



**ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ,
РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ
ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» В 2022-2023 ГГ.**

Гладышев Михаил Иванович,
чл.-корр. РАН, доктор биологических наук,
профессор, заведующий лабораторией
Экспериментальной гидроэкологии
Института биофизики СО РАН,
заведующий кафедрой Водных и наземных
экосистем Сибирского федерального
университета

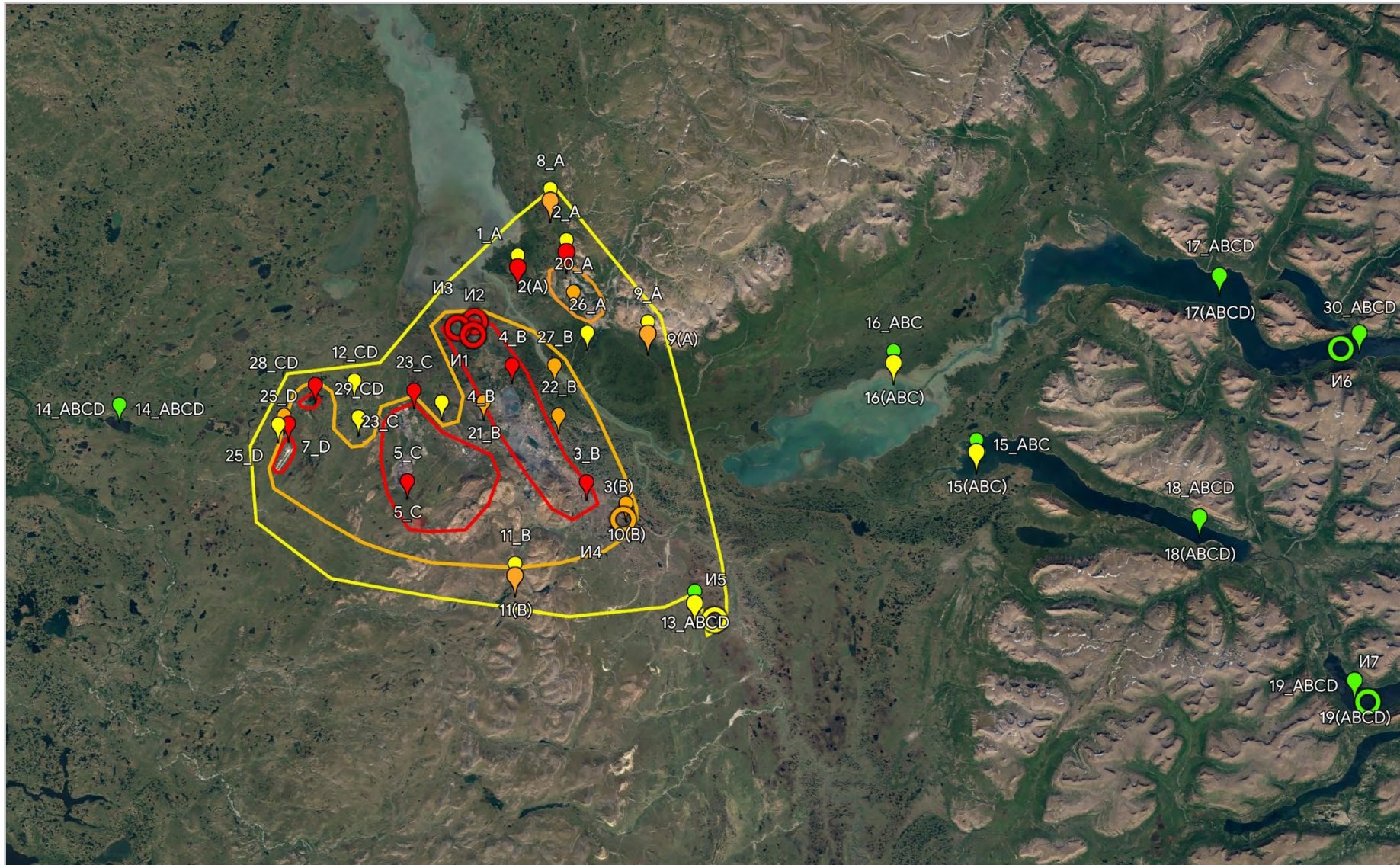


НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ:

на основе изучения биоразнообразия планктона и бентоса, составляющих кормовую базу рыб, а также многих птиц и некоторых наземных животных, **уточнить границы и последствия экологического воздействия** промышленных объектов.

ПОЛУЧЕННЫЕ ДАННЫЕ ПОЗВОЛЯТ:

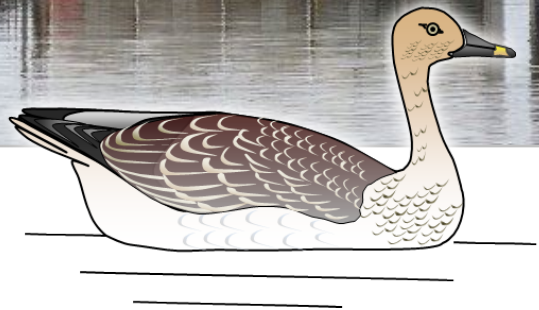
- 1.** определить **перечень водоемов**, подвергшихся наиболее значительному воздействию, в которых в первую очередь следует проводить охранительные и восстановительные мероприятия;
- 2.** при **восстановительных мероприятиях** определять их эффективность и продолжительность до достижения конечной цели – восстановления базового экологического качества водоемов.



В 2023 г.
исследовано
32 ВОДОЕМА
в предполагаемых
границах поясов
воздействия
объектов
Норильского
дивизиона
Норникеля.

ПОЯСА ВОЗДЕЙСТВИЯ:

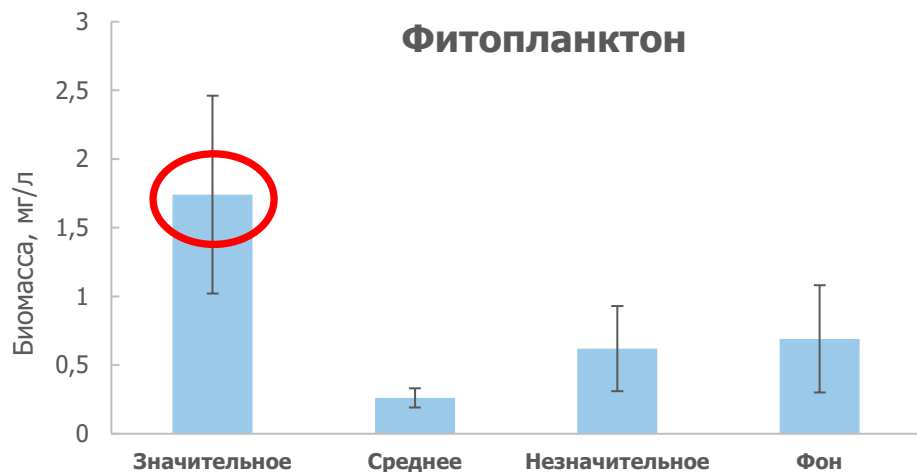
- Значительное
- Среднее
- Незначительное
- Фон



ИСКУССТВЕННАЯ ГУАНОТРОФИКАЦИЯ?

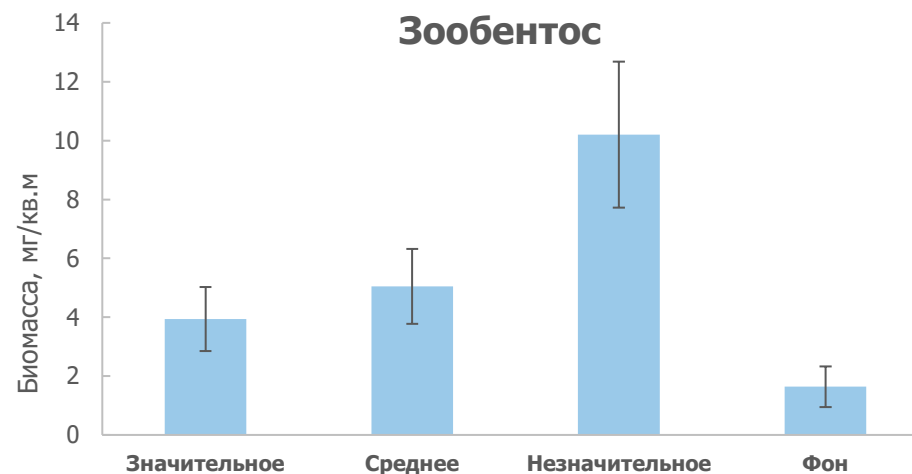
Следует рекомендовать провести **анализ возможности ускоренного восстановления** нарушенных озерных экосистем, то есть увеличения их биоразнообразия на основе наилучших доступных гео- и экотехнологий.

Мероприятия по восстановлению озер должны проводиться **по отдельному проекту**, так как они не связаны напрямую с мониторингом биоразнообразия и представляют собой достаточно сложную научно-практическую задачу.



В 2023 г. **подтвердилось** наше **предположение**, основанное на результатах предыдущих исследований, включая материалы 2022 г., а именно **схожесть эффекта промышленного воздействия в арктической зоне с эффектом эвтрофирования в средних широтах**, вызываемым в основном сельскохозяйственным и хозяйственно-бытовым загрязнением.

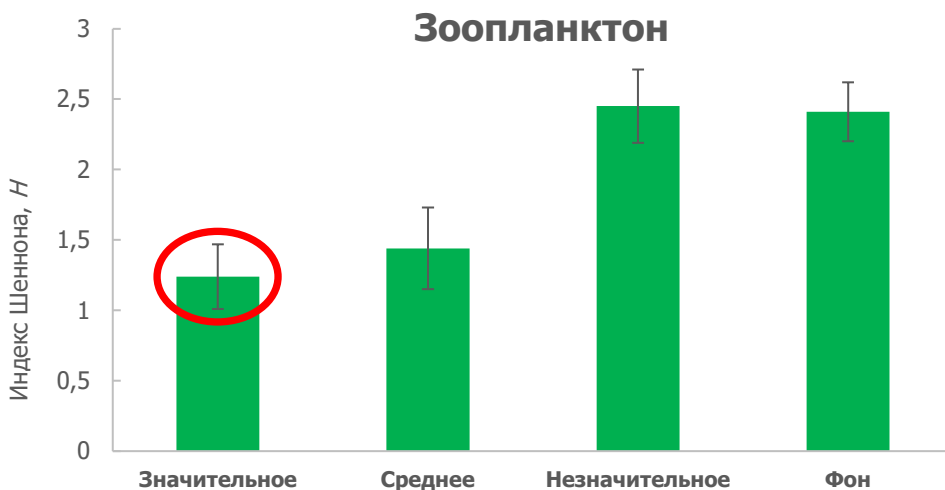
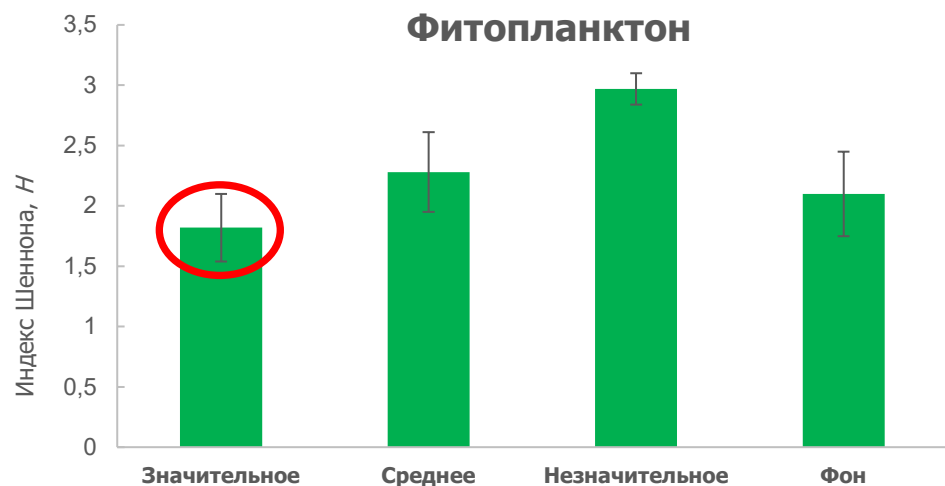
Действительно, **в 2023 г. биомасса фито- и зоопланктона** вновь, как и в 2022 г., **имела максимальное значение** в озерах **в поясе значительного воздействия**, и в 2-5 раз превышала их биомассу в поясах среднего и незначительного воздействия.





При этом **уполномоченные надзорные органы используют для расчета ущерба** водным биологическим ресурсам именно **биомассу** (кормовую базу), начисляя штрафы за ее уменьшение.

То есть, **ОРИЕНТИРУЯСЬ НА БОЛЕЕ ВЫСОКУЮ БИОМАССУ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЗОНЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, РОСРЫБОЛОВСТВО ДОЛЖНО ДОПЛАЧИВАТЬ ПРЕДПРИЯТИЯМ ЗА ПРОИЗВОДИМОЕ ИМИ АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОЗЕРА И РЕКИ.**



В отличие от биомассы, в 2023 г. **индикаторы биоразнообразия** – индексы Шеннона H – имели **самое низкое значение в озерах пояса значительного воздействия**, как и в 2022 г.

Таким образом, как и в 2022 г., не биомасса, а именно **БИОРАЗНООБРАЗИЕ ОКАЗАЛОСЬ НАИБОЛЕЕ НАДЕЖНЫМ ИНДИКАТОРОМ** антропогенного воздействия.





Боганидская палия (*Salvelinus boganidae*) – вид (форма) арктического гольца из оз. Собачье, признанная «самой полезной в мире рыбой».

(Gladyshev et al. 2018. Contem. Probl. Ecol. 11: 297–308.)

Важно отметить, что **при эвтрофировании увеличение биомассы водных биологических ресурсов обычно сопровождается снижением их качества**. Это, как правило, **приводит к снижению численности** и даже **исчезновению уникальных видов арктических рыб** и их **замене на менее ценные** в промысловом и питательном отношении **виды**.

В соответствии с указанными закономерностями, в 2023 г. значение видового богатства рыб в поясе значительного воздействия (5.7 ± 0.7) было несколько ниже, чем в фоне (6.5 ± 0.5).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ (ЭКЗ.) ИХТИОФАУНЫ ЗА 12-ЧАСОВУЮ ЭКСПОЗИЦИЮ СТАВНЫХ СЕТЕЙ В УСТЬЯХ РЕК В ПОЯСЕ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ НОРНИКЕЛЯ

Река \ Рыба	Елец	Сиг	Чир	Ряпушка	Пелядь	Тугун	Нельма	Щука	Окунь
Амбарная		5	2	11	1		2	3	10
Щучья		6			2	2		2	2
Норилка	2	3			2			2	5



Тем не менее, **видовое разнообразие** рыб в устьях рек в поясе значительного воздействия **оказалось весьма высоким**, особенно в устье р. Амбарная, подвергшейся в 2020 г. воздействию аварийного нефтяного разлива.

Данный результат не является удивительным, поскольку он **был фактически предсказан в результате наших исследований**, проведенных в 2020 г., материалы которых опубликованы в специальном выпуске Сибирского экологического журнала (2021, № 4; переводной вариант: Contemporary Problems of Ecology, изд-ва Springer, входит в Q3 Scopus)



ИЗВЕСТНО, ЧТО НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОЖЕТ ОКАЗЫВАТЬ НЕ ТОЛЬКО ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ, НО И СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗООПЛАНКТОН ЗА СЧЕТ ПИТАНИЯ МИКРООРГАНИЗМАМИ, РАЗВИВАЮЩИМИСЯ ПОСЛЕ РАЗЛИВОВ.

В устье р. Амбарная в 2020 г. **после нефтяного разлива**, ниже бонового заграждения, предотвратившего дальнейшее распространение нефтепродуктов, нами была отмечена **вспышка численности и биомассы зоопланктона** (Дубовская и др., 2021, Сибирский экологический журнал, №4, С. 476-487).

Такой результат являлся вполне ожидаемым, поскольку ранее вспышка численности зоопланктона была также зафиксирована в р. Колва (вторичный приток р. Печора) после аварийного разлива в 1994 г. 120 тыс. т нефти (Фефилова, 2011, Водные ресурсы, Т. 38, С. 593-605).

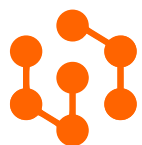
ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ (ЭКЗ.) ИХТИОФАУНЫ ЗА 12-ЧАСОВУЮ ЭКСПОЗИЦИЮ СТАВНЫХ СЕТЕЙ В УСТЬЯХ РЕК В ПОЯСЕ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ НОРНИКЕЛЯ

Река \ Рыба	Елец	Сиг	Чир	Ряпушка	Пелядь	Тугун	Нельма	Щука	Окунь
Амбарная		5	2	11	1		2	3	10
Щучья		6			2	2		2	2
Норилка	2	3			2			2	5

Не удивительно, что именно в устье р. Амбарная наблюдается высокая численность рыб, в первую очередь – планктофагов (ряпушка, сиг), а также питающихся ими хищников.

Все данные получены с применением стандартных орудий лова – ставных лесковых жаберных сетей с ячейей 15, 30 и 50 мм, которые являются общепринятыми, но, как известно, обладают рядом существенных недостатков.

Высокие значения индексов биоразнообразия в устьях рек зоны значительного воздействия, сопоставимые и даже превышающие таковые в фоновых озерах, свидетельствуют о благоприятной экологической ситуации в этих реках, очевидно, обусловленной восстановлением их экосистем после уменьшения антропогенной нагрузки.



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ | SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

ISSN 1997-1389 (Print)
ISSN 2313-5530 (Online)

Журнал Сибирского
Федерального университета
Биология

Journal of Siberian
Federal University

Biology

2023 16 (1)

DOI 10.17516/1997-1389-0398

EDN: PQVEDZ

УДК 597.4/5:577.213.3

**Environmental DNA (eDNA)
in Fish Biodiversity Studies**

Olesya V. Kolmakova*
*Institute of Biophysics SB RAS,
Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS"
Krasnoyarsk, Russian Federation*

Received 08.09.2022, received in revised form 28.09.2022, accepted 14.10.2022, published online 07.11.2022

Abstract. In the last decade, identification of organisms by trace DNA (eDNA) shed into the environment has gained popularity. The main eDNA applications include monitoring of invasive species, conservation of rare species, and assessment of community status. In many countries, environmental practitioners and legislators have already incorporated the eDNA-based methods into routine monitoring schemes, including human impact assessment. In this review, we discuss the methodology, prospects and challenges associated with the use of eDNA for assessing biodiversity of fish communities.

Keywords: environmental DNA, fish, biodiversity, metabarcoding.

Acknowledgements. This study was supported by Federal Tasks for Institute of Biophysics SB RAS No. 0287-2021-0019.

Citation: Kolmakova O. V. Environmental DNA (eDNA) in fish biodiversity studies. J. Sib. Fed. Univ. Biol., 2023, 16(1), 5–23. DOI: 10.17516/1997-1389-0398



© Siberian Federal University. All rights reserved
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).
* Corresponding author E-mail address: kolmoles@ibp.krasn.ru
ORCID: 0000-0003-2694-7545 (Kolmakova O)

– 5 –

НОВЕЙШИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РЫБ – ПЕРВАЯ В РОССИИ И МИРЕ ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ:

**Journal of Siberian Federal University.
Biology 2023 16(1): 5–23**

DOI 10.17516/1997-1389-0398

EDN: PQVEDZ

УДК 597.4/5:577.213.3

Экосистемная ДНК (эДНК) в исследованиях биоразнообразия рыб

О.В. Колмакова

Институт биофизики СО РАН

*Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр СО РАН»*

Российская Федерация, Красноярск

НОВЕЙШИЕ МЕТОДЫ БЫЛИ ПРИМЕНЕНЫ НАМИ В 2023 Г., ПОКА В ОГРАНИЧЕННОМ ОБЪЕМЕ, НАРЯДУ С ТРАДИЦИОННЫМИ СЕТЯМИ. ПОЛУЧЕНЫ ПЕРВЫЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

Озеро Ветренное (пояс среднего воздействия)

69°14'47.8" N 88°30'32.4"E, 9.08.2023



Количество орудий лова	3 шт
Длина орудий лова	1 шт - 15 м 2 шт - 20 м
Высота стенки орудий лова	1,5 м
Время экспозиции	15 ч

Ихтиологический материал в уловах отсутствовал, озеро следовало объявить безрыбным.



АНАЛИЗ эДНК – ген 12S рРНК (митохондриальная ДНК), праймеры MiFish-U, выбраны на основе обзора (Колмакова, 2023) – **обнаружил присутствие в озере ценных видов рыб.**

OTU_12 (unc_Coregonus)	11 сиг
OTU_16014 (unc_Pungitius)	89 корюшка





Важно отметить, что в 2023 г. была **подтверждена информативность всех видов-индикаторов**, выделенных в 2022 г. в качестве **наилучших биологических маркеров** той или иной степени воздействия.

Более того, **в 2023 г. список индикаторов был пополнен** новыми видами.



ОБНАРУЖЕННЫЕ И ПОДТВЕРЖДЕННЫЕ В 2023 Г. ВАЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЗАСЛУЖИВАЮТ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПРОВЕРКИ.

Полученные новые данные **существенно дополняют научные знания**, на основе которых могут быть запланированы и проведены практические **мероприятия по охране и восстановлению экосистем арктических озер**, а также по повышению количества и качества добываемой рыбопродукции.



Благодарю
за внимание