

## ПЕЛАГИЧЕСКИЙ ЗООПЛАНКТОН И ЕГО ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА В ОЗЕРЕ ВЕЧЕЛЬЕ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ) ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ

М. Д. Журавлев

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам  
220072, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: mishatelefon13@gmail.com

Поступила в редакцию 10.09.2025

Проанализированы многолетние материалы по летнему пелагическому зоопланктону озера Вечелье (Республика Беларусь). Исследования проводились в летние месяцы разных лет в условиях термической стратификации водной толщи. Станция отбора проб находилась на глубине 33 м, сборы производились около полудня в конце июля–начале августа. Зоопланктон собирали фракциями через каждые 5 м от поверхности до дна. Температура воды в эпилимнионе составляла  $22.6 \pm 1.7^\circ\text{C}$ , в гиполимнионе —  $4.9 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , в металимнионе —  $14.6 \pm 0.4^\circ\text{C}$ . Температура воды варьировала от  $3.2 \pm 0.8$  до  $8.8 \pm 0.8^\circ\text{C}$ . Всего было идентифицировано 48 видов зоопланктона, среди которых Rotifera (25 видов), Copepoda (9 видов) и Cladocera (14 видов). Средняя плотность зоопланктона в водной толще была относительно низкой для типичных мезотрофных озер и составляла  $28.3 \pm 13.9$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, колеблясь от 50.3 до 17.6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Основу популяции составляли Copepoda (65.9±8.2%), Cladocera (19.8±4.3%) и Rotifera (14.3±6.7%). Высокая плотность наблюдалась в эпилимнионе и металимнионе, минимальная — на глубине 20–25 м. Cladocera сосредотачивались в верхних слоях, тогда как Rotifera и Copepoda были сосредоточены в металимнионе. Средняя глубина расположения зоопланктона днем ( $11.45 \pm 1.0$  м). Среди редких видов в гиполимнионе обнаружен реликтовый холодолюбивый представитель *Eurytemora lacustris* (Pope, 1887).

*Ключевые слова:* зоопланктон, вертикальное распределение, Rotifera, Copepoda, Cladocera.

DOI: 10.47021/0320-3557-2026-43-52

### ВВЕДЕНИЕ

Вертикальная структура зоопланктона играет важную роль в экосистемных процессах водоемов, таких как перенос вещества и энергии, оказывает влияние на структуру других сообществ, определяет скорости эвтрофирования, рыбопродуктивность отдельных зон. Однако традиционно она исследовалась в основном в морских экосистемах [Рудяков, 1986 (Rudyakov, 1986)], где большая протяженность и четкая стратификация водных слоев создает условия для разделения организмов по глубине. В пресноводных водоемах, особенно в мелких озерах, это разделение обычно считается менее выраженным из-за небольшой глубины водоемов. Тем не менее, исследования стратифицированных озер Беларуси [Вежновец, Журавлев, 2022 (Vezhnavets, Zhurauliou, 2022)], Карелии и Байкала [Сярки, Фомина, 2019 (Syarki, Fomina, 2019); Сиделева, 2020 (Sideleva, 2020)] показали, что в пресных водах также наблюдается вертикальная структурированность зоопланктона,

под влиянием таких факторов, как температура, содержание кислорода, трофические условия, конкурентные и другие межпопуляционные отношения [Киселев, 1980 (Kiselev, 1980)].

Вертикальное распределение зоопланктона является важным элементом для экологического мониторинга, особенно при оценке состояния водоемов. Современные методики часто рекомендуют сборы зоопланктона у поверхности и около дна, что может исказить картину и не учитывать некоторых ключевых видов, обитающих в промежуточных слоях [Речкалов, Голубок, 2009 (Rechkalov, Golubok, 2009)]. Это приводит к недостаточной точности в расчетах как продуктивности, так и экологического статуса водоемов.

Цель настоящей работы — провести анализ многолетних данных по зоопланктону озера Вечелье и установить особенности его вертикального распределения в летнее время.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озеро Вечелье расположено в Ушачском районе Витебской области, Республики Беларусь, у юго-восточной окраины г.п. Ушачи. Относится к бассейну р. Крошенка, которая имеет исток в северной части озера. Площадь озера — 1.36 км<sup>2</sup>, длина — 3.68 км, наибольшая ширина — 0.48 км, максимальная глубина 35.9 м, длина береговой линии 8.25 км. Площадь водосбора более 37 км<sup>2</sup>. Котловина озера лоцинного типа,

сильно вытянута с северо-востока на юго-запад. Склоны покрыты лесом, песчаные, супесчаные и суглинистые, крутые, имеют высоту 10–15 м. В северо-западной части пологие, высотой 2–4 м, частично распаханные. Озеро малопроточное, впадают 4 ручья, в том числе и с закисленного озера Должина [Блакiтная кнiга Беларусi, 1994].

Озеро Вечелье относится к типичным мезотрофным озерам с прозрачностью 3–5.5 м и небольшим дефицитом кислорода в гипolimнионе, затрагивающим чаще придонные слои воды, выраженным не каждый год [Вежновец, Журавлев, 2022 (Vezhnavets, Zhurauliou, 2022)]. До 2011 года значительное антропогенное воздействие на водоем оказывал Ушачский льнозавод, непосредственно примыкавший к северо-западной оконечности водоема, который сейчас не работает. Расположенные на северо-востоке городской пляж и водноспортивный комплекс оказывают небольшую рекреационную нагрузку.

Проведен анализ вертикальной пространственной структуры пелагического зоопланктон водоема, в разные годы наблюдений (2016, 2019, 2021–2023 гг.) в летнее время, при температурном расслоении водной толщи. Станция сбора — точка 1 (55.152971 с.ш., 28.635140 в.д.) с глубиной 33 м (рис. 1). Ловы производили около полудня в конце июля — начале августа. Сбор зоопланктона осуществлялся по фракциям: каждые 5 м от поверхности до дна, с использованием замыкающейся количественной планктонной сети Джели, имеющей диаметр входного отверстия 25 см и размер ячеек 62 мкм.

Консервацию проводили 4% раствором формалина. Одновременно с отбором проб измеряли температуру и содержание кислорода с использованием термометра HANNA HI 76407/20 с глубоководным датчиком. Прозрачность воды определяли с помощью белого диска Секки.

Лабораторную обработку проб осуществляли под бинокулярным микроскопом МБС 9 в камере Богорова, с уточнением морфологических характеристик при помощи микроскопа

Leika MD 1000. Таксономическая идентификация зоопланктона проводилась с использованием определительных таблиц из различных источников [Определитель зоопланктона, 2010 (Opredelitel' zooplanktona, 2010); Вежновец, 2005 (Vezhnavets, 2005); Кутикова, 1970 (Kutikova, 1970); Монченко, 1974 (Monchenko, 1974)].

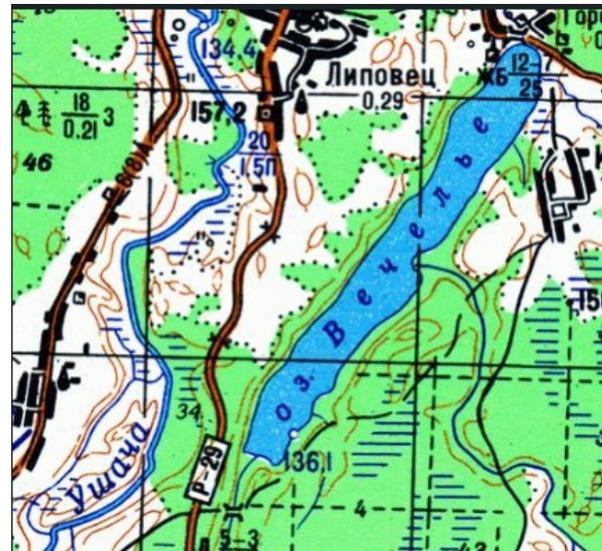


Рис. 1. Станция отбора проб озеро Вечелье.

Fig. 1. Sampling station, Lake Vechelie.

Данные о численности зоопланктона представлены в виде количества организмов на единицу объема (экз./м<sup>3</sup>). Для формализованной оценки распределения использовалась средняя глубина (D), на которой находился зоопланктон, вычисляемая по формуле:

$$D = \frac{\sum(N_i \times d_i + N_n \times d_n)}{\sum N_i - n},$$

где N — численность на определенной глубине; d — глубина лова.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средняя прозрачность воды в наблюдаемый период в озере составила  $2.5 \pm 0.7$  м при изменении от 2.1 м в 2022 г. до 3.6 м в 2019 г., что подтверждает мезотрофный статус водоема. Эти значения ниже указываемых в литературных источниках [Журавлев, Вежновец (Zhurauliou, Vezhnavets, 2023)], что может свидетельствовать о процессе эвтрофирования водоема.

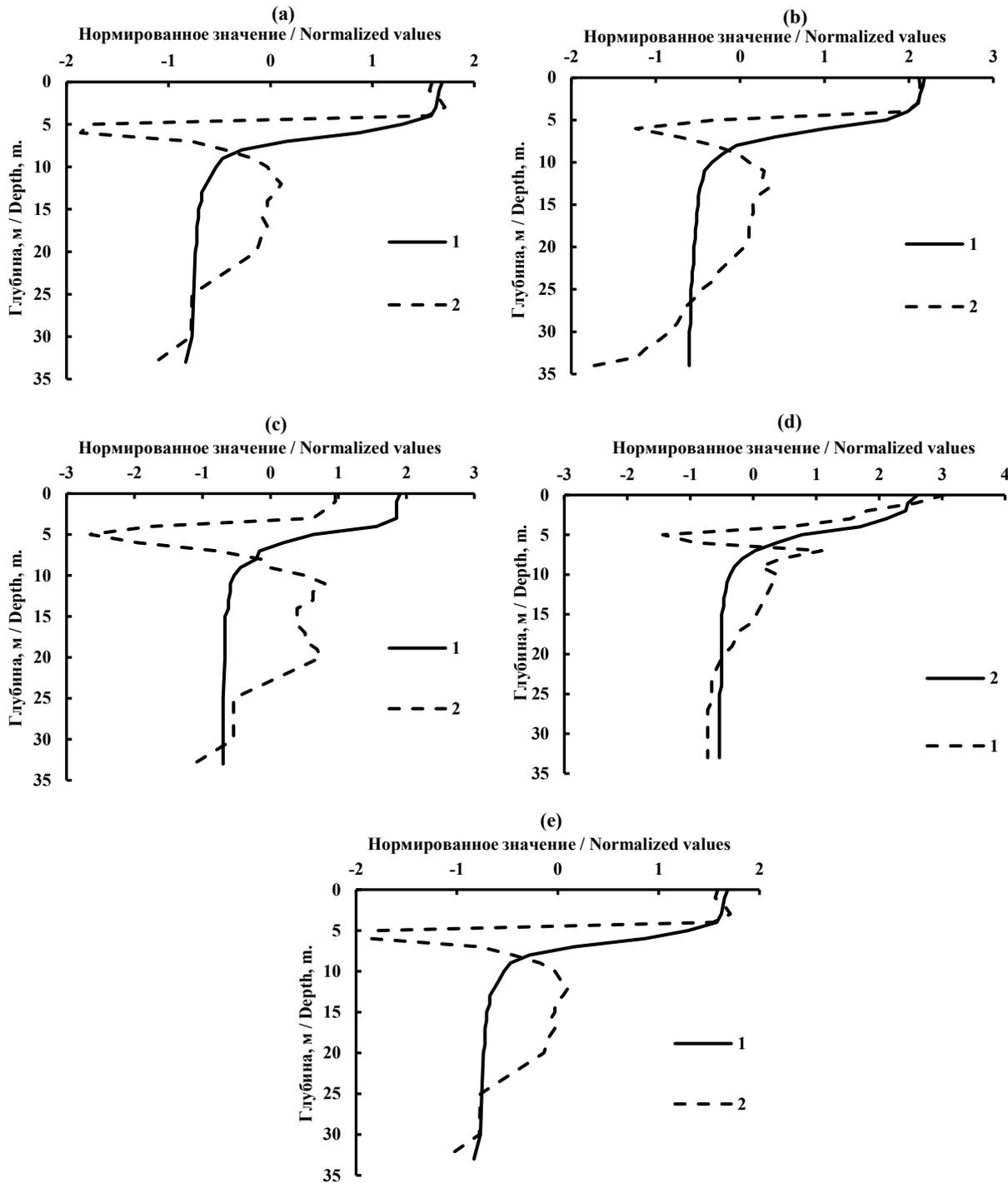
Озеро характеризуется термическим расслоением, где отчетливо выделяются три зоны: эпилимнион, металимнион и гипolimнион (рис. 2). В верхних слоях воды, в эпилимнионе, температура составила  $22.6 \pm 1.7^\circ\text{C}$ , в то время как в придонных слоях, и в гипolimнионе, температура была значительно ниже —  $4.9 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Зона металимниона простиралась от глубины  $3.2 \pm 0.8$  до  $8.8 \pm 0.8$  м, где температура воды

в среднем составила  $14.6 \pm 0.4^\circ\text{C}$ . В распределении температуры по глубинам наблюдалось относительное постоянство, температура больше менялась в эпилимнионе. Обнаружена статистически не достоверная корреляция между температурой и прозрачностью (значение корреляционной связи  $r = 2.16$  при  $p\text{-level} = 0.089$ ). Вероятно, что для регистрации более точных связей необходимы более продолжительные ряды наблюдений.

Распределение концентрации растворенного кислорода с глубиной было более сложным. В эпилимнионе уровень кислорода был близок к полному насыщению, что связано с активным ветровым перемешиванием в верхних слоях. В зоне металимниона наблюдается резкое снижение концентрации кислорода, что свидетель-

ствует о наличии “металимниального минимума”, связанного с потреблением кислорода при разложении органических веществ [Boyd, 1972]. Его минимальные значения в разные годы в среднем составили  $2.0 \pm 1.02$  мг/л, а расположение приурочено к началу, глубинам 5–6 м. После металимниона уровень кислорода несколько возрастает, но в гипolimнионе снова наблюдается

его постепенное снижение. Минимальные значения кислорода ( $2.38 \pm 1.18$  мг/л) зафиксированы и в придонных слоях на глубине 33 м. При межгодовых изменениях абсолютных значений общий характер распределения концентрации кислорода по горизонтам сохранялся.



**Рис. 2.** Вертикальная структура основных факторов среды. 1 — температура, 2 — содержание кислорода: (а) 2016 г.; (б) 2019 г.; (с) 2021 г.; (д) 2022 г.; (е) 2023 г.

**Fig. 2.** Vertical structure of the main environmental factors. 1 — temperature, 2 — oxygen: (a) 2016; (b) 2019; (c) 2021; (d) 2022; (e) 2023.

В зоопланктоне озера было выявлено 48 видов, среди которых преобладают колесовратки (25), веслоногие рачки (9) и ветвистоусые рачки (14) (табл. 1). Среди редких видов стоит отметить представителя реликтов — холодолюбивого *Eurytemora lacustris* Poppe, 1887. Общее количество таксонов достигло максимума в 2016 г. (34 вида). Количество таксонов в последние годы остается относительно стабильным, что может быть обусловлено постоянством основных экологических условий (рис. 2).

Численность зоопланктона в водном столбе была относительно низкой для типичных мезотрофных озер и составила в среднем  $28.3 \pm 13.9$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, при межгодовых колебаниях от 50.3 тыс. экз./м<sup>3</sup> до 17.6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. По многолетним данным процентное соотношение численности групп зоопланктона было следующим: Rotifera —  $14.3 \pm 6.7\%$ , Copepoda —  $65.9 \pm 8.2\%$ , Cladocera —  $19.8 \pm 4.3\%$ . Высокая средняя численность Copepoda обусловлена преобладанием науплиальных стадий развития.

**Таблица 1.** Таксономический состав зоопланктона оз. Вечелье в 2016–2023 гг.

**Table 1.** Taxonomic structure of zooplankton in Lake Vechelie in 2016–2023

Виды / Species	2016	2019	2021	2022	2023
<b>Rotifera</b>					
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	+	+	–	–	–
<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	+	–	–	–	–
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	–	–	–	–
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	–	–	–	–
<i>Collotheca</i> sp.	+	+	–	–	–
<i>Colurella colurus colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	+	–	–	–	–
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	+	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+	+	+	–
<i>Filinia maior</i> (Colditz, 1914)	–	–	–	+	+
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	–	–	–	+	+
<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	+	–	+	–	–
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis robusta</i> (Lauterborn, 1900)	–	–	–	+	+
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin, 1943	+	–	–	–	–
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	+	–	+	+	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	–	+	+	+
<i>Polyarthra major</i> Burckhard, 1900	+	+	–	+	+
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	+	+	–	–	–
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	+	–	–	–	–
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	–	+	–	–
<i>Synchaeta tremula</i> (Müller, 1786)	+	–	+	–	–
<i>Testidunella</i> sp	–	–	–	+	–
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	+	–	–	–	–
<i>Trichocerca rousseleti</i> (Voigt, 1902)	+	–	–	–	–
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	–	–	–	–
<b>Всего: 25</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>
<b>Copepoda</b>					
<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	+	+	+	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	–	+	+	+	+
<i>Eurytemora lacustris</i> (Poppe, 1887)	+	+	+	+	+
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	–	+	+	+	+
<i>Megacyclops gigas</i> (Claus, 1857)	–	+	–	–	+
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	–	–	–	–	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	–	+	+	+	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	–	+	+	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> Sars, 1863	+	+	+	+	+
<b>Всего: 9</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Cladocera</b>					
<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i> Baird, 1857	–	+	+	+	+
<i>Bosmina (E.) coregoni</i> cf. <i>gibbera</i> (Schoedler, 1866)	–	–	–	+	–
<i>Bosmina (E.) coregoni</i> cf. <i>crassicornis</i> (P.E. Muller, 1867)	+	+	+	+	–
<i>Bosmina (E.) coregoni</i> cf. <i>kessleri</i> Uljanin, 1872	–	–	–	+	+
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	+	+	+
<i>Bosmina (E.) coregoni</i> cf. <i>longispina</i> Leydig, 1860	+	+	+	+	+

Виды / Species	2016	2019	2021	2022	2023
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	–	–	–	–
<i>Daphnia cristata</i> Sars, 1862	+	+	+	+	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	+	+	+	+	+
<i>Daphnia galeata</i> Sars, 1863	–	+	–	–	–
<i>Daphnia longispina</i> O.F.Muller, 1785	+	+	–	–	+
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Lievin, 1848)	+	+	+	+	+
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+	–	+	+
<i>Sida rystalline</i> (O.F. Muller, 1776)	–	–	+	–	–
<b>Всего: 14</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>
<b>Итого: 48</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>26</b>

Максимальные значения численности в столбе воды варьировали в зависимости от года и располагались либо в эпилимнионе, где плотность зоопланктона в среднем составляла  $59.9 \pm 1.8$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, либо в металимнионе —  $62.5 \pm 31.9$  тыс. экз./м<sup>3</sup>. Минимальная численность наблюдалась на глубине 20–25 м и составляла  $6.2 \pm 4.1$  тыс. экз./м<sup>3</sup>. Придонный пик, по абсолютным значениям в среднем составил

$10.5 \pm 3.4$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, и был обусловлен, в основном, копепоидными и науплиальными стадиями развития Copepoda, а также присутствием здесь холодолюбивого вида *E. lacustris* (табл. 2). В 2016 г. придонного роста по приведенным относительным данным не наблюдалось, хотя абсолютная численность составила 6.9 тыс. экз./м<sup>3</sup>, но в вышележащих слоях воды она была еще выше.

**Таблица 2.** Вертикальная структура общей численности зоопланктона (%) в толще воды оз. Вечелье

**Table 2.** Vertical structure of total zooplankton abundance (%) in the water column of Lake Vechelie

Показатели / Indicators	2016	2019	2021	2022	2023	Среднее Average
Глубина, м Depth, m						
0–5	23.5	28.5	<b>44.8</b>	25.2	<b>41.8</b>	<b>32.8</b>
5–10	<b>30.6</b>	<b>32.0</b>	23.5	<b>38.8</b>	31.7	31.3
10–15	25.7	23.0	12.3	9.0	7.8	15.6
15–20	9.1	6.5	4.0	8.9	4.2	6.5
20–25	6.5	1.8	2.2	3.5	4.4	3.7
25–30	2.7	1.9	3.5	7.7	4.2	4.0
30–33	1.9	<b>6.3</b>	<b>9.7</b>	<b>6.8</b>	<b>5.9</b>	<b>6.1</b>
Прозрачность, м Transparency, m	2.2	3.6	2.0	2.1	2.2	2.42

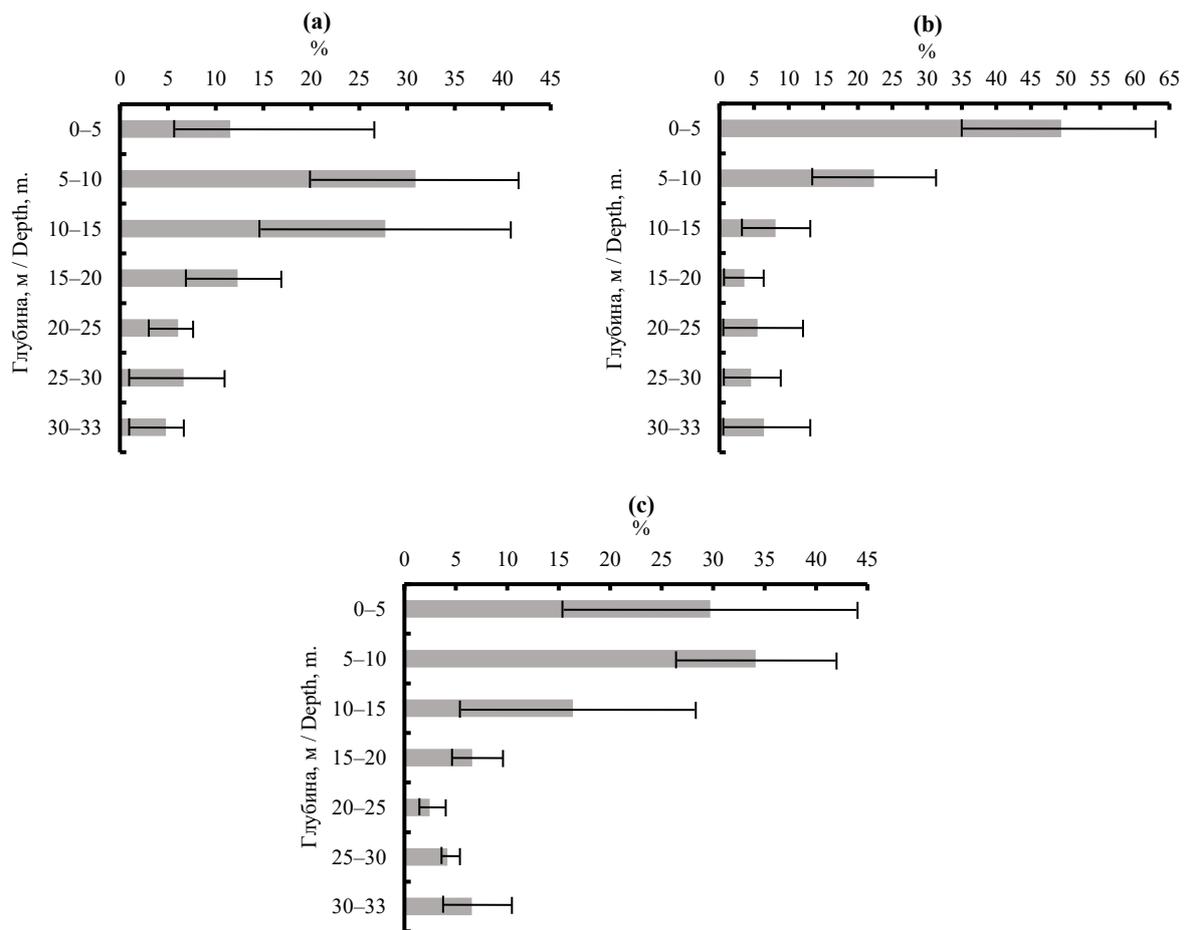
Рассчитанная средняя глубина нахождения зоопланктона в этом водоеме в дневное время составила  $11.45 \pm 1.0$  м, и за исследованный период увеличилась на 1.5 м.

Коловратки (Rotifera) преимущественно встречаются в металимнионе и верхней границе гиполимниона, где их численность достигает максимума —  $31 \pm 10.7\%$ . Далее идет спад до  $7.5 \pm 3.3\%$  в среднем гиполимнионе. Эти организмы не показывают придонного роста численности (рис. 3а).

Ветвистоусые рачки (Cladocera) имеют максимальную концентрацию в эпилимнионе —  $53.2 \pm 14\%$ . Их численность резко снижается на глубине 20–25 м, где минимальный показатель составляет  $3.6 \pm 2.5\%$ . Присутствует придонный рост численности, обусловленный нахождением на большой глубине некоторых форм босмин. Средняя глубина нахождения кладоцер —  $7.6 \pm 2.5$  м (рис. 3б).

Веслоногие рачки (Copepoda) сосредоточены в основном в металимнионе, где их численность достигает  $34.2 \pm 7.7\%$ . Как уже упоминалось, имеется рост придонной численности, обусловленный расположением здесь глубоководного *E. lacustris* (рис. 3с).

В эпилимнионе обитали такие виды, как *Keratella cochlearis robusta* Lauterborn, 1900, *Daphnia cucullata* Sars, 1862, *Diaphanosoma brachiurum* Lievin, 1848, *Thermocyclops oithonoides* Sars, 1863 и *Mesocyclops leuckarti* Claus, 1857. В металимнионе зарегистрированы виды, такие как *Kellicottia longispina* Kellicott, 1879, *Daphnia cristata* Sars, 1862, а в гиполимнионе встречались *Keratella quadrata* Müller, 1786, *Filinia longiseta* Ehrenberg, 1834, *Bosmina (E.) coregoni cf. longispina* Leydig, 1860, *Bosmina longirostris* (O.F.Muller, 1785) и *E. lacustris*.



**Рис. 3.** Вертикальное распределение численности (%) в столбе воды основных групп зоопланктона: (a) Rotifera; (b) Cladocera; (c) Copepoda.

**Fig. 3.** Vertical distribution of abundance (%) in the water column by the major groups of zooplankton: (a) Rotifera; (b) Cladocera; (c) Copepoda.

Для иллюстрации вертикального распределения выбирали виды с достаточной численностью. Предварительный анализ показал, что для редких и малочисленных популяций, а также для видов, которые встречаются случайно, могут возникать значительные погрешности. Это связано с тем, что отдельные особи могут случайно оказываться на глубинах, не соответствующих их обычному распределению. Иногда такие особи могут быть мертвыми, вследствие чего опускаются на большую глубину. Кроме того, колониальные формы коловраток, такие как *Conochilus unicornis* Rousset, 1892, могут существенно влиять на степень неоднородности распределения. Соответственно, анализ подобных данных требует особой осторожности: в работе примеры вертикальной структуры представлены только для массовых не колониальных видов.

Массовые виды *K. longispina* и *K. cochlearis*, имели достаточную численность для построения вертикального профиля. На рисунке 4

показано, что вертикальный профиль *K. longispina* схож с профилем распределения общей средней численности Rotifera. Оба вида имеют расхождение в расположении максимума, причиной которого может быть конкуренция за пищу [Bogdan et al., 1987]. В ходе корреляционного анализа найдена зависимость глубины расположения *K. longispina* от температуры (значение корреляционной связи  $r = 2.53$  при  $p\text{-level} = 0.052$ ) и статистически значимая зависимость у *K. cochlearis* от температуры (значение корреляционной связи  $r = 3.72$  при  $p\text{-level} = 0.014$ ).

Копепода *E. lacustris* является stenothermным холодолюбивым видом и населяет только гипolimнион, что установлено для данного водоема ранее [Вежновец, Литвинова 2021 (Vezhnavecs, Litvinova 2021)]. В водоемах Беларуси *E. lacustris* имеет две генерации: летнюю и зимнюю, представители которых могут встречаться вместе в летний период, что приводит к значительным изменениям в возрастном составе. Младшие возрастные стадии (науплии и

копеподиты) в основном обитают в металимнионе, и их численность в популяции вызывает заметные изменения в вертикальной структуре в теплый период года (рис. 5). При корреляционном анализе найдена статистически значимая обратная зависимость расположения копеподитных стадий и взрослых организмов от содержания кислорода, значение корреляционной

связи  $r = -3.72$  и  $-3.72$  при  $p\text{-level} = 0.014$  и  $0.014$ , соответственно, и такая же зависимость у взрослых особей от температуры (значение корреляционной связи  $r = -2.28$  при  $p\text{-level} = 0.071$ ). Это подтверждает нахождение взрослых и копеподитных стадий в более глубоких слоях.

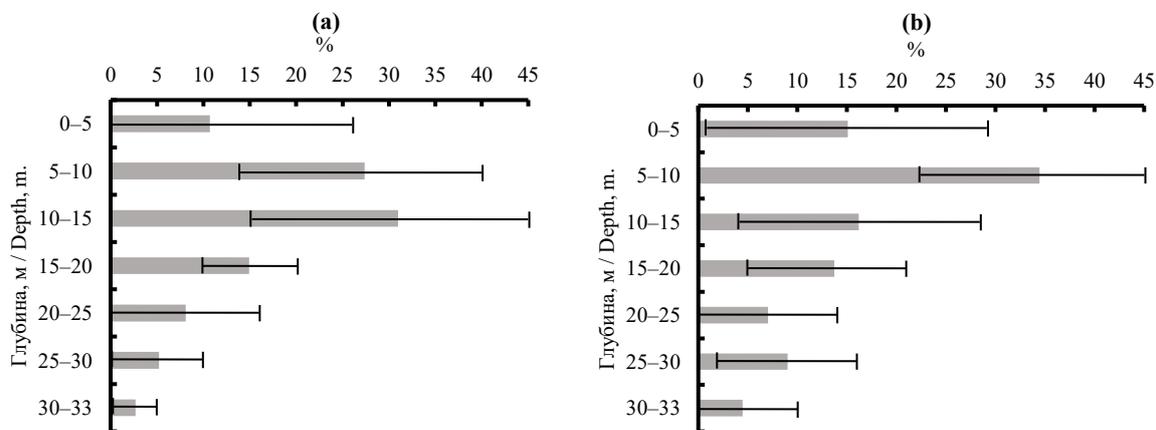


Рис. 4. Вертикальное распределение численности (%) массовых форм коловраток в столбе воды: (a) *Kellicottia longispina*; (b) *Keratella cochlearis*.

Fig. 4. Vertical distribution of abundance (%) by mass Rotifera forms in the water column: (a) *Kellicottia longispina*; (b) *Keratella cochlearis*.

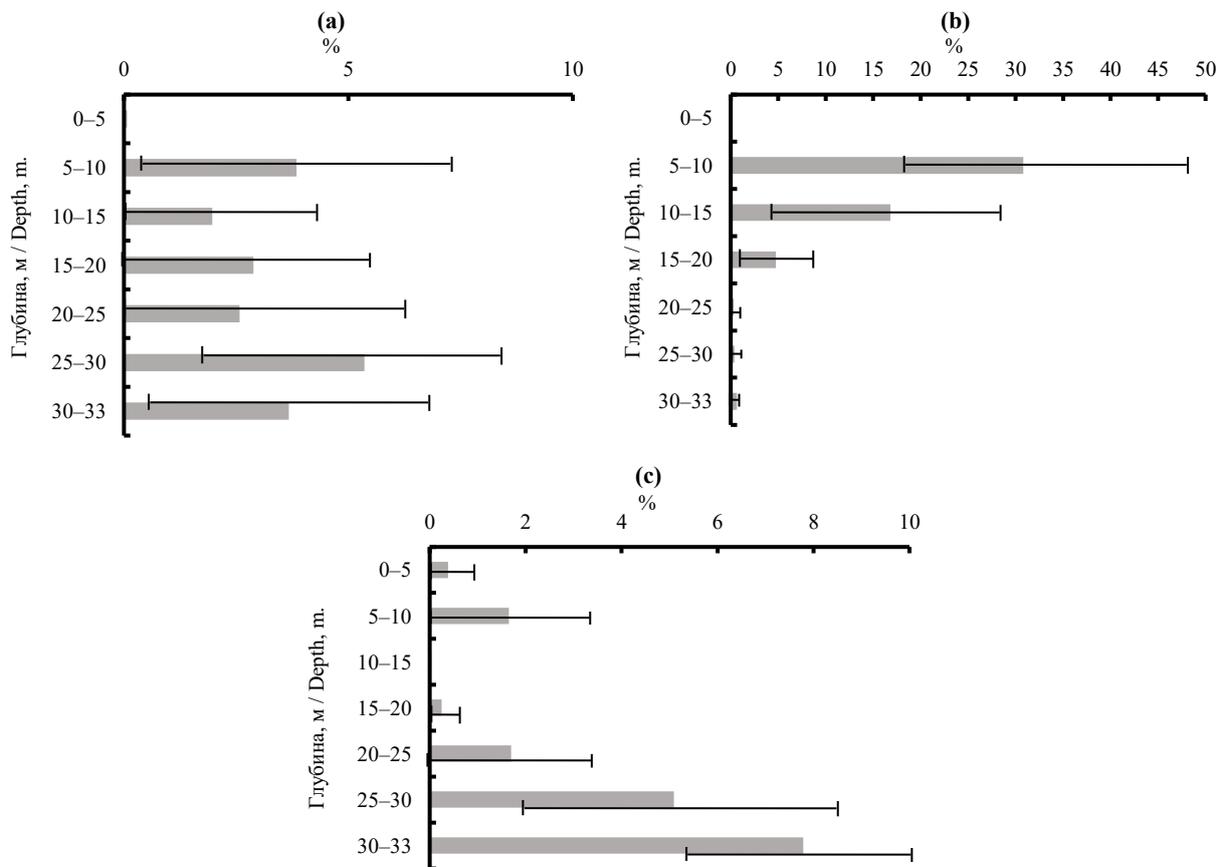
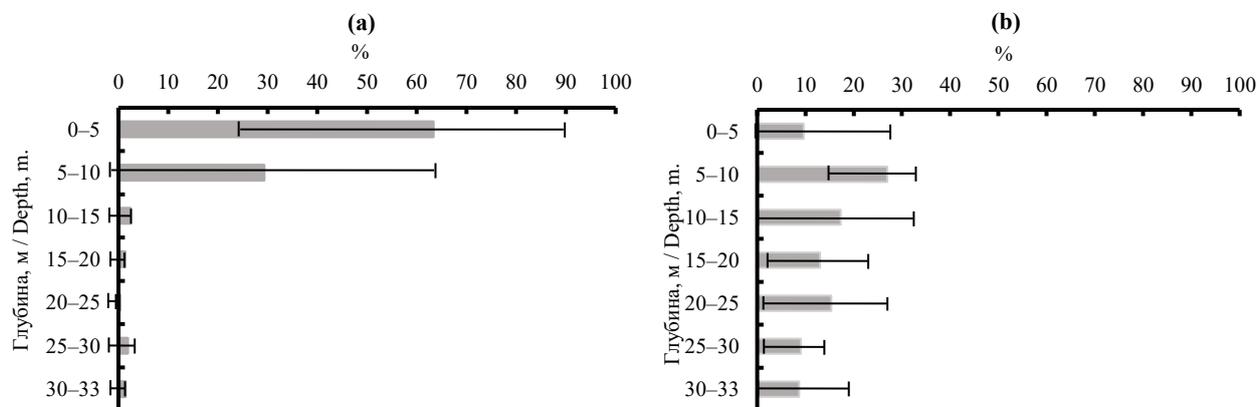


Рис. 5. Вертикальное распределение численности (%) в столбе воды возрастных форм *Eurytemora lacustris*: (a) копеподиты; (b) науплиусы; (c) взрослые.

Fig. 5. Vertical distribution of abundance (%) by age *Eurytemora lacustris* forms in the water column: (a) copepodit; (b) nauplius; (c) adult.

Большинство ветвистоусых ракообразных населяют эпилимнион, и только некоторые из них могут встречаться глубже [Вежновец, 2012 (Vezhnavecs, 2012)]. Примером эпилимниальной фауны могут быть *D. brachyurum* и *D. cucullata*, а гиполимниальной — *B. (E.) core-*

*goni cf. longispina*, *Bosmina longirostris* (O.F. Muller, 1785) (рис. 6). Найдена корреляция расположения *D. cucullata* от температуры (значение корреляционной связи  $r = 2.28$  при  $p\text{-level} = 0.071$ ), что подтверждает теплолюбивость вида.



**Рис. 6.** Вертикальное распределение численности (%) массовых форм коловраток в столбе воды: (a) *Daphnia cucullata*; (b) *Bosmina longispina*.

**Fig. 6.** Vertical distribution of abundance (%) by mass Cladocera forms in the water column: (a) *Daphnia cucullata*; (b) *Bosmina longispina*.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в разные годы наблюдений в озере Вечелье характер вертикального распределения зоопланктона мало менялся по глубинам, с концентрацией в разные годы в эпилимнионе или в металимнионе, с постепенным снижением к дну. Максимальные значения в этих слоях воды были в среднем 32.8%, что характерно для мезотрофных озер Беларуси [Вежновец, Журавлев, 2022 (Vezhnavecs, Zhurauliou, 2022)]. Распределение трех основных таксономических групп зоопланктона — коловраток, веслоногих и ветвистоусых ракообразных — в водной толще озера имеет схожий характер, но максимум численности ветвистоусых ракообразных располагается в эпилимнионе, а веслоногих и коловраток в ме-

талимнионе. Профили распределения отдельных видов различаются. По расположению в вертикальном пространстве можно выделить тепловодные и холодноводные виды. К первым относятся большинство ветвистоусых ракообразных, хотя среди них гиполимнион заселяется такими формами, как *Bosmina (E.) coregoni cf. longispina* и *Bosmina longirostris*. Из веслоногих большинство указанных для озера Вечелье видов также предпочитают прогреваемые верхние слои воды за исключением *E. Lacustris*, которая обитает глубже. В группе коловраток доминирующие виды, определяющие вертикальную структуру в этом озере приурочены к слоям металимниона и начала гиполимниона.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке: договора ГНТП “Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности” № 41/9/32021(2)/2023; договоров Б23МС-001 и Б25МС-016 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ); Гранта ГПНИ (задание 1.19 (№20160496)).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вежновец В.В. Ракообразные (Cladocera, Soropoda) в водных экосистемах Беларуси. Каталог. Определительные таблицы. Минск: Белорусская наука, 2005. 150 с.
- Вежновец В.В., Литвинова А.Г. Биология представителей рода *Eurytemora* (Soropoda, Calanoida) в водоемах Беларуси. Минск: Белорусская наука, 2021. 200 с.
- Вежновец В.В., Журавлев М.Д. Вертикальная структура зоопланктона в стратифицированных озерах Беларуси с разной степенью трофии // Биология внутренних вод. 2022. № 6. С. 725–733. DOI: 10.31857/S0320965222060195.
- Журавлев М.Д., Вежновец В.В. Вертикальное распределение зоопланктона в озере Вечелье (Беларусь) // Вестник БДПУ. 2023. Сер. 3. № 1. С. 43–48.
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов: Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Л.: Наука, 1980. 439 с.

- Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Монченко В.И. Челюстноротые циклообразные. Циклопы (Cyclopidae) / В. И. Монченко // Фауна Украины. Киев: Наукова думка, 1974. Т. 27, № 3. 452 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: Т. 1: Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
- Речкалов В.В., Голубок О.В. Особенности распределения зоопланктона озера Увильды (Южный Урал) в период летней стратификации // Вестн. Оренбург. ун-та. 2009. № 10. С. 482–485.
- Рудяков Ю.А. Динамика вертикального распределения пелагических животных. М.: Наука, 1986. 135 с.
- Сиделева В.Г. Вертикальное распределение, сезонная дифференциация и траектория перемещения зоопланктона и пелагических рыб озера Байкал // Тр. Зоол. ин-та РАН. 2020. Вып. 324(4). С. 449.
- Сярки М.Т., Фомина Ю.Ю. Зоопланктон Онежского озера, его центрального плеса и залива Большое Онего в разные по температурному режиму годы // Тр. Карел. науч. центра РАН. 2019. № 9. С. 104.
- Якушко О.Ф. и др. Вечелье // Озера Белоруссии. Минск: Ураджай, 1988. 216 с.
- Блакiтная кнiга Беларусi: Энциклапедыя. Минск: БелЭн, 1994. 415 с.
- Bogdan K.G., Gilbert J.J. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. A multi-tracer-cell approach // *Oecologia*. 1987. Vol. 72(3). P. 331–340.
- Boyd J.D. Metalimnetic Oxygen Minima in Lake Ontario // *Journal of Great Lakes Research*. 1972. Vol. 6(2). P. 95–100.

## REFERENCES

- Blakitnaya kniga Belarusi: Encyklapedyya [Red book of Belarus]. Minsk, BelEn, 1994. 415 p. (In Belarus)
- Bogdan K.G., Gilbert J.J. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. A multi-tracer-cell approach. *Oecologia*, 1987, vol. 72(3), pp. 331–340.
- Boyd J.D. Metalimnetic Oxygen Minima in Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 1972, vol. 6(2), pp. 95–100.
- Kiselev I.A. Plankton morej i kontinental'nyh vodoemov: Raspredelenie, sezonnaya dinamika, pitanie i znachenie [Plankton of seas and continental reservoirs: Distribution, seasonal dynamics, nutrition and significance]. Leningrad, Nauka, 1980. 439 p. (In Russia)
- Kutikova L.A. Kolovratki fauny SSSR [Rotifers of the fauna of the USSR]. Leningrad, Nauka, 1970. 744 p. (In Russia)
- Monchenko V.I. Chelyustnorotye cikloobraznye. Ciklopy (Cyclopidae) [Maxillofacial cycloformes. Cyclopes (Cyclopidae)]. *Fauna Ukrainy*. Kiev, Naukova dumka, 1974, vol. 27, no. 3. 452 p. (In Russia)
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii: T. 1: Zooplankton [Determinant of zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia: Vol. 1: Zooplankton]. Eds.: V.R. Alekseeva, S.Ya. Calolihina. Moscow, Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2010. 495 p. (In Russia)
- Rechkalov V.V., Golubok O.V. Osobennosti raspredeleniya zooplanktona ozera Uvil'dy (Yuzhnyj Ural) v period letnej stratifikacii [Features of zooplankton distribution in Lake Uvildy (Southern Urals) during summer stratification]. *Vestn. Orenburg. un-ta*, 2009, no. 10, pp. 482–485. (In Russia)
- Rudyakov Yu.A. Dinamika vertikal'nogo raspredeleniya pelagicheskikh zhivotnyh [Dynamics of vertical distribution of pelagic animals]. Moscow, Nauka, 1986. 135 p. (In Russia)
- Sideleva V.G. Vertikal'noe raspredelenie, sezonnaya differenciaciya i traektoriya peremeshcheniya zooplanktona i pelagicheskikh ryb ozera Bajkal [Vertical distribution, seasonal differentiation and trajectory of movement of zooplankton and pelagic fish of Lake Baikal]. *Tr. Zool. in-ta RAN*, 2020, vol. 324(4), p. 449. (In Russia)
- Syarki M.T., Fomina Yu.Yu. Zooplankton Onezhskogo ozera, ego central'nogo plesa i zaliva Bol'shoe Onego v raznye po temperaturnomu rezhimu gody [Zooplankton of Lake Onega, its central ples and Bolshoe Onego Bay in different periods according to the temperature regime, years]. *Tr. Karel. nauch. centra RAN*, 2019, no. 9, p. 104. (In Russia)
- Vezhnovec V.V. Rakoobraznye (Sladocera, Copepoda) v vodnyh ekosistemah Belarusi. Katalog. Opredelitel'nye tablitsy [Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus. Catalog. Definitive tables]. Minsk, Belorusskaya nauka, 2005. 150 p. (In Russia)
- Vezhnovec V.V., Litvinova A.G. Biologiya predstavitelej roda Eurytemora (Copepoda, Calanoida) v vodoemah Belarusi [Biology of representatives of the genus Eurytemora (Copepoda, Calanoida) in the reservoirs of Belarus]. Minsk, Belorusskaya nauka, 2021. 200 p. (In Belarus)
- Vezhnovec V.V., Zhuravlev M.D. Vertical structure of zooplankton in stratified lakes of Belarus with varying degrees of trophism. *Inland Water Biology*, 2022, vol. 6, pp. 725–733. doi: 10.31857/S0320965222060195.
- Yakushko O.F. et al. Vechel'e. *Ozera Belorussii*. Minsk, Uradzhaj, 1988. 216 p. (In Belarus)
- Zhuravlev M.D., Vezhnovec V.V. Vertikal'noe raspredelenie zooplanktona v ozere Vechel'e (Belarus') [Vertical distribution of zooplankton in Lake Vechelye (Belarus)]. *Vestnik BDPU*, 2023, ser. 3, no. 1, pp. 43–48. (In Belarus)

## PELAGIC ZOOPLANKTON AND ITS VERTICAL STRUCTURE IN LAKE VECHELYE ACCORDING TO MANY-YEAR DATA

**M. D. Zhurauliou**

*State Scientific and Production Association Scientific  
and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources  
220072 Minsk, Republic of Belarus, e-mail: mishatelefon13@gmail.com  
Revised 10.09.2025*

The Long-term materials on the summer pelagic zooplankton of Lake Vechel'ye (Republic of Belarus) were analyzed. The studies were conducted during the summer months of different years under conditions of thermal stratification of the water column. The sampling station was located at a depth of 33 meters, and samples were collected around noon in late July–early August. Zooplankton was collected in fractions every 5 m from the surface to the bottom. The water temperature in the epilimnion was  $22.6\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ , in the hypolimnion —  $4.9\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , and in the metalimnion —  $14.6\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ . The water temperature ranged from  $3.2\pm 0.8$  to  $8.8\pm 0.8$  degrees. A total of 48 zooplankton species were identified, including Rotifera (25 species), Copepoda (9 species), and Cladocera (14 species). The average zooplankton density in the water column was relatively low for typical mesotrophic lakes, amounting to  $28.3\pm 13.9$  thousand ind./m<sup>3</sup>, ranging from 50.3 to 17.6 thousand ind./m<sup>3</sup>. The population was dominated by Copepoda (65.9±8.2%), Cladocera (19.8±4.3%), and Rotifera (14.3±6.7%). High density was observed in the epilimnion and metalimnion, while the minimum was recorded at a depth of 20–25 m. Cladocera were concentrated in the upper layers, whereas Rotifera and Copepoda were concentrated in the metalimnion. The average daytime depth of zooplankton distribution was  $11.45\pm 1.0$  m. Among the rare species, the relict cold-water representative *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887) was found in the hypolimnion.

*Keywords:* lake Vechelye, zooplankton, vertical distribution, rotifera, copepoda, cladocera