

УДК 574.583

# ВЗАИМОСВЯЗЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НАДОТРЯДА CLADOCERA С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДЫ В ОЗЕРАХ ВЕЛЬЁ И ПЕСТОВСКОЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВАЛДАЙСКИЙ»

Анисимов Алексей Сергеевич,  
Каурова Злата Геннадьевна

В данной работе приведены результаты исследования системы озер Вельё-Пестовское, где преобладали три вида надотряда Cladocera (*P. pediculus*, *D. Branchyurum* и *B. longinostriis*). По данным гидрохимического анализа, вода восточной части берега озера Вельё характеризовалась III классом качества. Вода остальных водоемов была отнесена к I-II классу качества. На основании гидробиологических данных, гидроэкосистемы озер Вельё-Пестовское отнесены к в-мезосапробному типу. Несмотря на то, что вода большинства станций отнесена к чистым по гидрохимическим параметрам, сообщества мезопланктона системы озер Вельё-Пестовское характерны для воды среднего уровня загрязнения.

Отмечена корреляция ( $R^2=0.40$ ) между повышенным индексом загрязнения воды и уменьшением биомассы мезопланктона, что подчеркивает отрицательное влияние источников загрязнения на кормовую базу ихтиофауны.

**Ключевые слова:** мезозoopланктон, биоиндикация, сапробность, Валдай, национальный парк, индекс загрязнения воды, лимнология.

Введение: Территория национального парка "Валдайский" включает в себя более 200 водоемов, объединенных в озерно-речные системы. Эта часть Валдайской возвышенности играет важную роль в снабжении региона питьевой водой [10].

На протяжении последних 10 лет наблюдается активная урбанизация буферной зоны национального парка «Валдайский», которая составляет 59% от всей площади природоохранной территории. Вдоль прибрежных зон озер Вельё и Пестовское отмечается заметное усиление рекреационной и транспортной нагрузки, что приводит к загрязнению воды и влияет на популяционную структуру гидробионтов [10].

Зоопланктон играет значительную роль в процессах самоочищения водоемов. Среди мезопланктонной фракции (0.5-5мм) выделяются эффективные виды-фильтраторы – ветвистоусые (Cladocera), которые питаются нанопланктоном, детритом и основными компонентами взвешенного органического вещества [8, 11]. Ювенильные формы ветвистоусых рачков (Cladocera) также являются жизненно-необходимым и естественным кормом для молоди карповых, окуня и ерша, которые обитают в пределах национального парка [10, 13].

Для получения наиболее полной гидробиологической информации о состоянии озер и заполнения пробелов в современных данных, было решено изучить именно эту группу организмов.

Цель работы – оценить степень загрязнения оз. Вельё, оз. Пестовское и прилегающих прудов на основании гидрохимических данных, биомассе и видовому составу мезозoopланктона.

Задачи:

1. Оценить степень загрязнения вод оз. Вельё, оз. Пестовское и прилегающих прудов гидрохимическими методами

2. Изучить распространение видов мезопланктона и определить показатель сапробности в оз. Вельё, оз. Пестовское и прилегающих прудов

Экспериментальная часть: В водоёмах национального парка «Валдайский» пробы зоопланктона и воды были отобраны с 21 по 26 июля и 21 октября в литоральной части 7-и прудов и 2-х озер. Карта забора проб представлена на рисунке 1, где обозначены контрольные станции 4 и 8.



Рисунок 1. Расположение станций отбора проб на озере Вельё, Пестовское и прилегающих прудах. Контрольные станции 4 и 8 обозначены другим цветом

Пробы для гидрохимических параметров отбирались батометром Молчанова (ГР-18) интегрально в столбе воды. Отбор проб осуществлялся в трехкратной повторности согласно общим требованиям (ГОСТ Р 59024-2020) [3]. Определялись такие параметры как: Температура; pH; Общая минерализация (TDS); Концентрация кислорода; Биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Прозрачность определялась с помощью диска Секки.

Дополнительно определялась концентрация ионов нитратов, нитритов, железа, хрома, ртути, меди, фторидов, фосфатов, свинца, свободного и общего хлора. Все измерения проводились стандартными гидрохимическими методами согласно РД 52.18.595-96 [4].

Отбор планктона осуществлялся с использованием планктонной сети Апштейна с диаметром входного отверстия 18 см. и размером ячеек 100 мкм. Отбор, фиксация и подсчет зоологического материала проводился согласно руководству по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений [5]. Для определения видовой принадлежности беспозвоночных использовался «Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России» [7].

На основании гидрохимических показателей рассчитывался индекс загрязнения воды согласно методическим указаниям Госкомгидромета № 250-1163 [2].

Чтобы определить класс сапробности воды каждой станции, рассчитывался индекс сапробности (S) по методу Пантле и Букк в модификации Сладечека [9, 11]. Для расчетов индекса применялись значения индикаторной значимости (s) сапробных организмов на территории европейской части России [12].

Результаты: Концентрация растворенного кислорода в пробах воды всех исследуемых водных объектов летом 2023 года не опускалась ниже 6 мг/л за исключением станций 3, 5 и 6. Таким образом, кислородный режим большинства участков исследуемой акватории можно считать удовлетворительным для развития гидробионтов, в том числе и зоопланктона.

Водородный показатель (pH) исследуемых гидроэкосистем изменялся от 6,94 до 7,99, что относит воды к категории «Нормальные» (pH 6,5-8,5) [1].

Значение биологического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) для вод озера Вельё составило 2,1 мгО<sub>2</sub>/л., озера Песковское – 2,1 мгО<sub>2</sub>/л, а для воды прудов: 1,6– 1,8 мгО<sub>2</sub>/л, что не превышало установленного норматива [1].

Ионы нитратов, нитритов, железа, хрома, ртути, меди, фторидов, в пробах воды со всех станций, не обнаруживались на уровне чувствительности метода.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) характеризует среднее содержание основных загрязняющих веществ в долях предельно допустимой концентрации (ПДК), содержащихся в водных объектах. Для расчета ИЗВ, селективно было выбрано 6 параметров: БПК<sub>5</sub>, концентрация

кислорода, фосфатов, свинца, свободного и общего хлора. Индекс загрязнения воды всех станций не превысил значения 1, за исключением станций 1 и 3 (Рисунок 2).

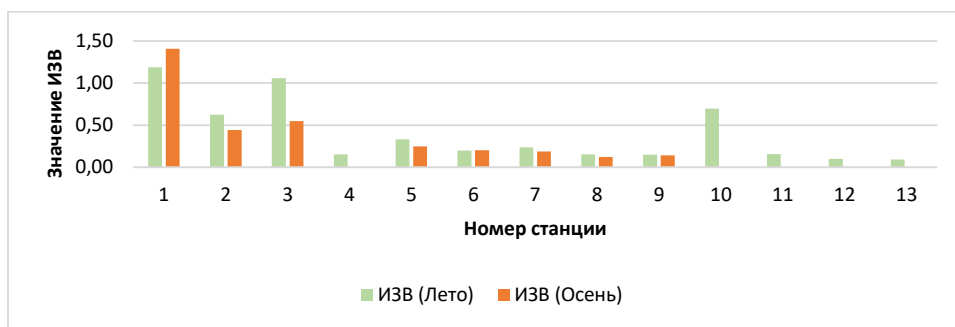


Рисунок 2. Значение индекса загрязнения воды из станций 1-13 исследуемых гидросистем национального парка «Валдайский», июль, октябрь, 2023г.

На основе полученного ИЗВ в период проведения исследований, вода восточной части берега озера Вельё (с станциями 1 и 3) соответствовала III классу качества [2]. Вода остальных водоемов была отнесена к I-II классу качества [2].

На станциях, где сравнительно высокое значение ИЗВ (0.4-1.4) наблюдается наличие стока воды с рыбопродуктивных прудов (Никольского рыбопродуктивного завода) и повышенная рекреационная нагрузка. На станциях 1 и 3, расположен линейный источник загрязнения – дорожно-транспортная магистраль, где в летний период наблюдался активный поток автомобильного транспорта.

В Озере Вельё и Пестовское были обнаружены представители 9 семейств и 27 видов мезопланктона, 17 из которых встречались единично (биомасса <0.01 мкг/л). Во всех водных объектах преобладали Ветвистоусые (Cladocera). Среди представителей Cladocera особенно многочисленными в летнее время были *Bosmina longispina* и *Polyphemus pediculus*. В осеннее время, при значительно пониженной биомассе (в 20-30 раз), доминировали виды *Bosmina longispina* и *Diaphanosoma branchyurum*.

В оз. Вельё видовой состав составил 13 видов, среди которых доминантами являлись *P. pediculus* и *D. Branchyurum*, а в озеро Пестовское входил отличающийся набор из 13 видов, доминантами которого являлись *P. pediculus* и *B. longinostris*.

Наибольшее значение биомассы мезопланктона достигается летом в прудах Вороновской и Центральной системы (на станциях 5 и 10) и на контрольной точке озера Вельё (станция 4) (Рисунок 3). В октябре, средняя биомасса планктона всех станций уменьшается в 20-30 раз. Такие наблюдения соответствуют ежегодной динамики зоопланктона, когда в период осеннего охлаждения водоема, биомасса зоопланктона резко понижается (из-за отмирания видов) [6, 8].

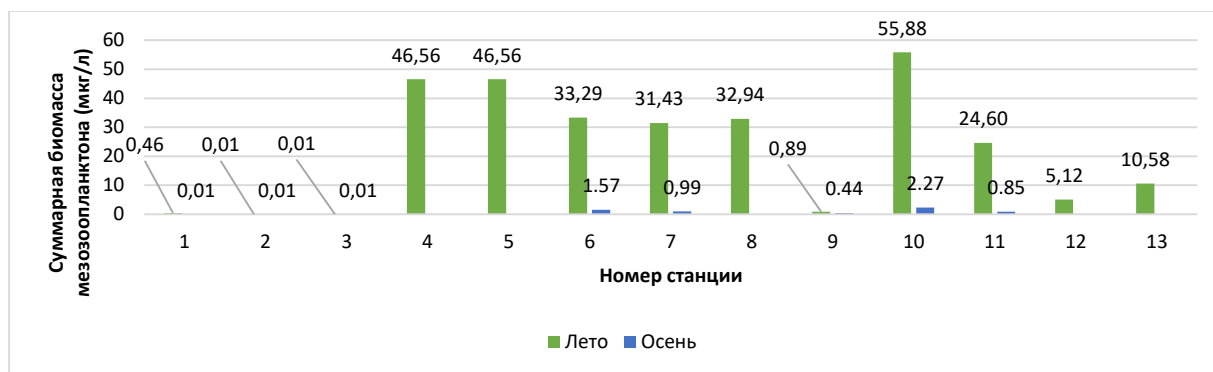


Рисунок 3. Суммарная биомасса видов мезозоопланктона станций 1-13 исследуемых гидросистем национального парка «Валдайский», июль, октябрь, 2023г.

На Рисунок 4 представлен график зависимости ИЗВ и суммарной биомассой мезопланктона каждой станции. На данном графике, шкала суммарной биомассы является логарифмической ( $\log_{10}$ ). В таком случае, соотношение между ИЗВ и суммарной биомассой является значительным с точки зрения экспоненциального взаимодействия ( $R^2=0,41$ ).

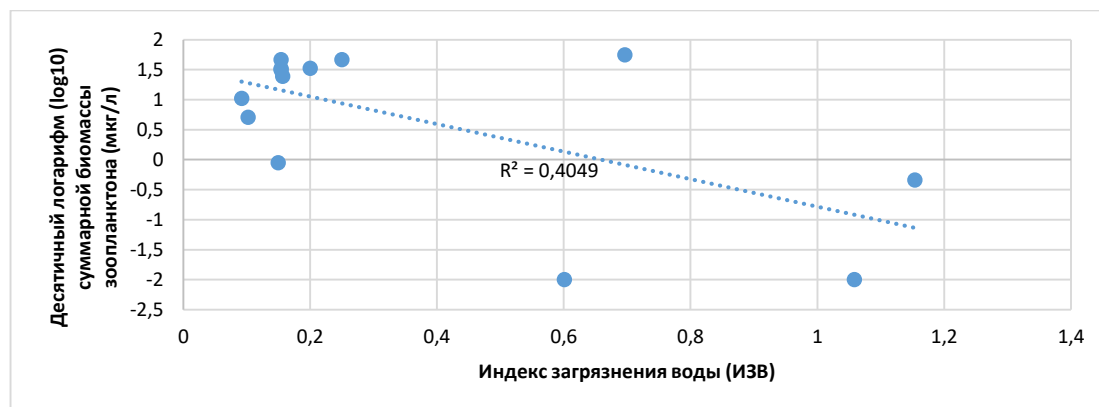


Рисунок 4. Взаимоотношение между ИЗВ воды и десятичным логарифмом биомассы мезопланктона каждой станции на графике дисперсии. (июль, 2023 г).

Следовательно, на станциях с повышенным индексом загрязнения воды ( $\text{ИЗВ} > 1$ ), наблюдается стремительное уменьшение биомассы зоопланктона, причиной которого является совместное воздействие низкого кислородного режима, определенный уровень органического вещества (БПК<sub>5</sub>) и превышение ПДК загрязняющих веществ.

На основании данных о биомассе и значений  $s$  (индикаторной значимости) сапробных организмов на территории европейской части России, в таблице 1 рассчитан индекс сапробности для каждой станции [9, 11, 12]. Следует отметить, что значение индекса по всем станциям варьируются в пределах от 1.38 до 1.41. Таким образом, учитывая сапробность обитающих видов, все исследованные станции относятся к  $\beta$ -мезосапробному типу [9]. Сообщества мезопланктона  $\beta$ -мезосапробного типа характерны для воды среднего уровня загрязнения [9, 11].

Таблица 1.

**Рассчитанный индекс сапробности и соответствующий разряд сапробности станций 1-13 системы озер Вельё-Пестовское в летний период (июль, 2023 г). \* – суммарная биомасса мезопланктона  $< 0.01$  мкг/л.**

Станция	Индекс сапробности по методу Пантле и Букк (в модификации Сладечека)	Разряд сапробности
1	1.391	$\beta$ -мезосапробная
2	-	*
3	-	*
4	1.407	$\beta$ -мезосапробная
5	1.409	$\beta$ -мезосапробная
6	1.410	$\beta$ -мезосапробная
7	1.387	$\beta$ -мезосапробная
8	1.388	$\beta$ -мезосапробная
9	1.389	$\beta$ -мезосапробная
10	1.401	$\beta$ -мезосапробная
11	1.392	$\beta$ -мезосапробная
12	1.388	$\beta$ -мезосапробная
13	1.389	$\beta$ -мезосапробная

По данным химического анализа, воду большинства станций можно отнести к I-II Классу качества (чистые), а по гидробиологическим показателям – к среднему уровню загрязнения. На станциях, где ИЗВ значительно превышает значения 1, резко падает суммарная биомасса

мезопланктона, что подразумевает высокую чувствительность биоиндикаторной группы к кислородному режиму, БПК<sub>5</sub> и превышению ПДК загрязняющих веществ.

Данные, полученные разными методами, подходят для совместно применения чтобы оценить состояние гидроэкосистемы. В данном случае, такой подход позволяет охарактеризовать воду оз. Вельё, оз. Пестовское и прилегающих прудов как благоприятные для обитания гидробионтов.

Химическими и биоиндикационными методами были выявлены загрязненные районы с низким качеством воды, где присутствует антропогенная нагрузка (станции 1 и 3). Таким образом, виды *Cladocera* проявили себя как удобные и надежные биоиндикаторы среды в пределах рекреационной зоны национального парка «Валдайский».

#### БИБЛИОГРАФИЯ

приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // СПС КонсультантПлюс.

ременные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, введены в действие указанием Госкомгидромета № 250-от 22.09.86.

ОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб. // СПС КонсультантПлюс.

Д 52.18.595-96 Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды. – СПб.: Гидрометеиздат. – 67 с.

бакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. - Л.: Гидрометеиздат. 1983. - 240 с.

винский В.А. Динамика зоопланктона оз. Валдайского // Рыбохоз. изучение внутр. водоёмов.

лексеев В.Р., Цалохин С.Я. (ред.) Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 1. Зоопланктон

ндроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. – СПб.: Наука, 1996. – 189 с.

иоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 140 с.

следования и природоохранные действия на особо охраняемых природных территориях Новгородской области: материалы региональной научно-практической конференции, Великий Новгород, 16-17 декабря 2016 г. / Сост. и ред. В. В. Куропаткин, Е. М. Литвинова. — СПб.: издво «Арт-Экспресс», 2018. — 160 с. — В надз. ОГБУ «Дирекция по управлению ООПТ», ФГБУ «Национальный парк «Валдайский», ОАОУ «Новгородский институт развития образования».

етоды оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология». – Казань: КФУ, 2015. – 44 с.

нифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. М.: Изд. СЭВ, 1977. 228 с.

илимонова, З. И. К вопросу о питании рыб-планктонофагов озер Карелии / З. И. Филимонова // Вопросы ихтиологии и гидробиологии внутренних водоемов. – Ленинград, 1967. – С. 262–269.

\*\*\*\*\*

#### STUDY OF THE MESOPLANKTON COMMUNITY WITHIN THE VELJE-PESTOVSKOYE LAKE SYSTEM OF THE VADAYSKY NATIONAL PARK

**Anisimov A.S., Kaurova Z.G.**

This work presents the results of a study of the Velye-Pestovskoye lake system. It was identified, that three species of the Cladocera superorder (*P. pediculus*, *D. Branchyurum* and *B. longinostris*), predominate among the mesoplankton. According to chemical analysis, the water in the eastern part of lake Velye received the quality class of III. The water of the remaining objects received the quality class of I-II. Based on hydrobiological data, the ecosystems of the Velye-Pestovskoye lakes are classified as  $\beta$ -mesosaprobic type. Despite the fact that the water from most stations is classified as clean according to chemical parameters, the mesoplankton communities of a lake system Velye-Pestovskoye are typical of water with a medium level of pollution.

A correlation ( $R^2=0.40$ ) was observed between an increased water pollution index and a decrease in mesoplankton biomass, which emphasizes the negative impact of pollution sources on the food supply of ichthyofauna.

**Keywords:** mesozooplankton, bioindication, saprobity, Valdai, national park, water pollution index, limnology.

---

#### Сведения об авторах:

**Анисимов Алексей Сергеевич**

Студент кафедры «биологии, экологии и гистологии»,  
ФГБОУ ВО «Санкт Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

**E-mail:** [alyosha.anisimov@gmail.com](mailto:alyosha.anisimov@gmail.com)

**Каурова Злата Геннадьевна**

К.б.н., доцент кафедры «биологии, экологии и гистологии»,  
ФГБОУ ВО «Санкт Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

**E-mail:** [6zlata@mail.ru](mailto:6zlata@mail.ru)