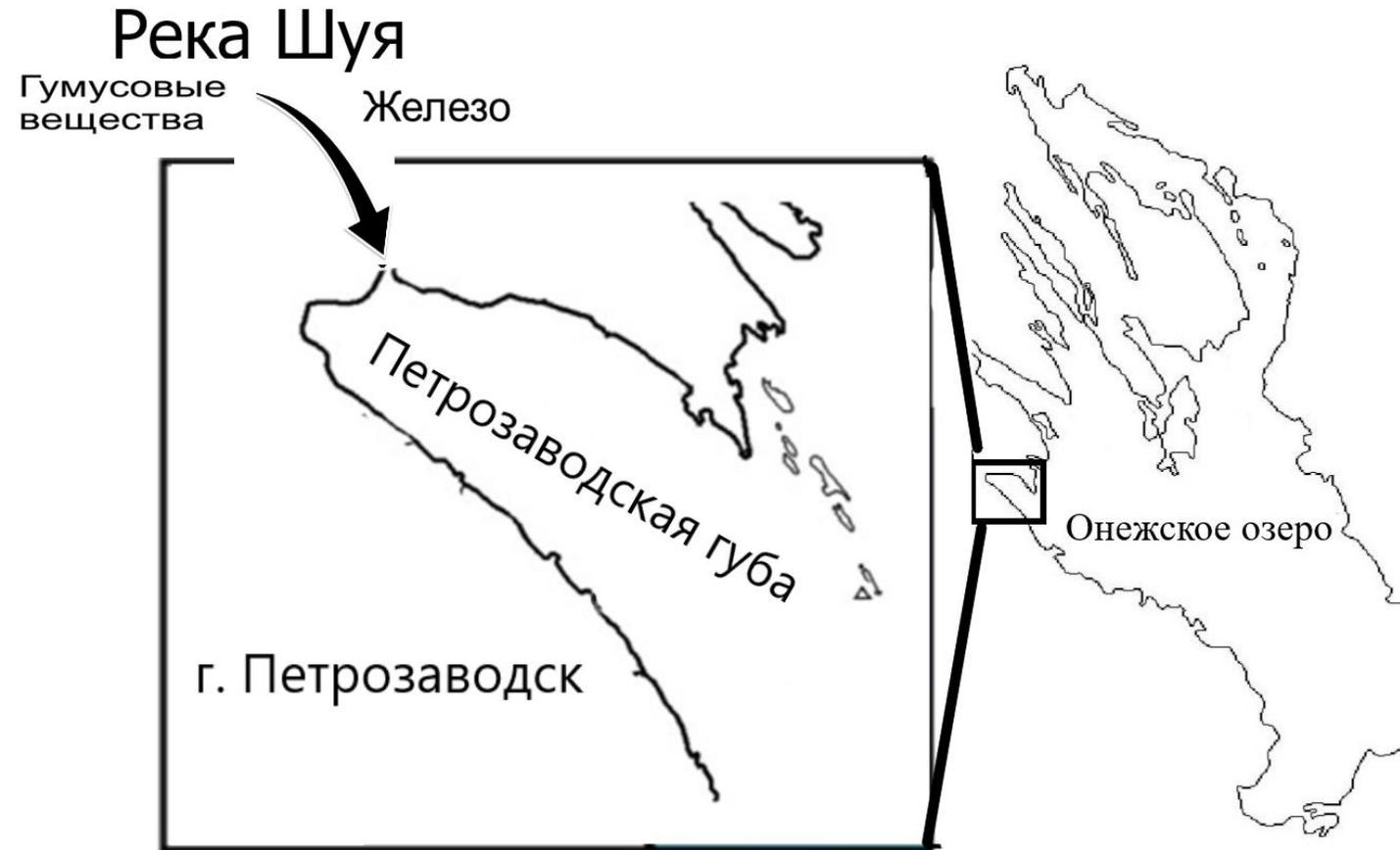
↓ в 7-10 раз*

*Диагноз состояния и долгосрочный прогноз изменений экосистем крупнейших озер-водохранилищ Севера ЕЧР (Онежского и Выгозера), входящих в систему Беломоро-Балтийского водного пути." (№ г.р.- 121021700117-3).

Снижение численности популяции реликтовых ракообразных в Ботническом заливе Балтийского моря в 2000-х годах



Влияние потепления климата



Возможные причины снижения показателей рачка

Monoporeia affinis:

1. Изменение питания - снижение количества фитопланктона, оседающего на дно.
2. Изменение температуры и концентрации кислорода на дне водоема
3. Токсическое воздействие из-за поступления и накопления аллохтонных веществ в придонных слоях воды

* Назарова Л. Е., Исакова К. В., Калинкина Н. М., Балаганский А. Ф. Влияние потепления климата на зимний сток реки Шуя и последствия для зообентоса Онежского озера // Известия Русского географического общества. 2022. Т. 154. № 1. С. 28–36.

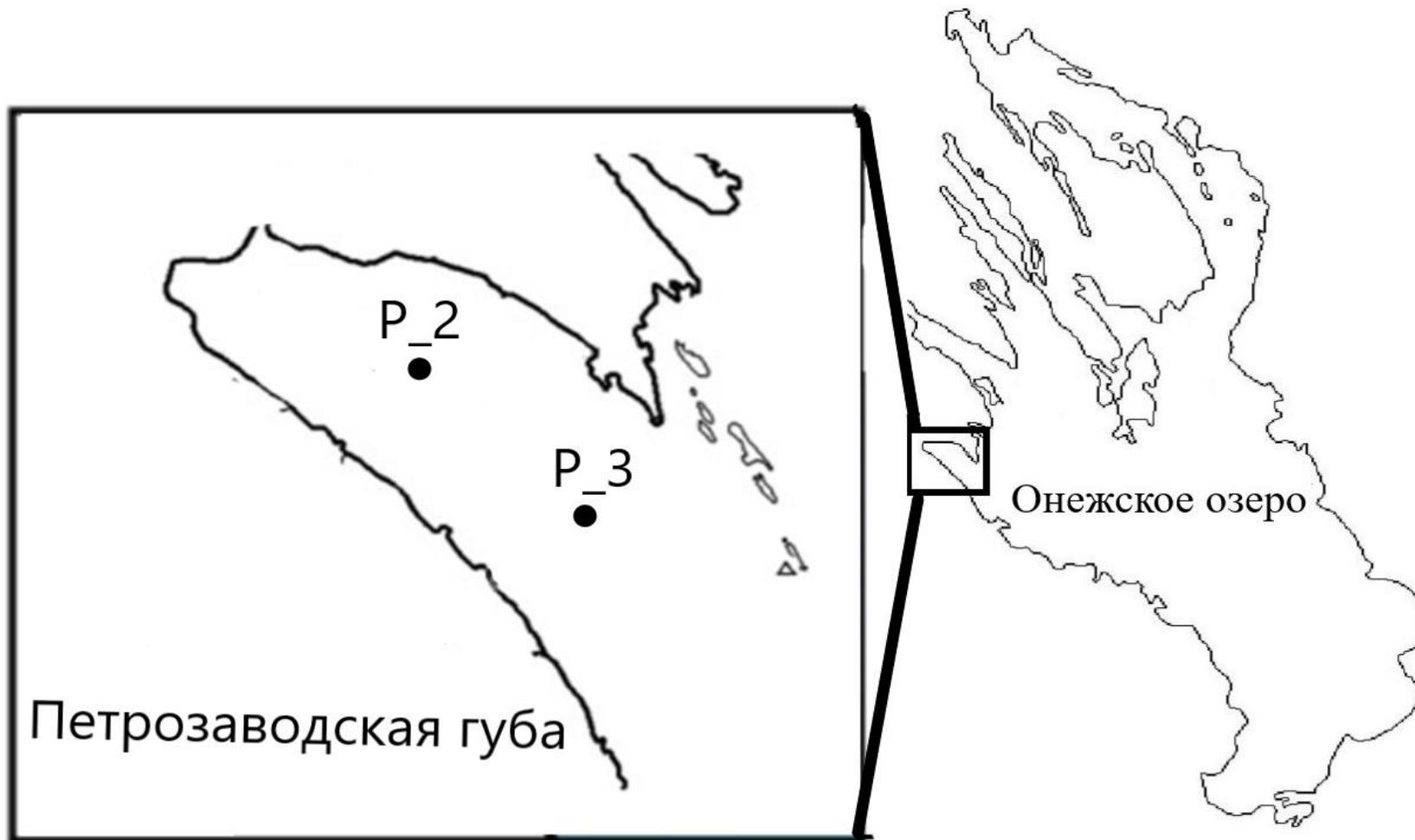
Цель:

Изучить возможные причины снижения биомассы глубоководных реликтовых ракообразных *M. affinis* в Петрозаводской губе Онежского озера.

Задачи:

1. Изучить динамику температуры в придонных слоях воды,
2. Изучить динамику кормовых условий (содержание в воде фитопланктона и хлорофилла *a*),
3. Рассмотреть динамику химического состава воды по литературным данным.

Район исследования и исследуемые показатели



Исследуемые данные

- Температурные условия и показатели фитопланктона из зарегистрированных баз данных.*
- Химический состав воды по литературным данным.

*Калинкина Н.М., Теканова Е.В., Сярки М.Т., Георгиев А.П., Исакова К.В., Толстиков А.В., Здоровеннов Р.Э. и Смирнова В.С. Лимнологические показатели состояния Онежского озера и Выгозерского водохранилища: температура воды, концентрация хлорофилла а, продукция фитопланктона. Свидетельство о регистрации базы данных 2023621189, 12.04.2023. Заявка № 2023620710, от 20.03.2023.

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. 13.02.2015.

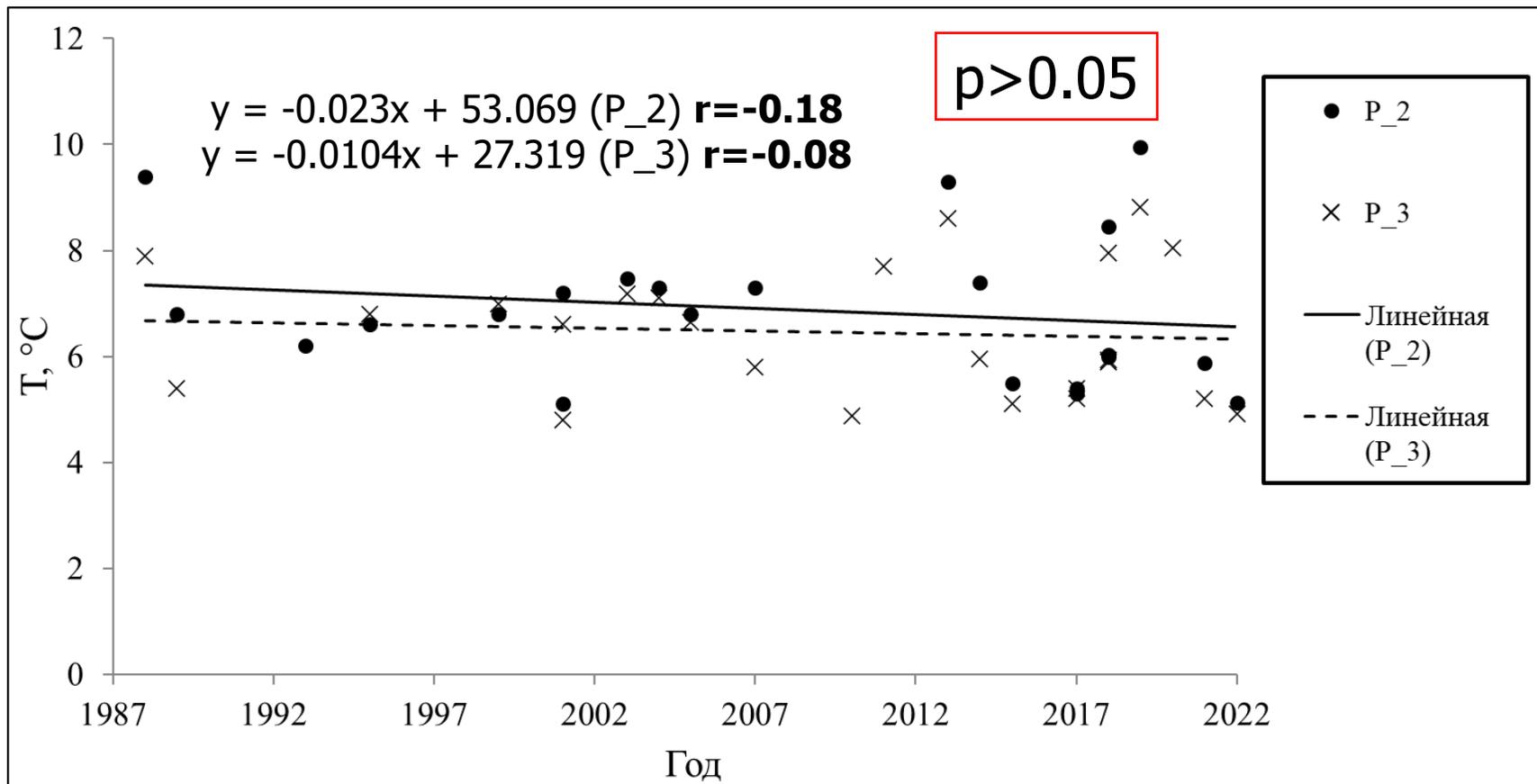
Влияние температуры на дне?

Оптимальные условия среды обитания ледникового реликтового рачка *Monoporeia affinis* это **низкие значения температуры воды***



*Сушня Л.М. Семенченко В.П. и Вежновец В.В. 1986. Биология и производство реликтовых ледниковых ракообразных. Наука и техника, Минск, 160 с.

Динамика температуры в придонных слоях воды в летнее время 1988-2022 гг.



Среднее значение температуры на станции:

$$P_2 - 6.88 \pm 0.3$$

$$P_3 - 6.45 \pm 0.3$$

Изменение кормовой базы?

Основной источник пищи – диатомовый фитопланктон



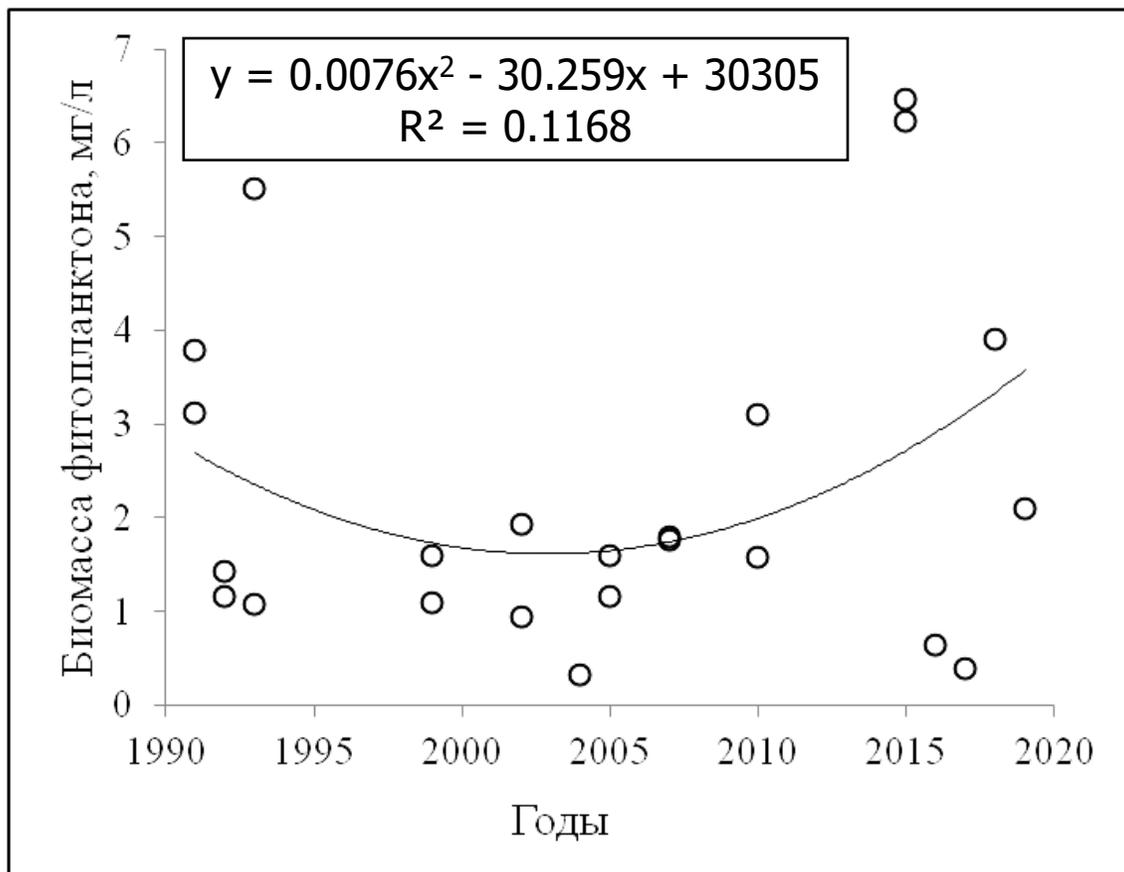
Источник незаменимых жирных кислот, необходимых для формирования гонад и успешного размножения животных



Aulacoseira islandica (O. Müller) Simonsen, 1979

Фотография Смирновой В.С.

Динамика биомассы фитопланктона в весеннее время 1991–2019 гг. в фотическом слое воды Петрозаводская губа



Медиана:

$p > 0.05$

за 1991-2004 гг. **1.43 ± 0.93 мг/л**

за 2005–2019 гг. **1.77 ± 0.56 мг/л**

Хлорофилл *a*

По классификации С.П. Китаева*

Петрозаводская губа имеет
 α -мезотрофный трофический статус
в весенний период

Причины снижения биомассы глубоководных реликтовых ракообразных *M. affinis* в Петрозаводской губе Онежского озера

Температурные условия – нет изменений

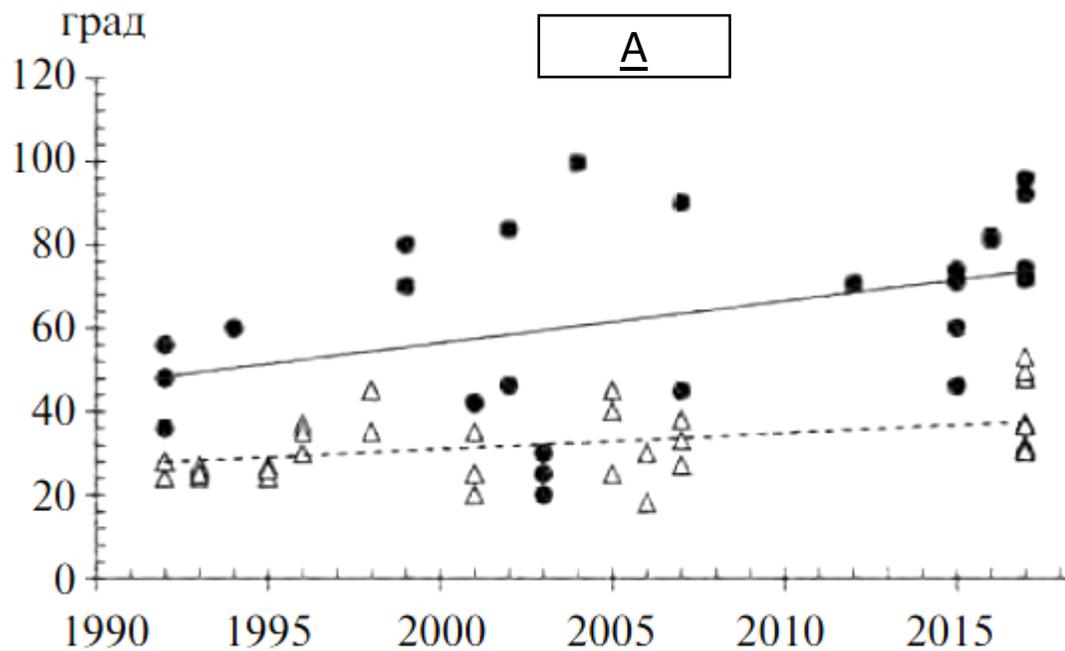
Кормовые условия – нет изменений

Изменение химического состава воды

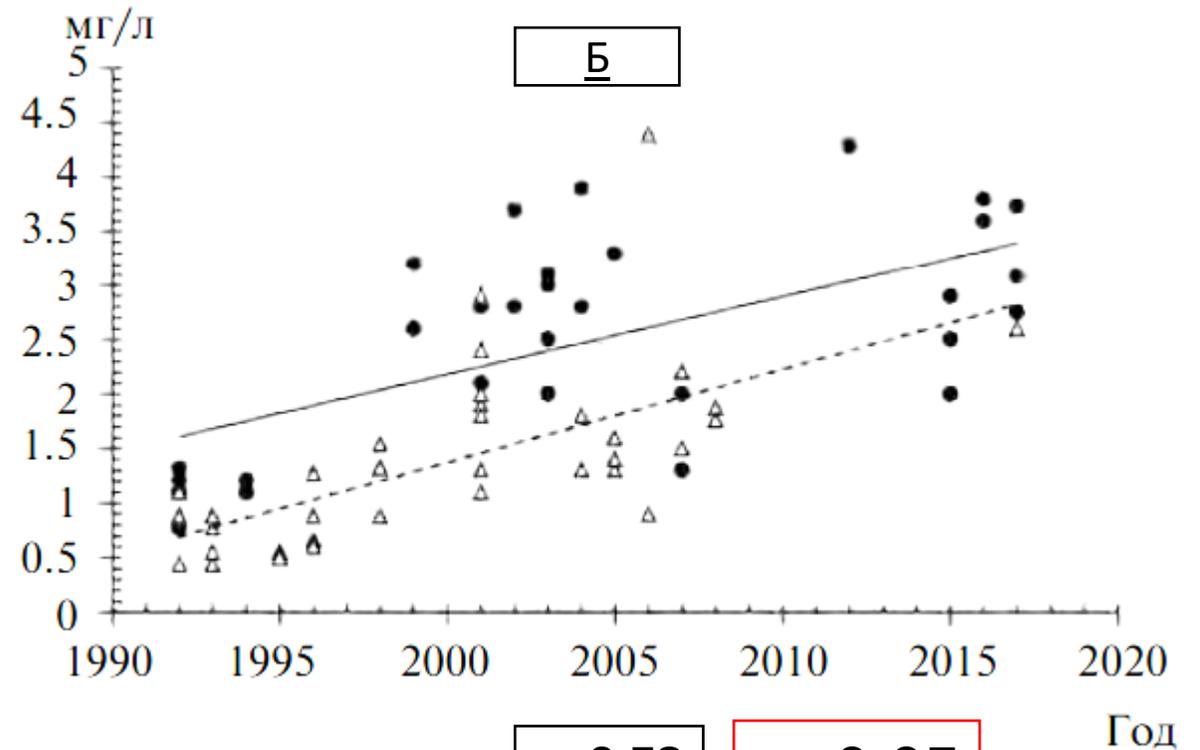


Изменение цветности воды (А) и диоксида углерода (Б) в эпилимнионе Петрозаводской губы Онежского озера в весенний период 1992–2017 гг.

— Линейная (весна)



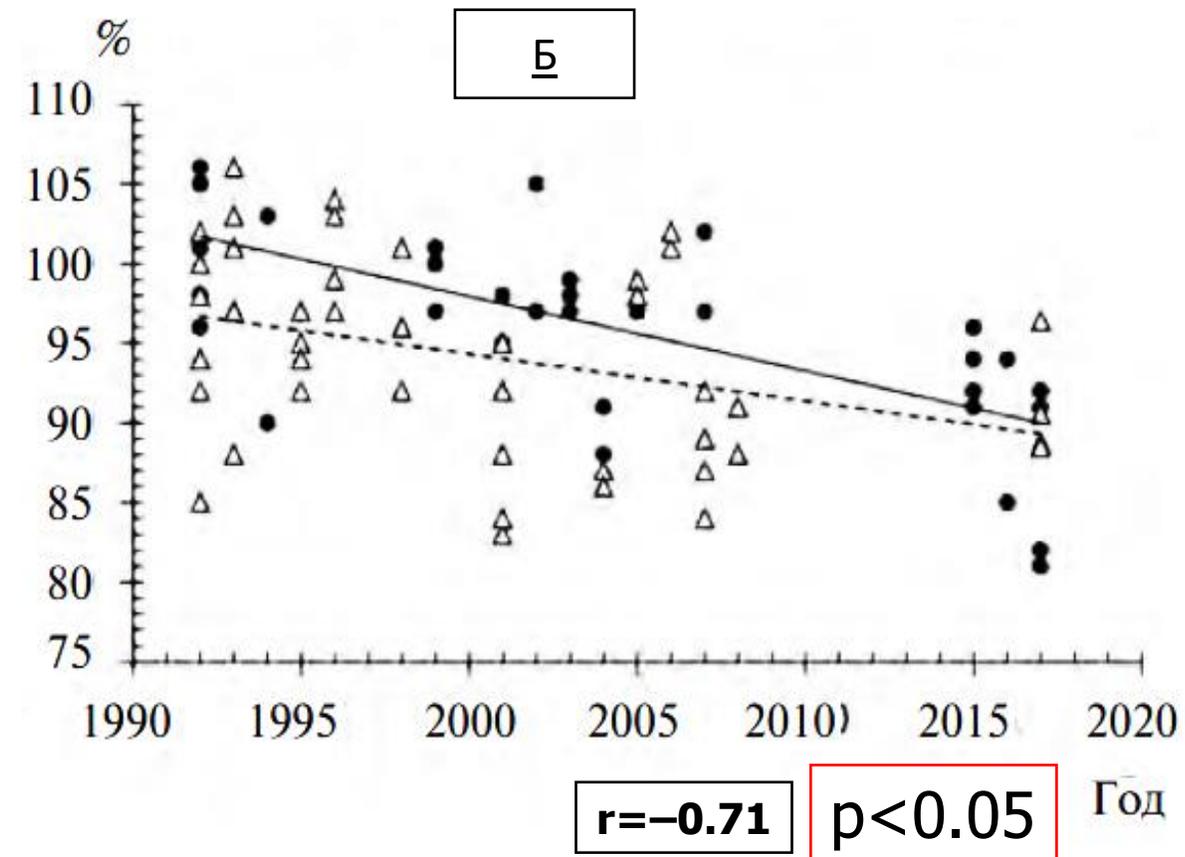
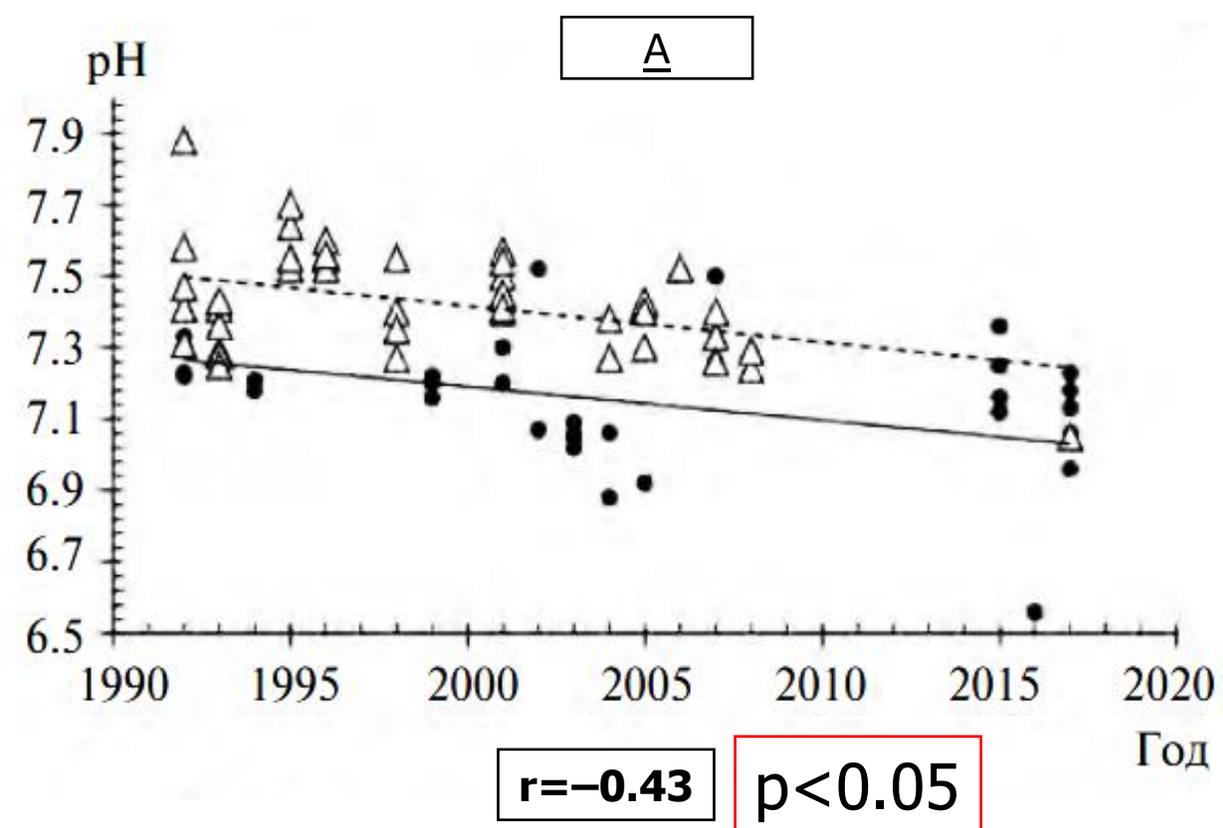
$r=0.48$ $p<0.05$



$r=0.58$ $p<0.05$

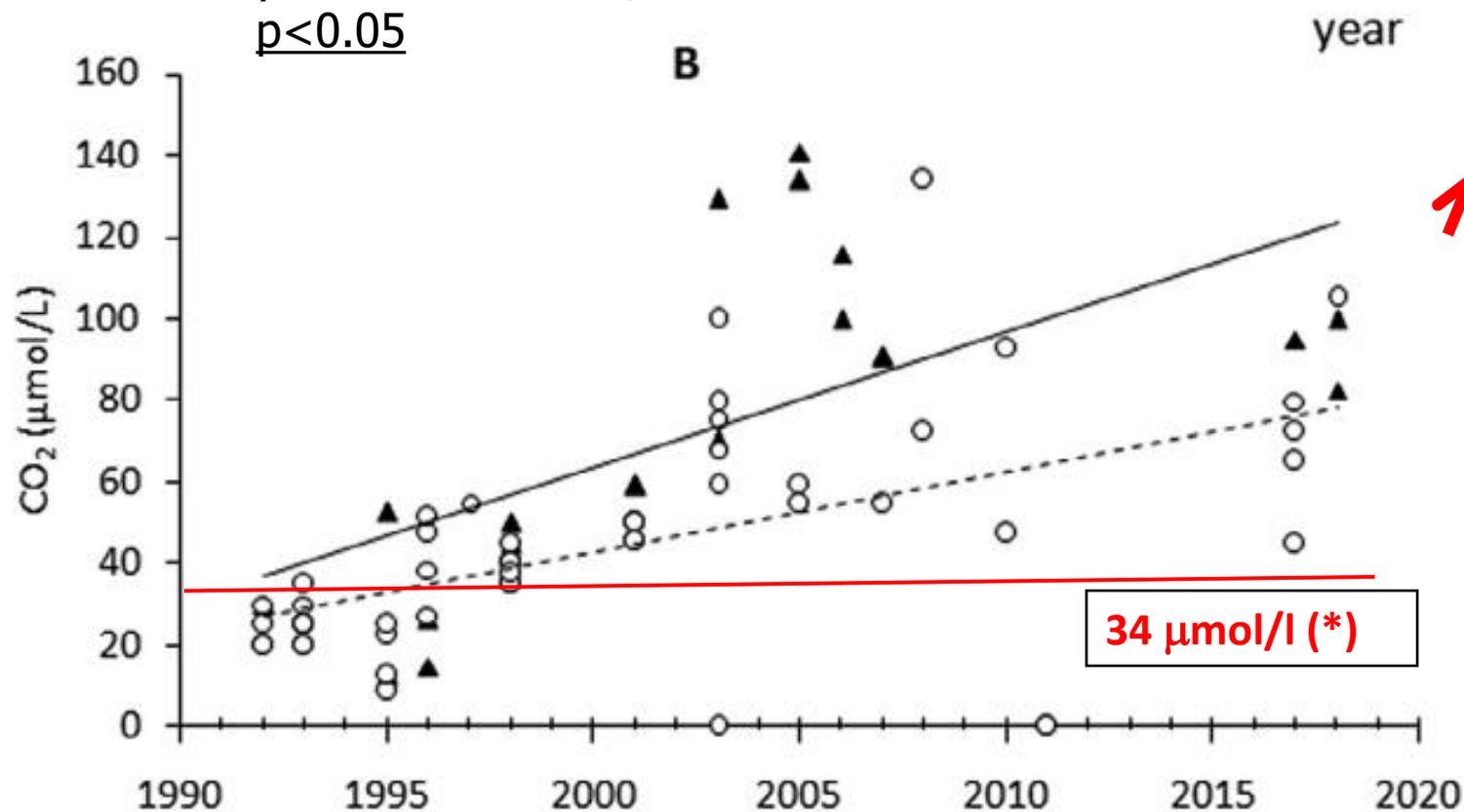
Изменение величины рН (А) и процент насыщения воды кислородом (Б) в эпилимнионе Петрозаводской губы Онежского озера в весенний период 1992–2017 г.

— Линейная (весна)



Динамика содержания углекислого газа в гипolimнионе в летний период 1992-2018 гг.

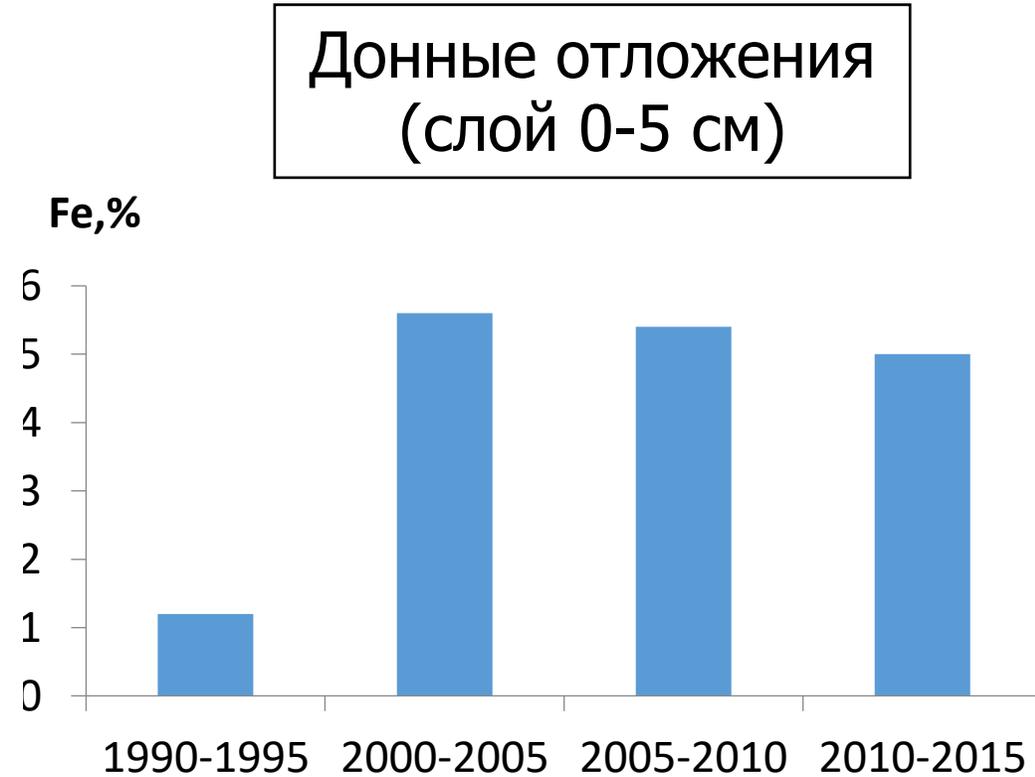
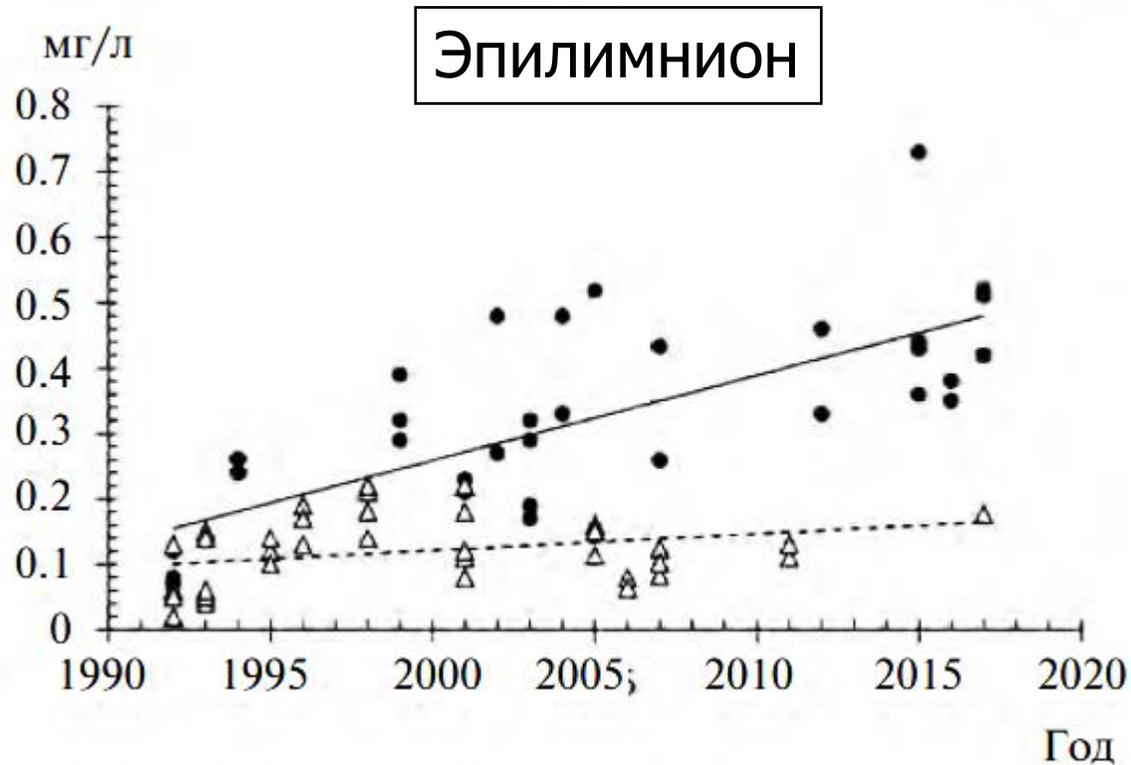
$y = 3.3x - 6612.2$, $r = 0.66$
 $p < 0.05$



↑ от 1.44 ± 0.24 до 4.38 ± 0.42 мг/л

*Borges F. O. et al. Hypercapnia-induced disruption of long-distance mate-detection and reduction of energy expenditure in a coastal keystone crustacean // *Physiology & behavior.* – 2018. – Т. 195. – С. 69-75.

Увеличение содержания железа в Петрозаводской губе в весенний период



↗ от 0.12 ± 0.05 до 0.42 ± 0.03 мг/л

Калинкина Н. М., Белкина Н. А. Динамика состояния бентосных сообществ и химического состава донных отложений Онежского озера в условиях действия антропогенных и природных факторов // Принципы экологии. – 2018. – №. 2 (27). – С. 56-74.

Калинкина Н. М., Теканова Е. В., Сабылина А. В., Рыжаков А. В. Изменения гидрохимического режима Онежского озера с начала 1990-х годов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 1. С. 62–72.

Kalinkina N. et al. What is the extent of water brownification in Lake Onego, Russia? // Journal of Great Lakes Research. – 2020. – Т. 46. – №. 4. – С. 850-861.

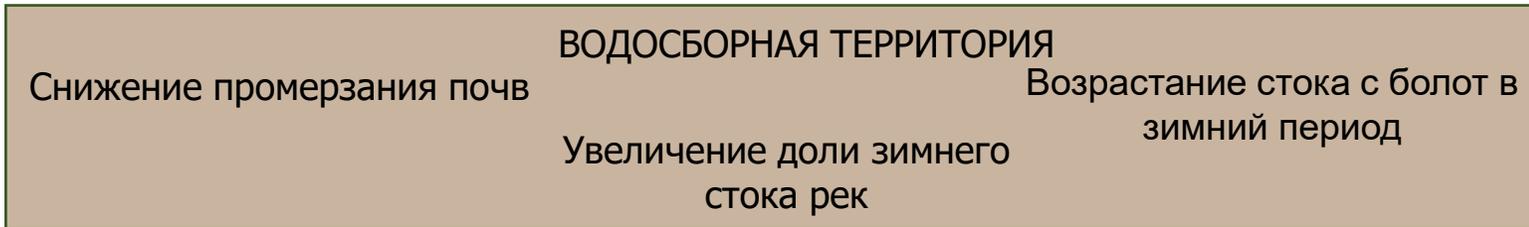
Причинно-следственные связи между изменениями на водосборной территории и снижением бентоса в Петрозаводской губе Онежского озера

ФАКТОР

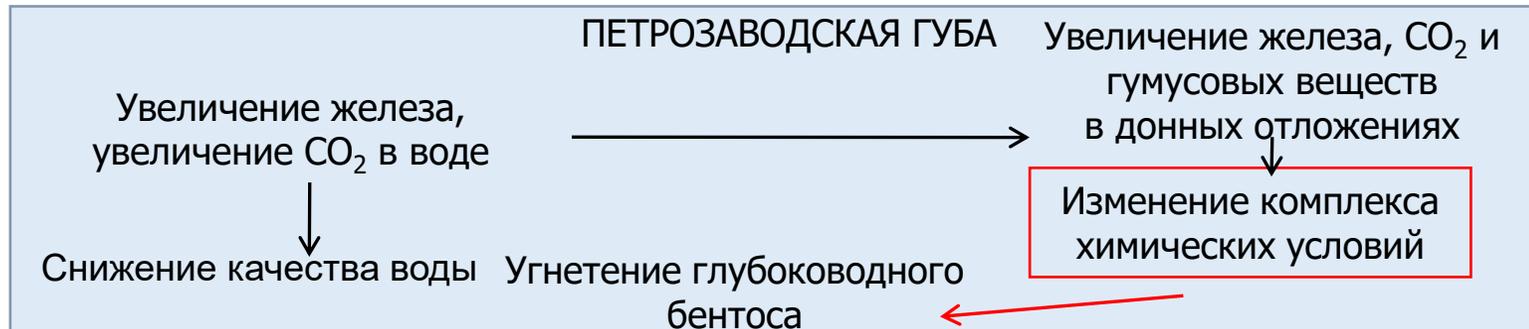


Назарова, 2007; 2014; 2015
Филатов и др., 2014, Назарова и др., 2022

ЭФФЕКТ



Мелешко и др., 2004
Калюжный, Лавров, 2012
Джамалов и др., 2017



Калинкина и др., 2016
Калинкина, Белкина, 2018
Калинкина и др., 2019

Обратимо ли наблюдаемое снижение количества бентоса?

Восстановление бентоса при условии возвращения более суровых зим на протяжении 2 смежных лет



фото автора и Н.М. Калинкиной

Выводы

1. В последние 30 лет происходит многократное снижение биомассы глубоководного бентоса Онежского озера, особенно заметное в приустьевых участках больших рек. В том числе, в 10 раз снизилась биомасса реликтового рачка *Monoporeia affinis*, основного кормового объекта сигов.
2. На примере Петрозаводской губы Онежского озера показано, что температурные и кормовые условия реликтового рачка *Monoporeia affinis* за последние 30 лет не изменились и соответствуют оптимальным диапазонам функционирования этого вида.
3. Процессы браунификации вызвали неблагоприятное для амфипод изменение химического состава в придонных слоях воды Петрозаводской губы Онежского озера: увеличение в воде концентрации CO_2 с превышением порога вредного действия на репродуктивное поведение, снижение величин pH и насыщения воды кислородом, а также увеличение содержания железа в донных отложениях.
4. Таким образом, основной причиной снижения количества глубоководного бентоса в Онежском озере стали последствия потепления климата: мягкие зимы привели к снижению промерзания почв, возрастанию зимнего стока рек и усилению поступления гумусовых веществ, железа и углекислого газа, что привело к ухудшению условий обитания бентоса.

Благодарю за внимание!

Работа выполнена в рамках гранта РФФ № 22-17-
00193

https://rscf.ru/prjcard_int?22-17-00193