



**В.В. Вежновец, М.Д. журавлев**

*ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Республика Беларусь*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ДВУХ РЕЛИКТОВЫХ ВИДОВ КОПЕПОД В ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ**

**Аннотация.** Установлены дневного вертикальное распределение двух реликтовых видов копепод в озерах Беларуси — лимнокалянуса *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) и эуритеморы озерной — *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887). Показано, что летом эти виды обитают в гиполимнионе и относятся к холодолюбивой фауне, но распределение их имеет видовые особенности. *E. lacustris* имеет два пика плотности из-за разновозрастной структуры и располагается относительно дна выше, чем *L. macrurus*, который характеризуется одним придонным ростом численности.

**Ключевые слова:** зоопланктон, копепода, холодолюбивые виды, вертикальное распределение

**Mikhail D. Zhurauliou, Vasily V. Veznavets**

*SRPA “Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources”, Minsk, Republic of Belarus*

## **COMPARATIVE VERTICAL STRUCTURE OF POPULATIONS OF TWO RELICT COPEPOD SPECIES IN LAKES OF BELARUS**

**Abstract.** The paper presents results of studies daily vertical distribution of two relict copepod species in the lakes of Belarus — *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) and *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887). These species live in the hypolimnion in summer and belong to the cold-loving fauna, but their distribution has specific features. *E. lacustris* has two density peaks due to its structure of different ages and is located higher relative to the bottom than *L. macrurus*, which is characterized by a single bottom population growth.

**Keywords:** zooplankton, copepods, cold-loving species, vertical distribution



**Введение.** Вертикальная структура является одной из важных характеристик популяции. Распределение в пространстве имеет видовые особенности и зависит от влияния на вертикального распределения основных абиотических факторов прозрачности, температуры и кислорода. По приуроченности к определенным условиям среды обитания можно уточнить границы толерантности вида и дать его характеристику по отношению к конкретным экологическим факторам.

В фауне Беларуси есть два реликтовых вида копепод лимнокалянус *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 и эуритемора озерная *Eurytemora lacustris* (Porre, 1887), занесенные в Красную книгу Беларуси (2015) [1]. Популяции этих видов ограничены в распространении, так эуритемора обитает только в двух озерах Волчин и Вечелье, а устойчивые воспроизводимые популяции лимнокалянуса в 4-х озерах: Южный Волос, Ричи, Сита, Долгое. Оба вида играют значительную роль в питании редких видов рыб корюшки и ряпушки. Число озер населенных лимнокалянусом сокращается, за прошедшие 50 лет число озер, где он обитал сократилось вдвое.

Одним из факторов, повлекших сокращения количества озер, населенных реликтами, мог быть и климатический через потепление и ускорение процессов продуцирования.

**Материалы и методы.** В работе использованы материалы по распределению копепод для 6 мезотрофных озер. Основные морфометрические данные приведены в табл. 1 [2]. Все водоемы димиктические, в летнее время термически стратифицированы.

Пробы зоопланктона собраны во время летней межени на станциях с максимальной глубиной замыкающей планктонной сетью с диаметром входного отверстия 25 см и диаметром пор фильтрующего конуса около 100 мкм, от поверхности до дна через пять метров глубины.

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики исследованных озер (Блаkitная книга)

Table 1. Main morphometric characteristics of the investigated lakes (Blakitnaya kniga)

№ п/п	Озеро	Длина, км	Ширина, км	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина макс., м
1	Вечелье	3,68	0,48	1,36	35,9
2	Волчин	1,80	0,45	0,53	32,9
3	Ю. Волос	2,50	0,70	1,21	40,4
4	Долгое	6,00	0,70	2,6	53,7
5	Ричи	6,27	3,73	12,83	51,9
6	Сита	3,80	0,79	1,88	28,5



Измерения температуры и содержания кислорода проведены термооксиметром HANNA HI 76407/20 (Германия) с помощью глубоководного датчика, прозрачности — белым диском Секки. Камеральную обработку проводили под бинокулярным микроскопом в камере Богорова с уточнением морфологических особенностей с помощью микроскопа Leica MD 1000 (Германия). Для таксономической идентификации животных использовали (Вежновец, 2005) [3].

Для количественной характеристики размещения проводили расчет средней глубины погружения «ядра популяции» в определенное время суток:

$$H = \frac{\sum (h \times n)}{\sum n}$$

где  $H$  — средняя глубина погружения;  $h$  — средняя глубина слоя облова;  $n$  — численность особей в этом слое.

Полученный формализованный показатель представляет собой среднюю геометрическую.

**Результаты и обсуждение.** Распределение температуры в толще воды у исследованных озер отличались слабо (рис. 1). Температура у поверхности составила от 21,8 до 24,9 °С, изменения придонной 4,4–5,8 °С. Во всех озерах в летнее время наблюдается четкое разделение толщи воды на эпилимнион, мета- и гипolimнион, которое сохраняется на протяжении многих лет наблюдений.

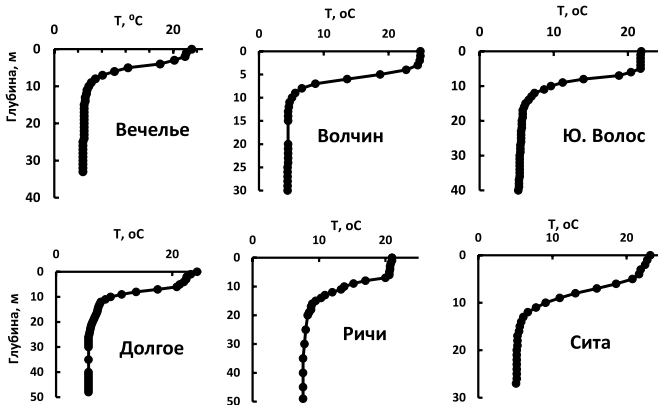


Рис. 1. Изменение температуры (Т, °С) с глубиной в исследованных озерах  
 Fig. 1. Temperature change (Т, °С) with depth in the studied lakes



По изменению содержания кислорода в воде с глубиной, несмотря на одинаковый трофический статус озер, наблюдались значительные различия (рис. 2). В поверхностных слоях воды и эпилимнионе всех озер наблюдалось полное насыщение воды кислородом. В металимнионе некоторых озер (Волчин, Ю. Волос, Сита), идет рост концентрации кислорода, который сменяется снижением ко дну. В озере Вечелье наблюдался металимниальный минимум. Чаще такое уменьшение концентрации наблюдается в более трофных озерах и обусловлено потреблением кислорода на окислительные процессы в нижележащих слоях воды [4]. Более сложная идет ход концентрации кислорода в самых глубоких озерах — Долгое и Ричи, в металимнионе наблюдается и небольшой рост, и такое же мало выраженное падение. В озере Сита металимниальный рост незначительный. В гиполимнионе наблюдаются понижение концентрации с образованием оксиклина разной выраженности. В некоторых из озер (Волчин, Сита) наблюдается резкий дефицит кислорода или даже полное его отсутствие, в остальных условия для обитания глубоководной фауны по этому фактору благоприятные.

Вертикальное распределение эуритеморя и лимнокалянуса вызывает их отсутствие в прогреваемых слоях воды эпилимниона, что подтверждает их холодолюбивость (рис. 3). Характер расположения в пространстве у этих видов разный, кроме того, еще изменяется в зависимости от водоема. На рисунке представлено вертикальное распределение всех возрастных групп обоих видов, однако необходимо указать, что эуритеморы в это время представлена разными возрастными группами от науплиусов до взрослых животных (Вежновец, Литвинова, 2021) [5]. Известно, что младшие возрастные стадии копепоидов располагаются в более мелководных слоях воды. Все особи лимнокалянуса были на последней шестой стадии развития.

В озере Вечелье озерная эуритеморы имеет два пика плотности на глубине 5–10 м и в придонных слоях воды. Верхний пик плотности образован науплиальными стадиями развития, которые в это время составляли 82,1 % численности этого вида. По средней глубине обитания эуритеморы в оз. Вечелье располагается на глубине 11,9 м, для науплиальных стадий развития — это глубина равна 9,6 м, для копепоидных — 18,9 и взрослых 27,7 м. Учитывая доминирование науплиальных стадий в общей численности, они играли главную роль в характере распределения этого вида в данном водоеме.

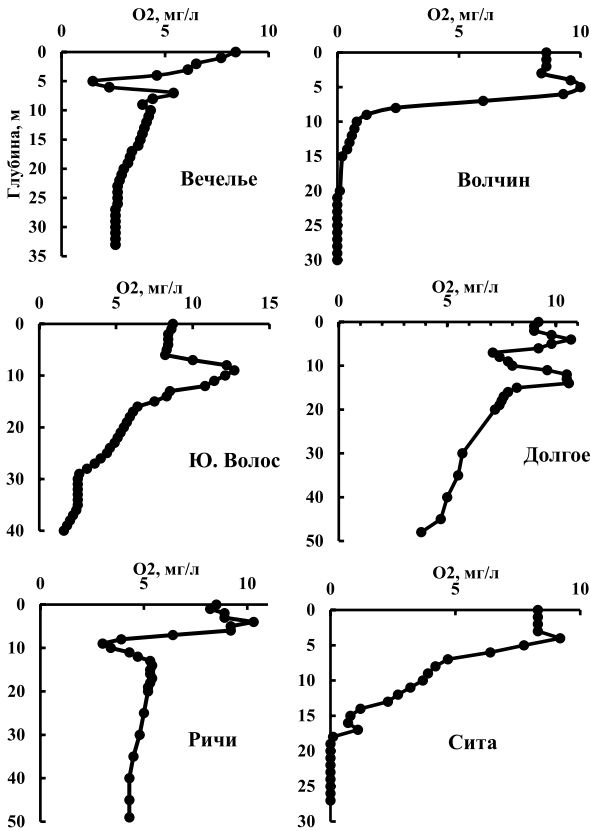


Рис. 2. Изменение концентрации кислорода ( $O_2$ , мг/л) с глубиной в исследованных озерах

Fig. 2. Change of oxygen concentration ( $O_2$ , mg/L) with depth in the studied lakes

В более мелком озере Волчин также наблюдалось два пика плотности, обусловленные разными возрастными группами. Рассчитанная средняя глубина была 18,9 м, больше, чем в оз. Вечелье из-за преобладания (89,9 %) в составе старших копепоидитных стадий развития и взрослых особей. Для взрослых эта величина составила 19,3 м, копепоидитов — 17,9 и науплиусов — 13,9 м.

В целом распределение эуритемторы характеризуется двумя максимумами плотности, которые определяются науплиальными стадиями развития и копепоидитами.

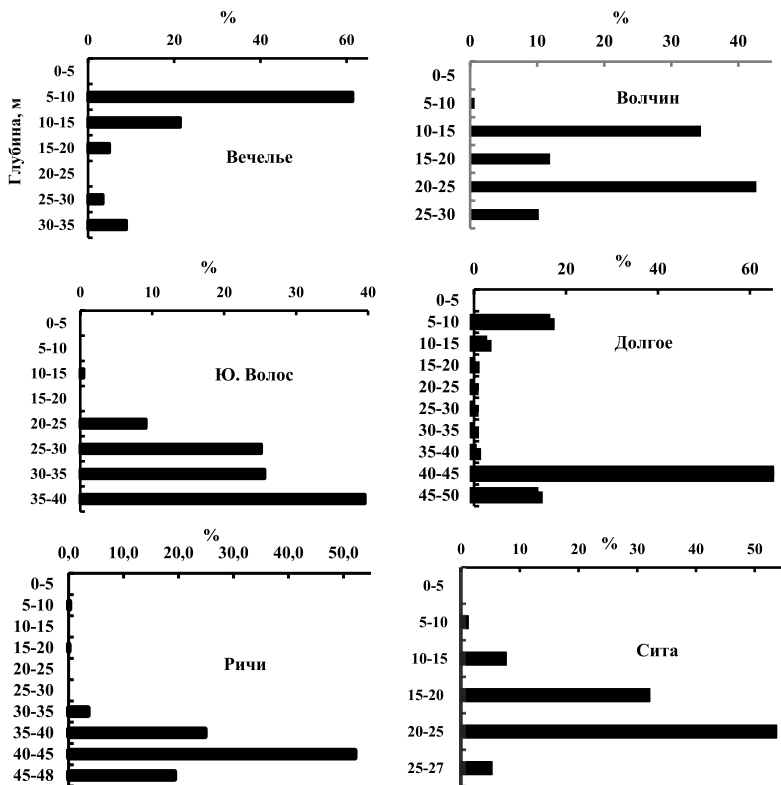


Рис. 3. Распределение численности (%) в столбе воды эуритеморы и лимнокалянуса

Fig. 3. Distribution of abundance (%) in the water column of Eurythemora and Limnocalanus

Для лимнокалянуса в трех озерах наблюдался только придонный максимум плотности (Волос, Ричи, Сита), при этом у самого дна максимальные значения плотности только в оз. Ю, Волос. В озере Долгое часть животных держится слоев воды, относящихся к металимниону. Учитывая, что это взрослые особи, такое распределение в этом озере непонятно и требует дальнейших исследований. Средние значения глубины нахождения в исследованных озерах, следующие: Ю. Волос — 32,2 м, Долгое — 41,3, Ричи — 41,6, Сита — 20,1 метра. Такие средние величины летнего дневного нахождения «ядра популяции» прежде всего связаны с глубиной водоема, чем глубже озеро, тем они больше. Од-



нако они могут определяться и содержанием кислорода в гипolimнионе. Ранее нами на примере оз. Сита, что при дефиците или отсутствии кислорода лимнокалянус в дневное время перемещается вверх и концентрируется в слоях воды металимниона, но избегает прогретого эпилимниона (Вежновец, 2018) [6].

Таким образом, оба исследованных вида копепод по вертикальному положению в толще воды термически стратифицированных озер относятся к холодолюбивой фауне и избегают прогретых вод эпилимниона. Учитывая изменения климата, потепление и ускорение процессов эвтрофирования эти виды в первую очередь будут подвергаться их отрицательному воздействию через интенсификацию процессов продуцирования и последующего снижения концентрации кислорода в гипolimнионе, где они обитают.

### Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: И.М. Качановский [и др.]. — 4-е изд. — Минск : Беларус. Энцыкл., 2015. — 320 с.
2. Блакітная кніга Беларусі: (водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / рэдкал.: Н. А. Дзісько [і інш.]. — Мінск : Беларус. Энцыкл., 1994. — 415 с.
3. Вежновец, В.В. Ракообразные (Cladocera, Copepoda) в водных экосистемах Беларуси: каталог. Определительные таблицы / В.В. Вежновец. — Минск : Беларус. наука, 2005. — 150 с.
4. Naziri Saeed, M. Metalimnetic oxygen minimum in Green Lake, Wisconsin : Ph.D. Thesis / M. Naziri Saeed ; Michigan Technological Univ. — Michigan, 2020. — 84 p. <https://doi.org/10.37099/mtu.dc.etdr/1154>.
5. Вежновец, В.В. Биология представителей рода Eurytemora (Copepoda, Calanoida) в водоемах Беларуси / В.В. Вежновец, А.Г. Литвинова. — Минск : Беларус. навука, 2021. — 200 с.
6. Вежновец, В.В. Изменение состояния популяции *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) под влиянием высокой летней температуры / В.В. Вежновец // Гидробиол. журн. — 2018. — Т. 54, № 1 (319). — С. 27–39.

### Reference

1. Red Book of the Republic of Belarus. Animals: rare and endangered species of wild animals. 4nd ed. Minsk, Belaruskaya Entsyklapedyya Publ., 2015. 320 p. (in Russian).
2. Blue book of Belarus: (water bodies of Belarus): encyclopedia. Minsk, Belaruskaya Entsyklapedyya Publ., 1994. 415 p. (in Belarusian).



3. Vezhnovets V.V. Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus: catalog. Identification tables. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2005. 150 p. (in Russian).
4. Naziri Saeed M. Metalimnetic oxygen minimum in Green Lake, Wisconsin. Ph. D. Thesis. Michigan, 2020. 84 p. <https://doi.org/10.37099/mtu.dc.etr/1154>
5. Vezhnovets V.V., Litvinova A.G. Species of the genus Eurytemora in aquatic ecosystems of Belarus. Minsk, Belaruskaya nauka Publ., 2021. 200 p. (in Russian).
6. Vezhnovets V.V. Changes in *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) population state under effect of high summer temperature. *Gidrobiologicheskii zhurnal = Hydrobiological Journal*, 2018, vol. 54, no. 1 (319), pp. 27–39 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Журавлёв Михаил Дмитриевич* — магистрант, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии научно-практического центра по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

*Вежновец Василий Васильевич* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, доцент, лаборатория гидробиологии, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vezhn47@mail.ru

### Information about the authors

*Mikhail D. Zhurauliou* — Master's student, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

*Vasily V. Veznavets* — Ph.D. (Biology), Lead research scientist, Associate Professor, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vezhn47@mail.ru