

***Состояние водных
сообществ Онежского озера
в условиях изменения
климата и действия
антропогенных факторов***



Н.М. Калинкина

**Институт водных проблем Севера КарНЦ
РАН**

Характеристика Онежского озера

1. Онежское озеро - уникальный глубоководный водоем, с колоссальным запасом высокого качества воды (около 300 км³).
2. Онежское озеро характеризуется ярко выраженными природными особенностями (глубоководность, холодноводность, особый химический состав донных отложений), что требует особых принципов и методов мониторинга и охраны этого водоема.

Цель лекции - рассмотреть закономерности функционирования водных сообществ с учетом геохимических особенностей экосистемы Онежского озера в условиях изменения климата и действия антропогенных факторов.

.



План лекции

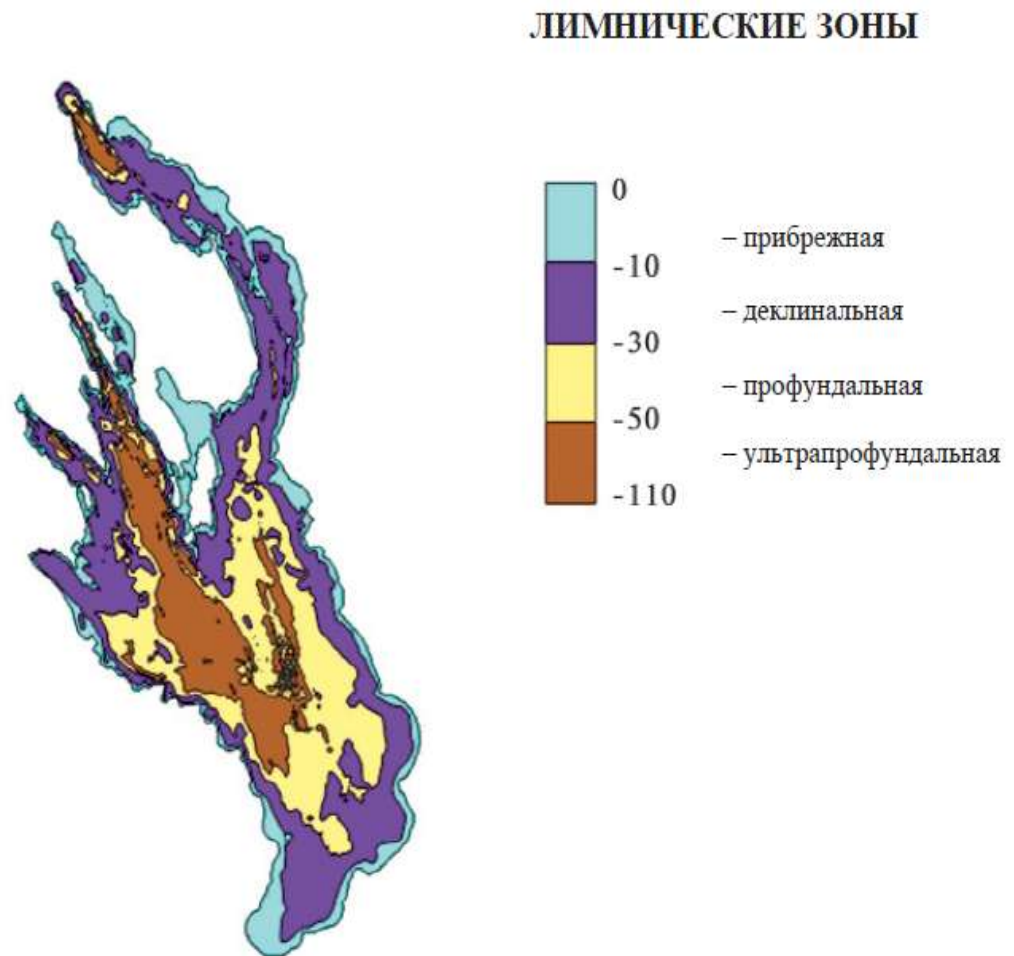
1. Гетерогенность экосистемы Онежского озера
2. Причины гетерогенности – климатические условия и геологическая история формирования котловины
3. Антропогенный фактор усиливает неоднородность экосистемы Онежского озера
4. Принципы экологического мониторинга.



Климатические условия Карелии и морфометрические особенности Онежского озера (Атлас, 2010)

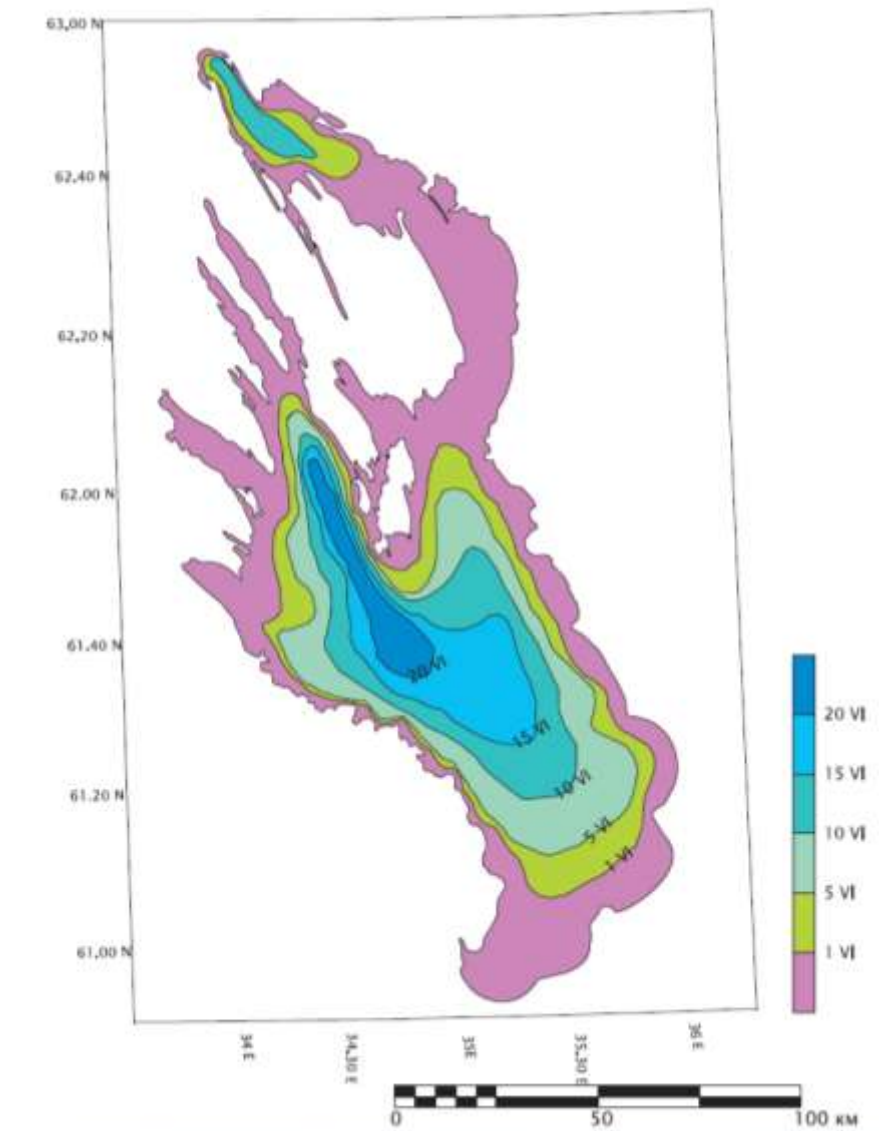
Климат Карелии по условиям образования принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса (Назарова, 2013), что определяет в районе Южной Карелии весьма низкую среднегодовую температуру воздуха - $2-2.5^{\circ}\text{C}$ и невысокую температуру воды Онежского озера (среднегодовая температура - 8°C .)

Лимнические зоны Онежского озера (Колодочка, Зимон, 2010)



Гетерогенность экосистемы Онежского озера (Онежское озеро. Атлас, 2010)

Среднее многолетнее
положение весеннего
термического бара на
поверхности озера
(Ефремова, 2010).



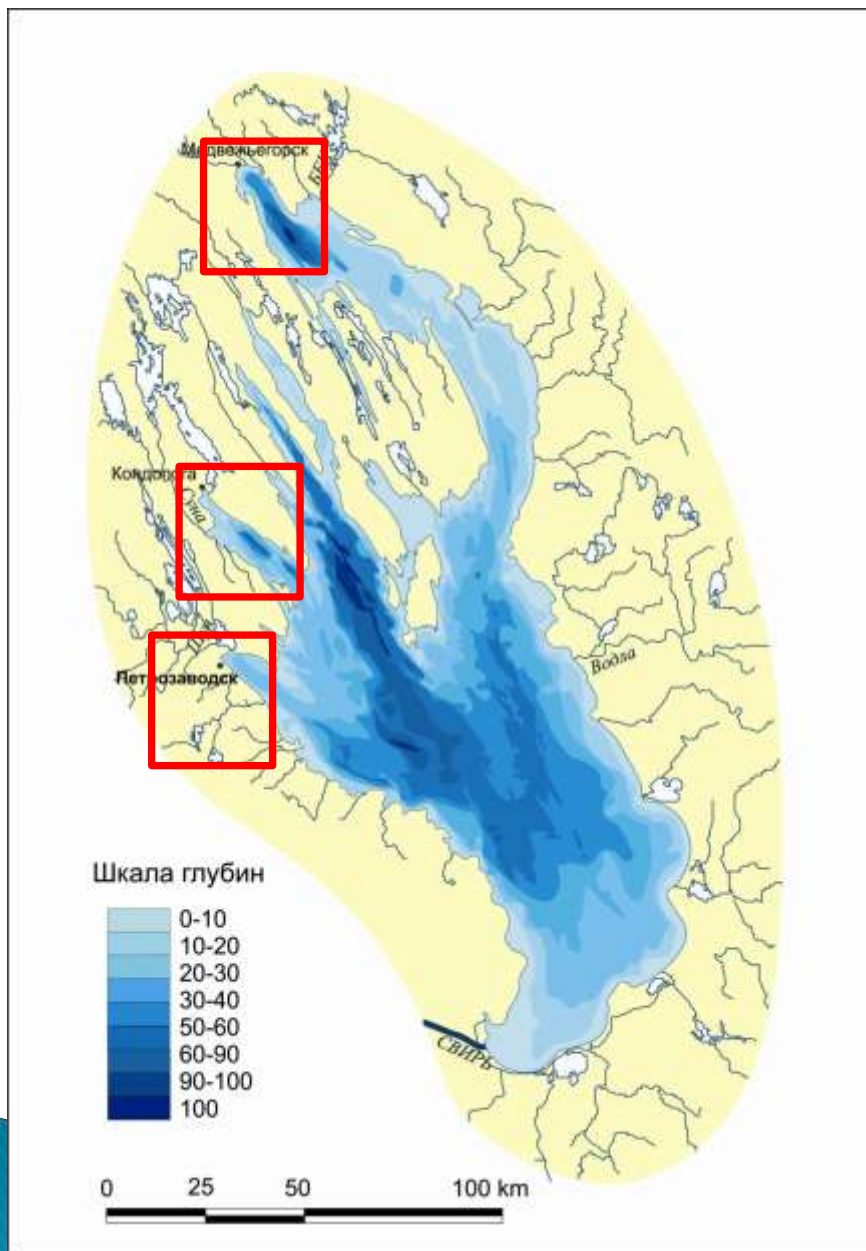
Особенности водных сообществ Онежского озера

1. Низкая продуктивность водных сообществ.
2. Существование разных фенологических фаз планктона одновременно в различных районах озера.
3. Отрицательный баланс органического вещества в планктонных сообществах (деструкция преобладает над продукцией из-за больших глубин).
4. Специфика флоры и фауны Онежского озера.



Основные источники загрязнения Онежского озера

Основные источники загрязнения озера находятся на берегах его северо-западных заливов (Петрозаводская, Кондопожская, вершинная часть, Повенецкого залива).



Новый фактор воздействия на Онежское озеро – форелевые хозяйства



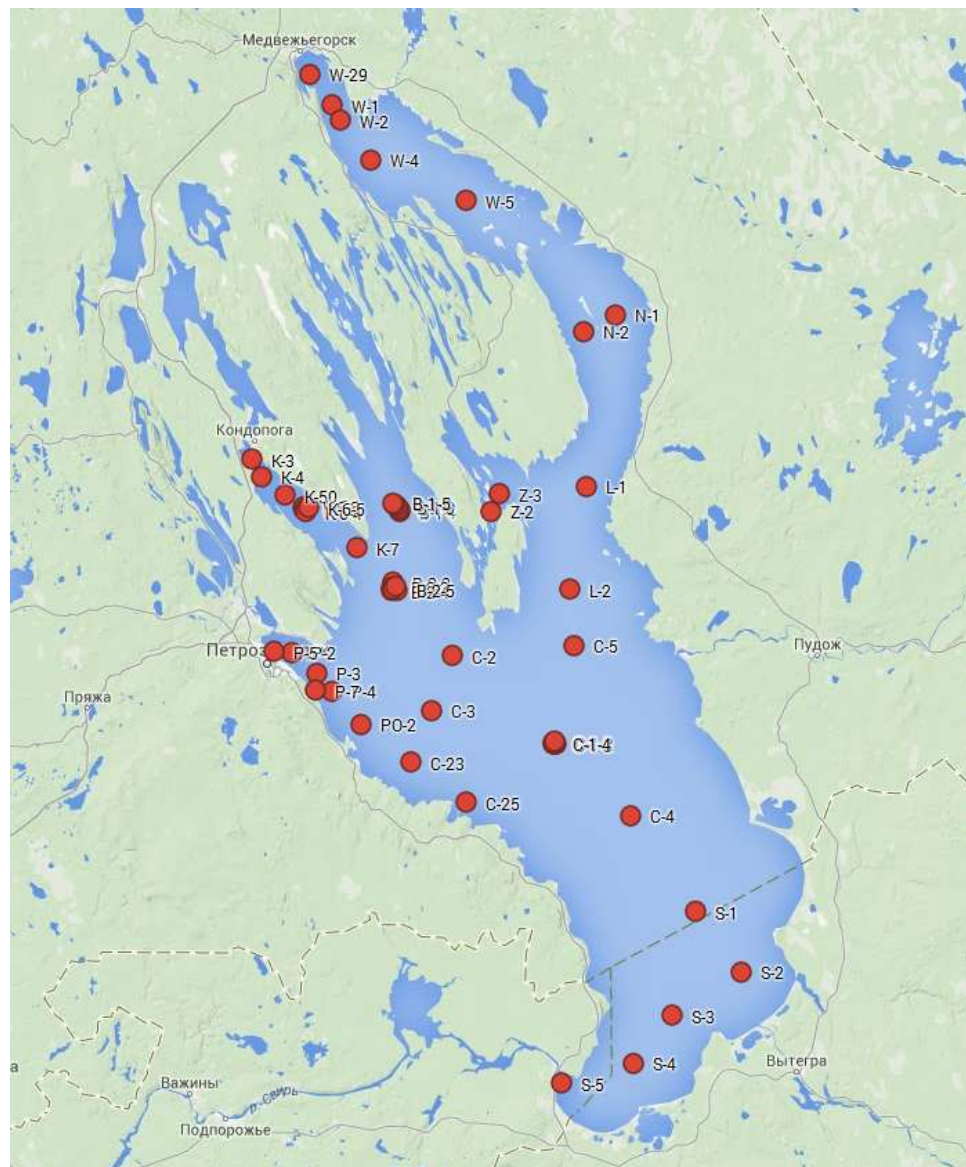
Согласно данным (Стерлигова и др., 2001; 2010; Ильмаст и др., 2010, Ильмаст, 2012), в настоящее время в Карелии производится около 12000 тонн форели (70% от всего количества в России) На Онежском озере выращивают 5300 тонн форели в год.

Красный квадрат – расположение форелевых хозяйств в заливах – Кондопожская губа, Уницкая губа, Святуха, Кефтенъга.



Расположение основных станций экологического мониторинга экосистемы Онежского озера

В Институте водных проблем Севера КарНЦ РАН экологический мониторинг Онежского озера проводится с 1960-ых годов.



Научно-исследовательское судно «Эколог»



Экологический мониторинг Онежского озера в Институте водных проблем Севера КарНЦ РАН

Гидрофизические исследования (определение температуры и электропроводности воды) выполняются при помощи мультипараметрического зонда CTD90M Sea&Sun Technology.

Химические показатели: ионный состав, взвешенные вещества, pH, содержание органического вещества, биогенных элементов, микроэлементов,, загрязняющих веществ (лигносульфонат натрия, нефтепродуктов и др.).

Биомониторинг включает использование:

- ▶ показателей **структурной организации** разных звеньев трофической сети (видового богатства, соотношения таксонов разного ранга, биологического разнообразия, структуры экологических групп, размерной структуры, а также показателей общей численности и биомассы).
- ▶ показателей **функциональной организации** сообществ (продукция и деструкция органического вещества).

Гидробиологические исследования охватывают следующие звенья:

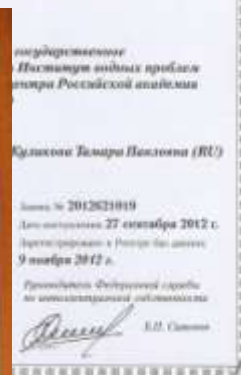
- ▶ – бактериопланктон;
- ▶ – фитопланктон;
- ▶ – зоопланктон;
- ▶ – макрозообентос

С учётом природных особенностей экосистемы Онежского озера особое внимание уделяется изучению **сезонной динамики планктона**.

Биотестирование включает оценку токсичности воды и донных отложений.



Основные публикации по результатам биомониторинга Онежского озера



Основные принципы биомониторинга Онежского озера

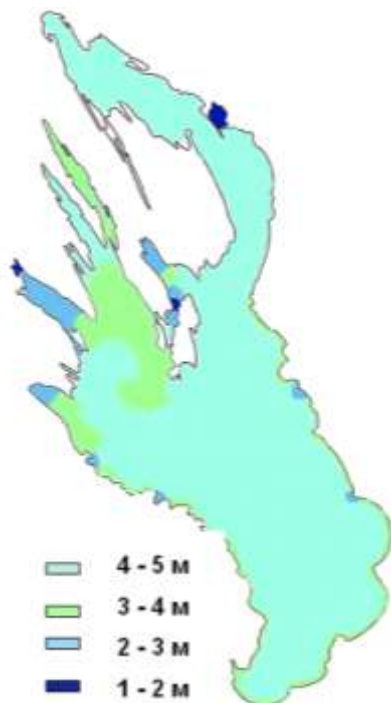
Необходимо принимать во внимание:

1. Высокую пространственную гетерогенность планктонных сообществ.
2. Возможность одновременного существования разных сезонных фаз в планктонной системе Онежского озера.
3. Специфику сезонной цикличности планктонных сообществ в разных районах
4. Влияние геохимических факторов на распределение бентосных сообществ.
5. Особенности антропогенного воздействия на экосистему и реакции биоты.
6. Слабую барьерную роль литоральной зоны Онежского озера.

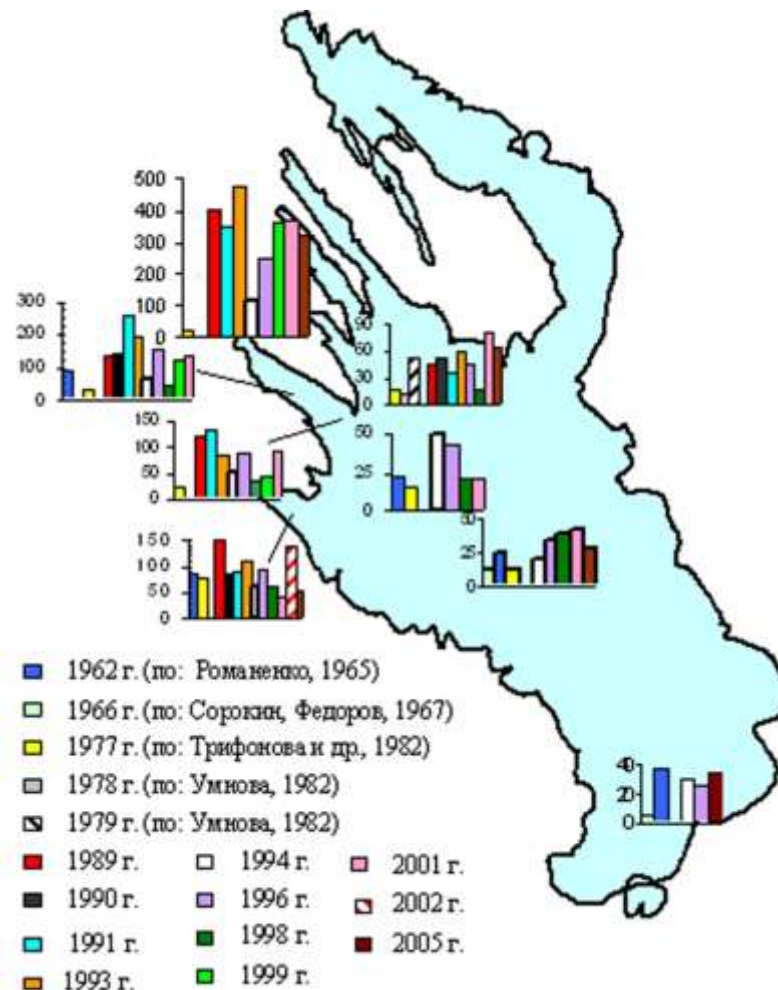


Современное состояние водных сообществ Онежского озера (первичная продукция фитопланктона)

Прозрачность воды, м

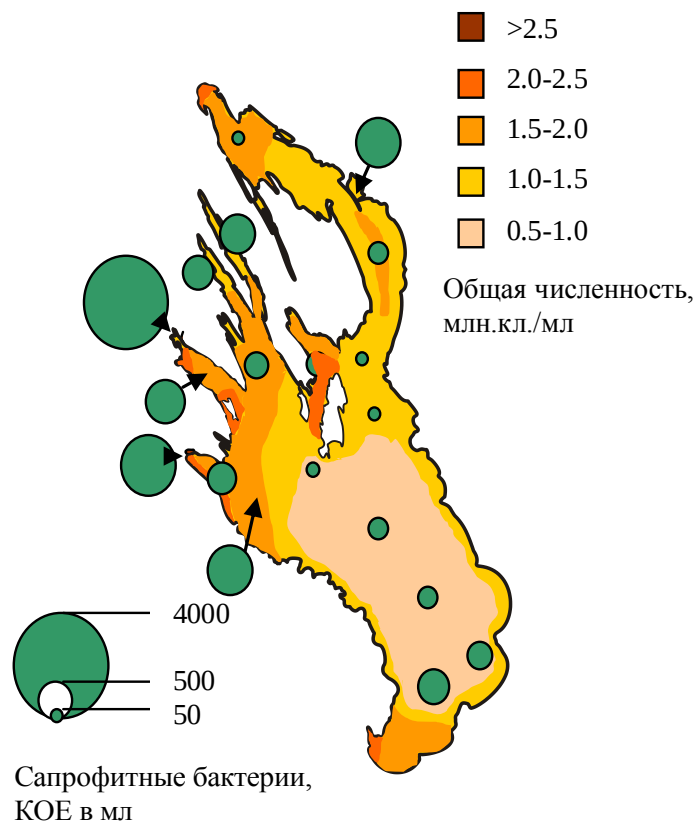


Первичная продукция фитопланктона в
поверхностном слое воды Онежского
озера в летний период, $\text{мг С} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сутки}^{-1}$

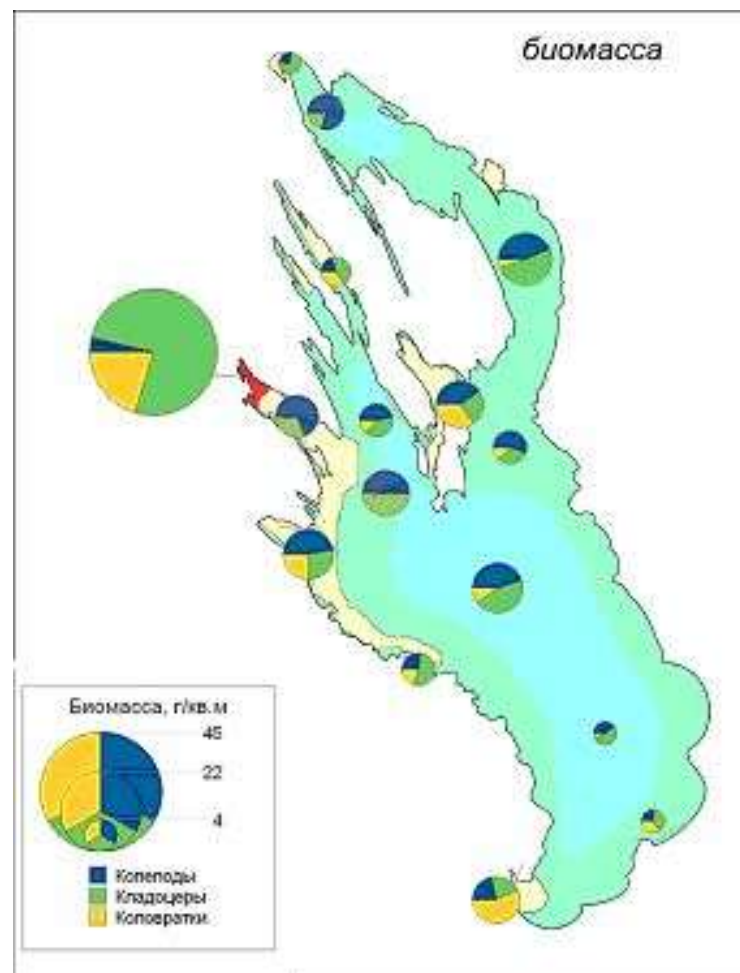


Современное состояние водных сообществ Онежского озера (бактериопланктон и зоопланктон)

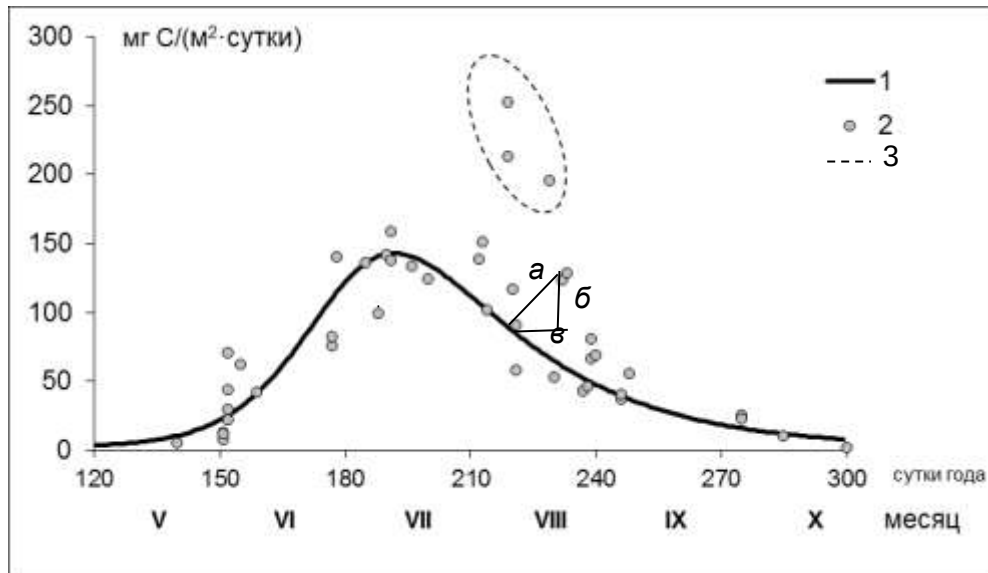
Бактериопланктон



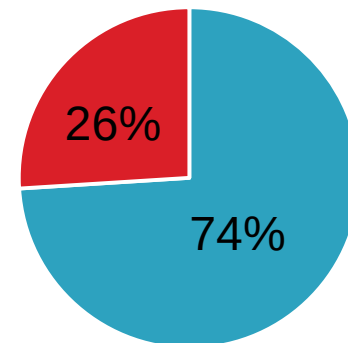
Зоопланктон



Сезонная динамика планктонных сообществ



Функция сезонного процесса первичной продукции в пелагиали Онежского озера:
1 — аппроксимационная функция,
2 — эмпирические данные,
3 — экстремальные точки.



Соотношение закономерной (сезонной) и случайной составляющих в общей дисперсии данных:



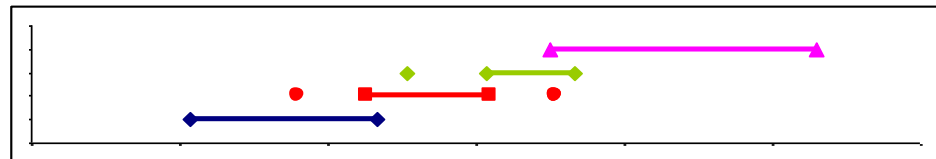
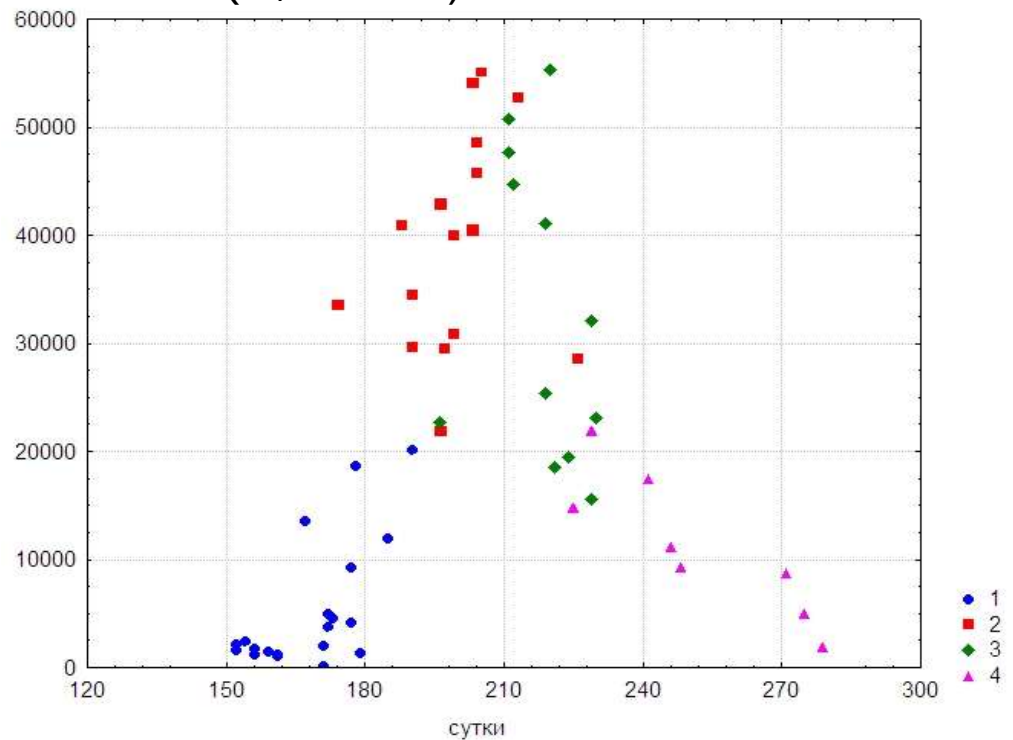
Сезонные периоды для зоопланктона

Общая численность
(N, экз./м³) зоопланктона

Периоды выделены
методом
дискриминантного анализа
сезонного изменения
количества и структуры
зоопланктона в слое 0-5 м

Сезонный период:

- 1 – весенний,
- 2 – раннее-летний,
- 3 – поздне-летний,
- 4 – осенний



Средние значения численности и биомассы зоопланктона в столбе воды по сезонам в центральном районе озера и заливе Большое Онего

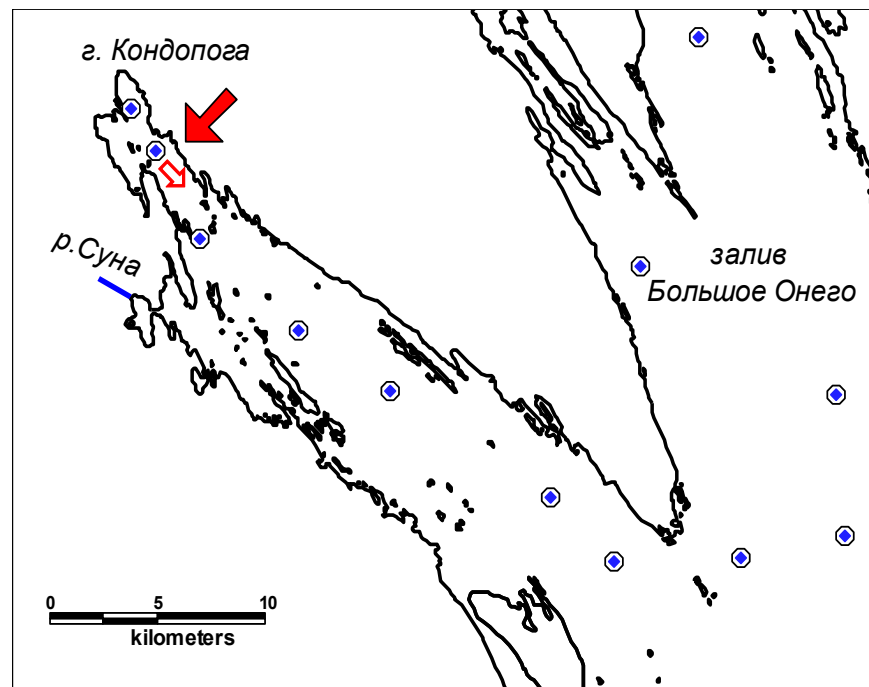
	Весна	Раннее лето	Позднее лето	Осень
Число точек	24	16	14	11
Сроки периода в сут.	150-196	190-213	211-225	226-280
Средняя общая численность, тыс.экз./м ²	80,4	437,1	277	133
Мин-макс	6,7-205	220-920	114-540	82-246
Средняя общая биомасса, г./м ²	2,2	10,6	7,4	3,4
Мин-макс	0,24-7,1	3,4-21,3	4,2-11,7	1,2-5,2



Кондопожская губа Онежского озера



На фоне труб комбината стоит
Успенская церковь, Памятник архитектуры
XVIII века



Кондопожская губа Онежского озера

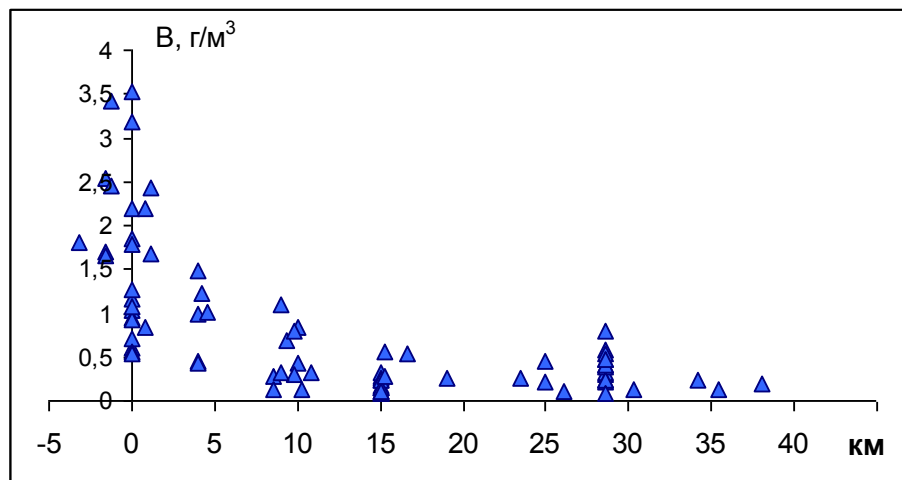


Сброс сточных вод ЦБК, ситуация над оголовком водосброса (Июнь 2007 г.)

Зоны	Робщ, мкг/л	Лигносультф онат, мг/л	Хл"а", мкг/л
2 км	40	20	16
10 км	35	0,8	8,4
20 км	18	0,4	3,5
30 км	15	0,3	3,2



Изменения в сообществах зоопланктона и фитопланктона по продольному разрезу в заливе вдоль градиента нагрузки



Изменение биомассы зоопланктона вдоль губы

(начало отсчета расстояний – место сброса сточных вод)

(данные М.Т. Сярки)

Распределение биомассы индикаторных видов фитопланктона по акватории губы в летний период 1999 г.

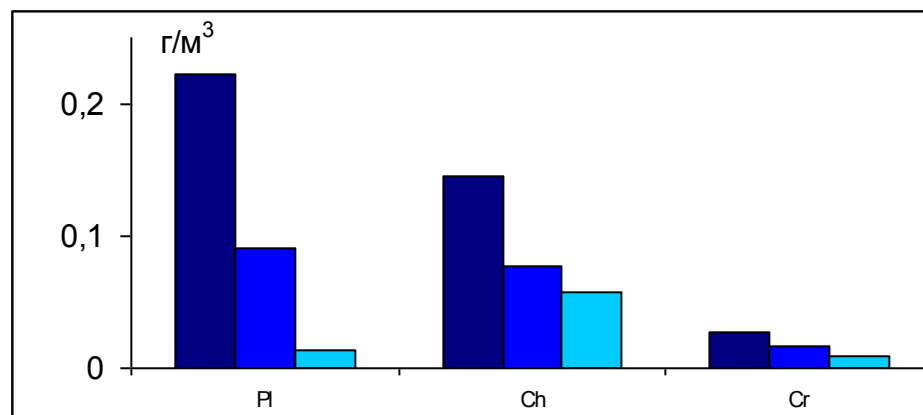
Pl - *Planctococcus sphaerocystiformis*,

Ch - *Chlamydomonas monadina*,

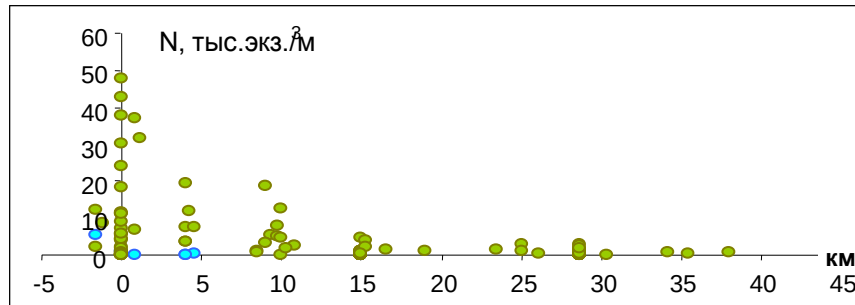
Cr - виды р. *Cryptomonas*.

■ 0 км ■ 15 км ■ 27 км

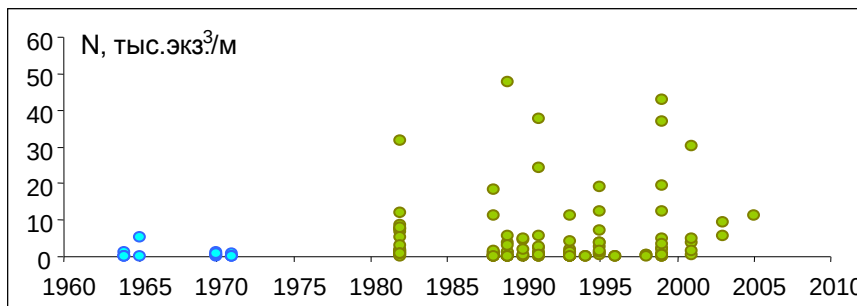
(данные Т.А. Чекрыжевой)



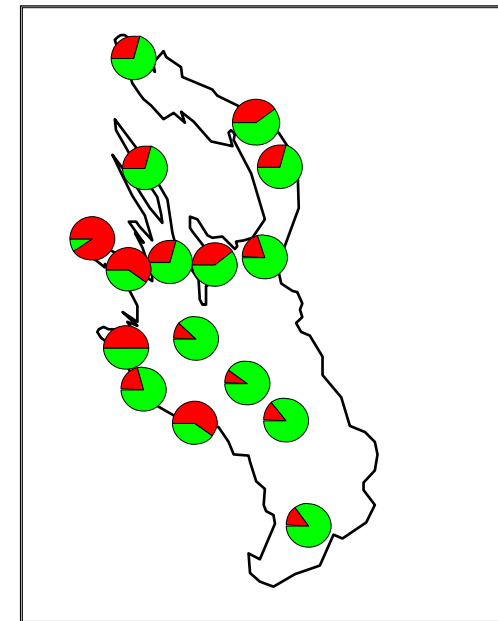
Daphnia cristata как индикатор уровня трофии (данные М.Т. Сярки)



Изменение количества Дафнии по мере
удаления от места сброса стоков ЦБК



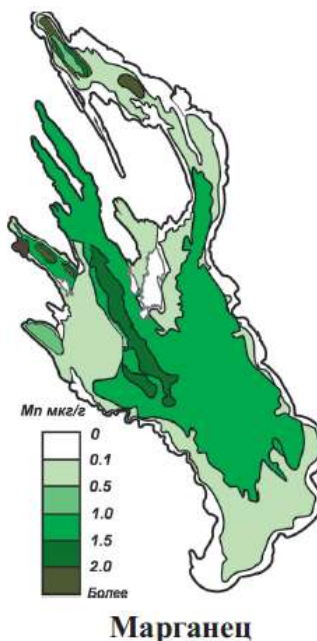
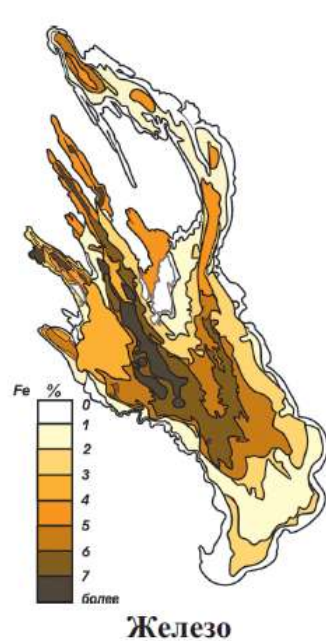
Изменение численности Дафнии в вершинной
части губы



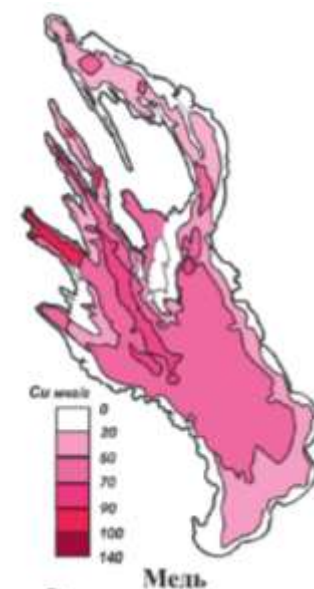
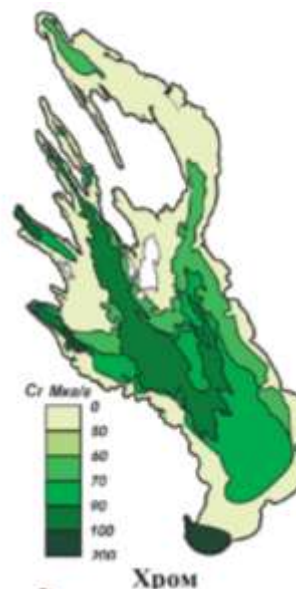
Доля Дафнии (■) в рачковом
планктоне



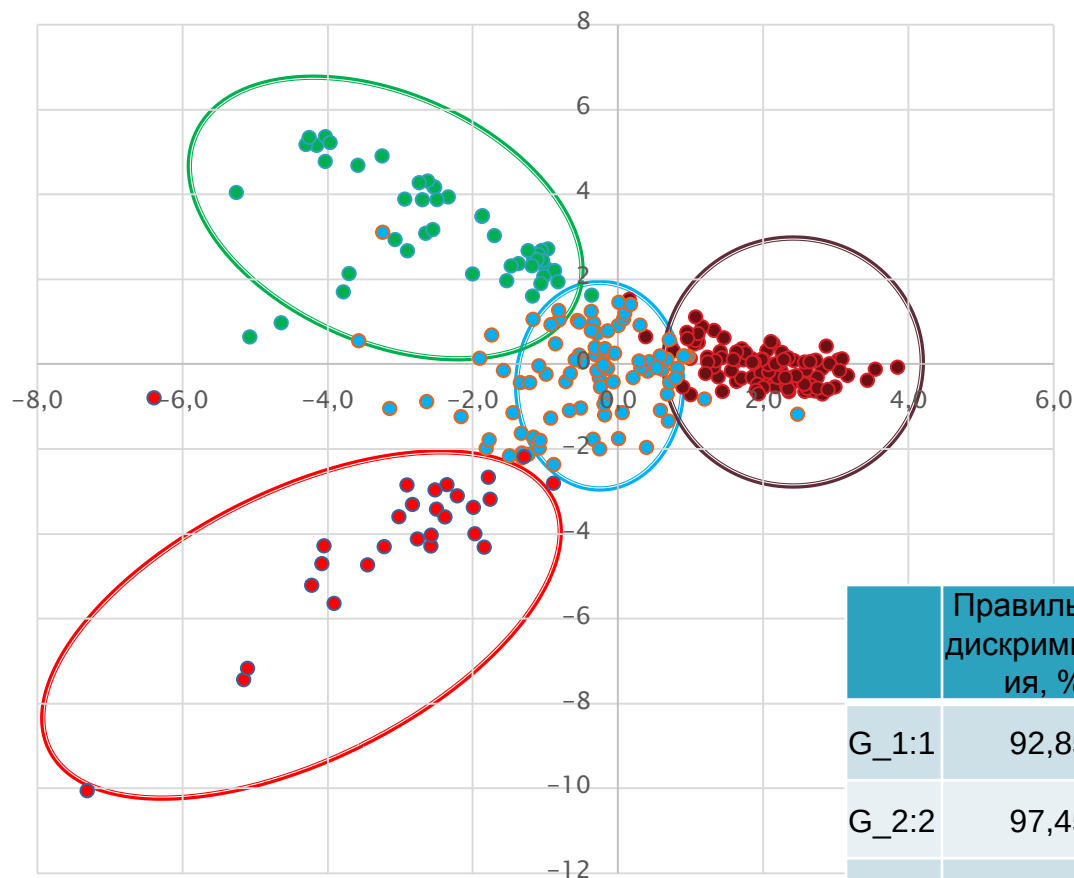
Химический состав донных отложений Онежского озера (Онежское озеро. Атлас, 2010)



Содержание в донных отложениях железа, марганца, хрома и меди, % от воздушно сухой навески (Белкина, 2010)



Классификация данных по макробентосу Онежского озера, данные за 2000-2010 гг. (n = 284)

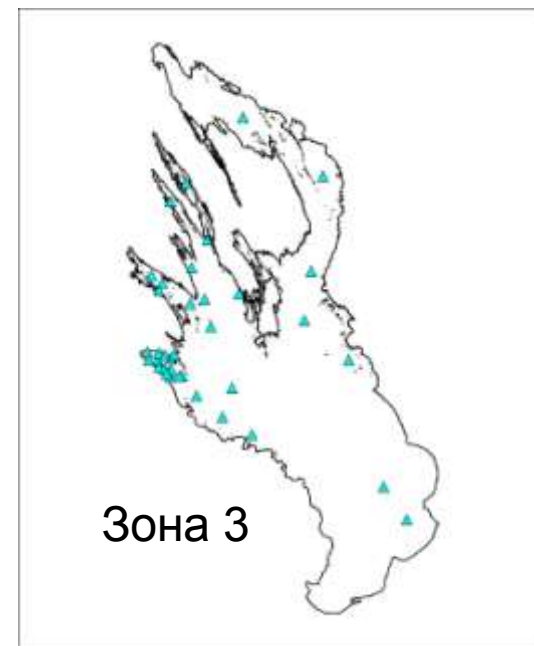
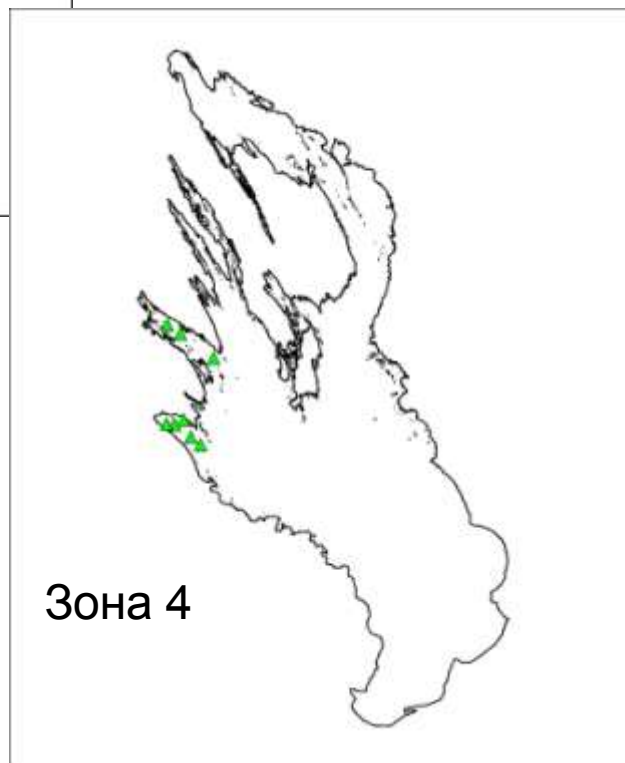
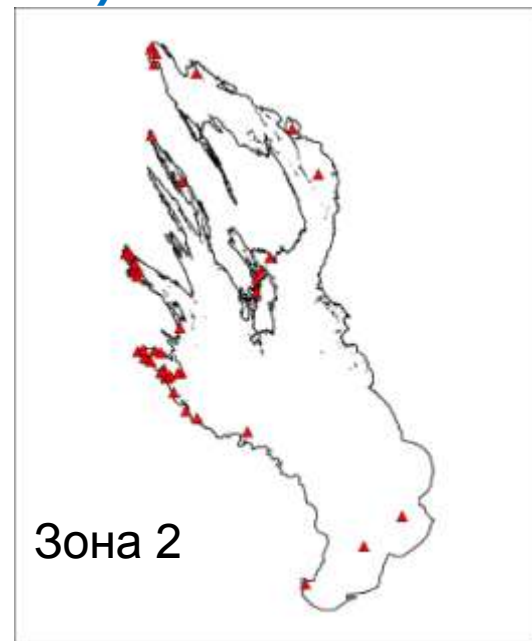
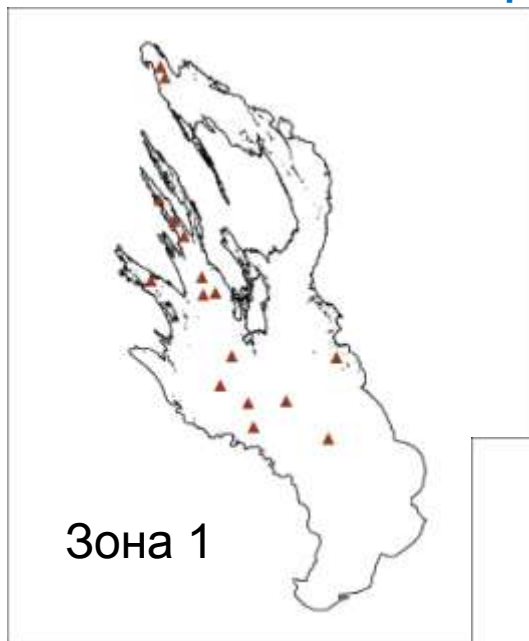


Точность
классификации – 95%

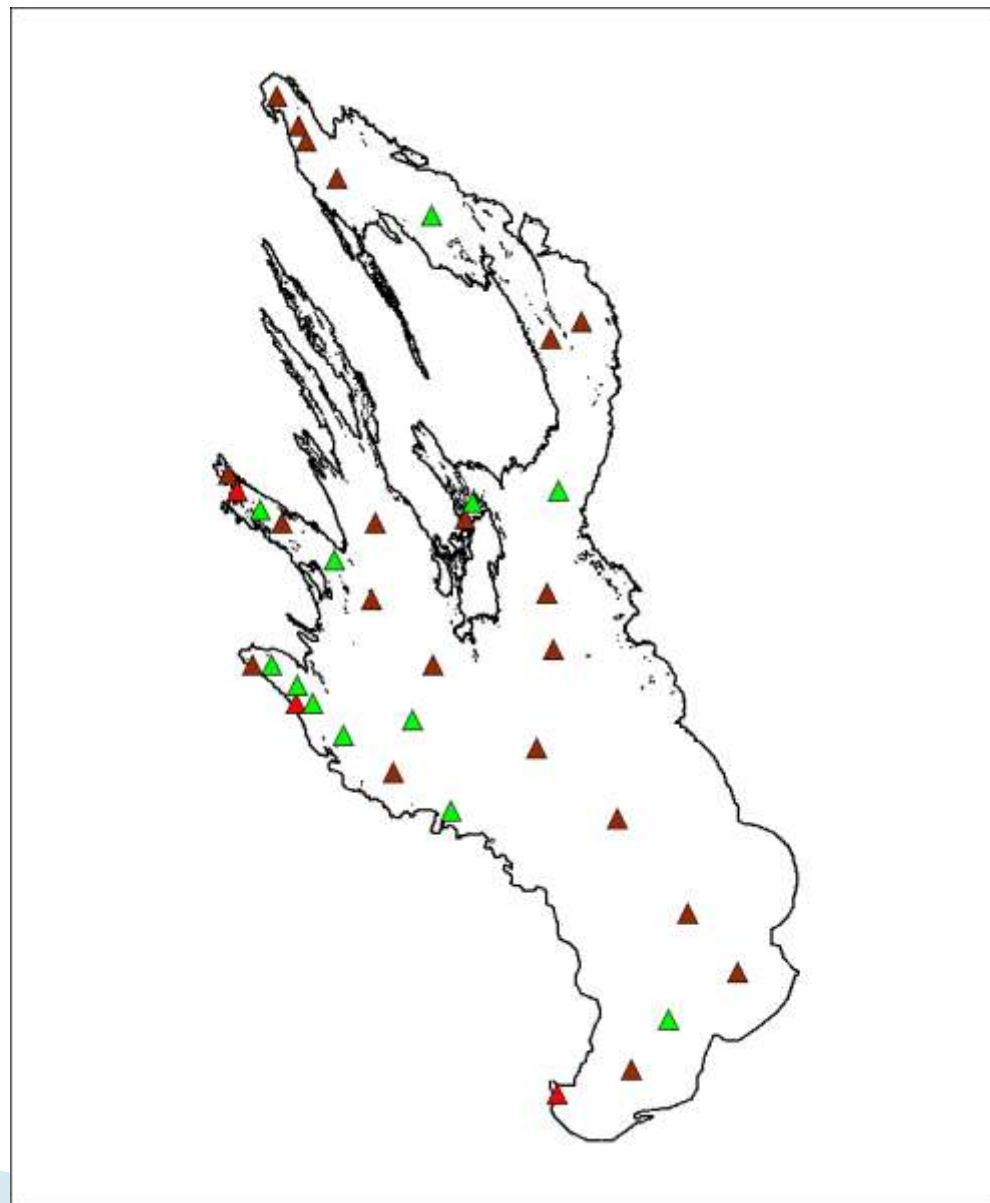
	Правильная дискриминация, %	G_1:1 p=,09859	G_2:2 p=,41549	G_3:3 p=,32042	G_4:4 p=,16549
G_1:1	92,85714	26	0	2	0
G_2:2	97,45763	0	115	3	0
G_3:3	93,40659	0	4	85	2
G_4:4	93,61702	0	0	3	44
Всего	95,07042	26	119	93	46



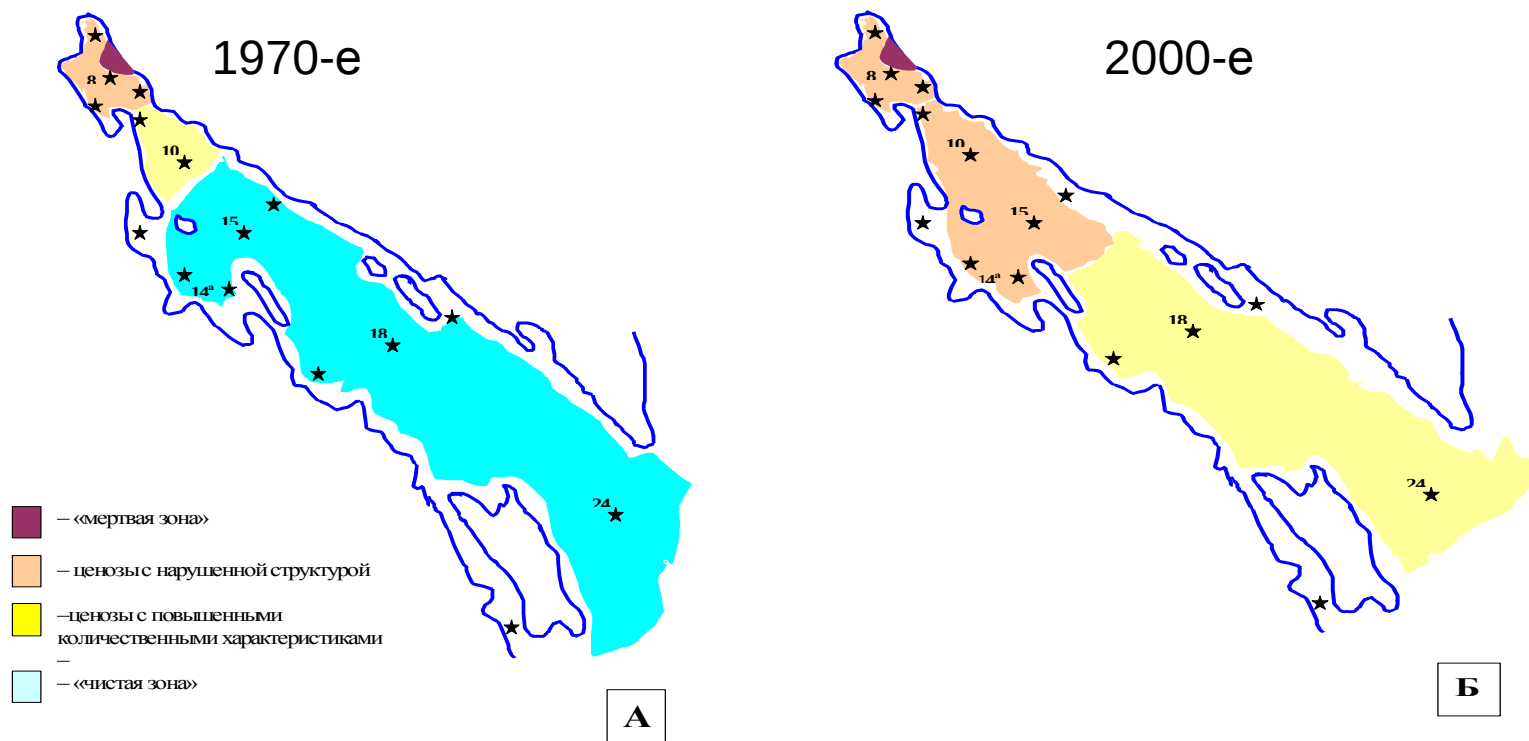
Распределение макробентоса на дне Онежского озера, данные за 2000-2010 гг. (n = 284)



Распределение макробентоса на дне Онежского озера, данные за 2014 г. (n = 36)



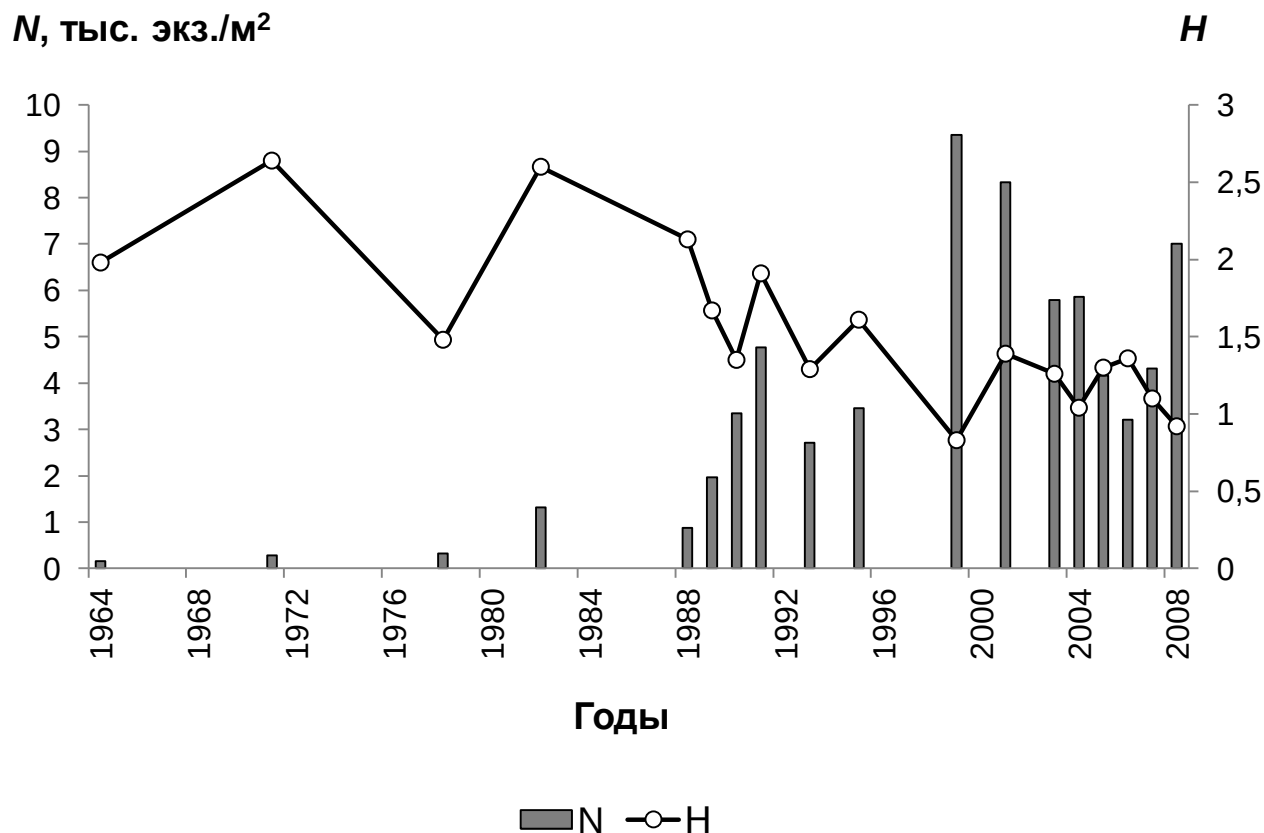
Зональность в распределении бентоса



Распределение донных ценозов в Кондопожской губе.

(по данным Т.Н.Поляковой)

Динамика численности макрозообентоса (M) и индекса Шеннона (H) в среднем для Кондопожской губы в 1964–2008 гг. (Данные Т.Н. Поляковой)



Выводы

1. При-род-ные осо-бен-но-сти Онеж-ско-го озе-ра – боль-шой объ-ем вод-ных масс, хо-лод-но-вод-ность, не-вы-со-кое со-дер-жа-ние био-ген-ных эле-мен-тов – обу-слов-ли-ва-ют его низ-кую био-про-дук-тив-ность. Об-шир-ный про-фун-даль-ный рай-он озе-ра (Цен-траль-ное, Боль-шое, Ма-лое Оне-го, цен-траль-ная часть По-ве-нец-ко-го за-ли-ва) со-хра-ня-ет свое ис-ход-ное оли-го-троф-ное со-стоя-ние.
2. Кон-до-пож-ская гу-ба ис-пы-ты-ва-ет наи-бо-лее силь-ное ан-тро-по-ген-ное воз-дей-ст-вие и харак-теризу-ется ме-зо-троф-ным ста-тусом, а по от-дель-ным гид-ро-био-ло-ги-че-ским по-ка-за-те-лям – эв-тро-фным.
3. Разра-ботана система кри-те-ри-ев со-стоя-ния биоты Онеж-ско-го озе-ра с уче-том гео-гра-фиче-ских и гео-хи-ми-че-ских осо-бен-но-стей его эко-систе-мы.



Благодарю за внимание!

