

Литвинова А.Г., кандидат биологических наук¹

Вежновец В.В., кандидат биологических наук, доцент²

¹РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», г. Минск

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ОЗЕРНОЙ ЭУРИТЕМОРЫ (*EURYTEMORA LACUSTRIS* POPPE, 1887) В ОЗЕРЕ ВЕЧЕЛЬЕ

Резюме

На пространственное распределение *Eurytemora lacustris* в озере влияют температура и концентрация растворенного кислорода. Основная масса особей заселяет горизонты воды на глубине 12–19 метров, то есть зону ниже термоклины. Температура воды в этих горизонтах остается практически неизменно низкой (4,5–6,7 °С). Среднее содержание растворенного кислорода в гипolimнионе колеблется в границах 3,0–7,1 мг/дм³. Установлено, что с ростом концентрации растворенного газа в слоях гипolimниона популяция рачка сосредотачивается на больших глубинах.

Плотность популяции *E. lacustris* в озере Вечелье в разные годы исследований составляла 584–2877 экз./м³. За период 2002–2020 гг. было отмечено два многолетних цикла. Несмотря на то, что температурный режим, прозрачность и концентрация кислорода в воде озера Вечелье в целом остаются благоприятными для вида и характерными для мезотрофных озер, наблюдается тенденция сокращения его численности.

Ключевые слова: эуритемора озерная, каланойдные копеподы, холодноводные реликты, эвтрофирование, мониторинг, плотность популяции, термоклина, пространственная структура популяции, средняя глубина погружения.

Summary

The spatial distribution of *E. lacustris* in the lake depends on the temperature and concentration of dissolved oxygen. Most of the individuals inhabit water layers 12–19 meters – the zone below thermocline. The water temperature in these horizons remains constantly low (4,5–6,7 °C). Average content of dissolved oxygen in hypolimnion varies with 3,0–7,1 mg/l. When the concentration of dissolved oxygen in the hypolimnion layers increases, crustacean population concentrates more deeply.

The population density of *E. lacustris* in lake Vechelye in different years of research consisted 584–2877 individuals per m³. Although the temperature, transparency and concentration of oxygen in the water of lake Vechelye stay favorable for the species and characteristic of mesotrophic lakes, *E. lacustris* tends to reduce the number of its population.

Keywords: lacustrine eurythemora, calanoid copepods, cold-water relics, eutrophication, monitoring, population density, thermocline, spatial structure of the population, average subsidence depth.

Поступила в редакцию 01.03.2021 г.

ВВЕДЕНИЕ

Eurytemora lacustris (эуритемора озерная) – вид, распространенный на территории севера Европы и Западной Сибири. Встречается в димиктических озерах Швеции, Дании, Германии, Финляндии, Прибалтийских государств и Республики Беларусь [5, 6]. В Беларуси, где проходит южная граница распространения вида на Европейском континенте, отмечается только в двух мезотрофных озерах бассейна реки

Западная Двина: Волчин (Нарочанская группа озер, Мядельский р-н Минской области) и Вечелье (Ушачский р-н Витебской области) [4]. По своим биологическим особенностям относится к представителям холодноводной реликтовой фауны, населяет малопрогреваемые слои воды гипolimниона. Кроме того, этот вид отличается высокими требованиями к качеству воды (олиго-мезотрофность, высокое содержание растворенного кислорода в глу-

боких слоях воды), что определяет его ограниченное распространение [8]. В связи с естественными процессами эвтрофирования и загрязнения озер снижается содержание кислорода в гипolimнионе, что ведет к возникновению бескислородных зон и уменьшению пригодного для этого вида жизненного пространства. Наблюдаемые изменения климата и потепление также увеличивают риск вымирания холодолюбивых видов, что было показано на примере другого холодолюбивого вида (*Limnocalanus macrurus* Sars) [2]. По указанным причинам наблюдается тенденция сокращения числа населяемых рачком озер [7]. Поэтому в Республике Беларусь этот вид включен в Красную книгу и наблюдения по нему ведутся в рамках государственной системы мониторинга [1]. Исследования популяций *Eurytemora lacustris* и основных условий обитания в озерах нами проводятся с 1992 года в озере Волчин, а с 2002 года – в озере Вечелье. Более полные сведения имеются для озера Вечелье.

Целью работы было оценить состояние популяции *Eurytemora lacustris* в озере Вечелье по многолетним мониторинговым данным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На озере Вечелье в разные годы было проведено семь отборов проб. Время проведения полевых работ в основном было приурочено к летней межени, концу июля – началу августа: 03.08.2002 г., 13.06.2005 г., 24.07.2011 г., 08.07.2014 г., 02.08.2015 г., 21.07.2018 г., 28.07.2020 г. Пробы отбирали в пелагической части озера количественной сетью Джели с размером входного отверстия 25 см и размером ячеей фильтрующего конуса 100 мкм. Облавливали столб воды 0–33 м с интервалом каждые 5 м. Расчет плотности рачка проводили отдельно по глубинам и затем рассчитывали среднюю плотность во всем столбе воды. Для количественной характеристики вертикального размещения популяции *E. lacustris* проводили расчет средней глубины погружения «ядра популяции» по формуле:

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

где H – средняя глубина погружения;

h – средняя глубина слоя облова;

n – численность особей в этом слое.

Одновременно с отбором проб в озере проводился мониторинг основных параметров среды обитания, оказывающих непосредственное влияние на состояние популяции *E. lacustris* и ее пространственное расположение (прозрачность, температура и содержание кислорода). Температуру и концентрацию растворенного кислорода измеряли от дна до поверхности с помощью термооксиметра HI 9143, прозрачность определяли по белому диску Секки.

Лабораторная обработка проб проводилась в счетной камере Богорова под бинокулярным микроскопом МБС-10 при увеличении 4×8, учитывались все возрастные стадии рачка, детали морфологии уточняли на микроскопе Jenaval с увеличением до ×500.

Работа частично поддержана грантом БРФФИ № Б20МС-017.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные по динамике численности *E. lacustris* (усредненной в столбе воды) в озере Вечелье за исследованные сезоны представлены на рисунке 1. Показатель колебался в диапазоне величин 584–2877 экз./м³, в среднем составив 1338 экз./м³.

Минимальные значения плотности популяции рачка отмечались в 2005 (647 экз./м³), 2011 (584 экз./м³) и 2018 (778 экз./м³) годах. Наиболее высокие значения показателя наблюдались в начале мониторинга (2002 г. – 2877 экз./м³, 2015 – 2172 экз./м³), при этом они не достигали величины 4400 экз./м³, приводимой для летнего сезона 1977 года [4]. Рассчитанные по индивидуальному сырому весу животного и с учетом возрастной структуры его популяции на момент отбора проб значения биомассы изменялись по годам с аналогичной закономерностью. Максимальные значения биомасс составили со-

ответственно в 2002 году 40,43 мг/м³, в 2015 году – 41,56 мг/м³. Минимальные значения отмечались в 2005 году – 10,60 мг/м³, в 2011 году – 18,14 мг/м³ и в 2018 году – 13,41 мг/м³. В целом можно сделать вывод о цикличности развития *E. lacustris* в озере и, если не учитывать не-

который перерыв в пробоотборах в период 2005–2011 годов, можно отметить два цикла. Линия тренда в виде линейного прогноза, построенная по показателю численности, свидетельствует при этом о постепенном сокращении численности вида в озере.

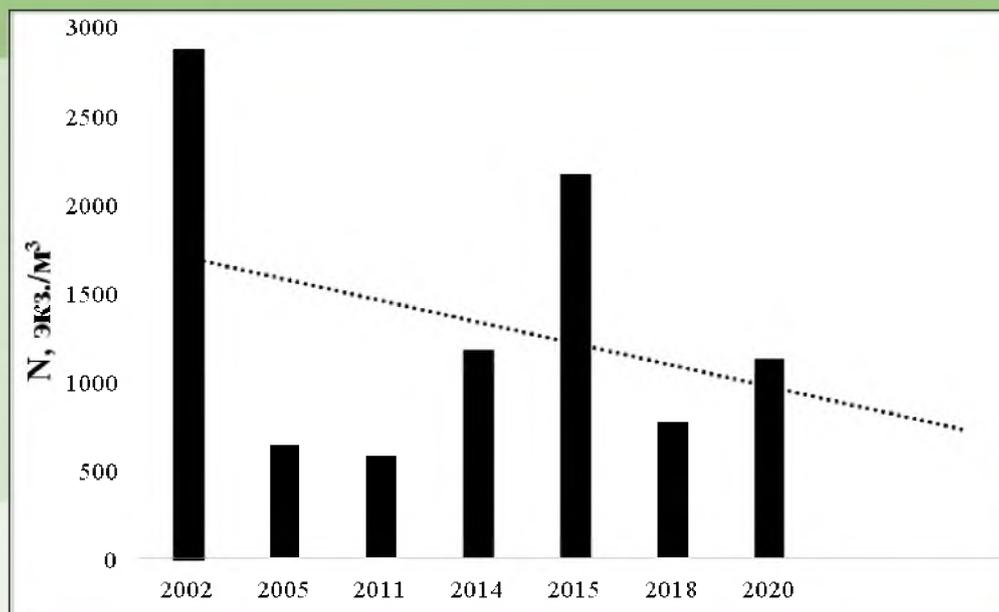


Рисунок 1. – Межгодовые изменения численности *E. lacustris* (N, экз./м³), среднее значение в столбе воды 0–33 м

Было изучено и проанализировано изменение основных средообразующих для *E. lacustris* факторов в озере. Многолетние

изменения прозрачности воды в озере в летний период приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Межгодовые изменения прозрачности воды в озере Вечелье

Год	Прозрачность, м	Год	Прозрачность, м
1976	4,0	2013	2,3
2002	2,0	2014	2,8
2008	2,0	2015	3,0
2011	1,2	2018	3,2
2012	1,6	2020	2,3

Примечание – прозрачность озера Вечелье за 1976 г. приведена по литературным данным [4]

Средняя прозрачность воды озера Вечелье за исследованный нами период составила 2,44 м. В 2011–2012 годах прозрачность в озере оказалась минимальной и приближалась к показателю для эвтрофных водоемов. Во все остальные годы ис-

следований показатель был характерным для мезотрофных озер (2–4 м), достигая значений более 3 м в 2015 и 2018 годах. В целом данный параметр в озере остается стабильным. Тем не менее, необходимо отметить, что прозрачность не достигала

уровня 4,0 м, отмеченного по литературным данным для 1976 года.

Первостепенным и определяющим для численности и пространственного распределения холодолюбивых реликтовых представителей водной фауны является

температурный фактор. Поскольку *E. lacustris* по своим биологическим характеристикам является пелагическим холодолюбивым видом, то нами было исследовано вертикальное распределение температуры в озере Вечелье (рисунок 2).

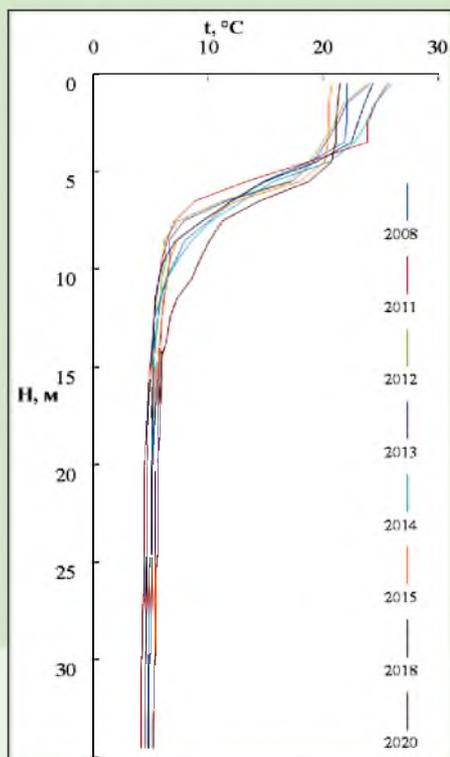


Рисунок 2. – Межгодовые изменения температуры воды (°C) в озере Вечелье

Зона термоклина в озере в летний сезон формируется в слоях воды 4–8 м, она четко выражена и стабильна. В эпилимнионе, в который в дневное время летнего периода лишь изредка мигрируют отдельные особи на зрелых стадиях, в отдельные годы наблюдается прогревание воды выше 25 °C (отмечено в 2011 и 2014 годах). В изученный период температура в эпилимнионе колебалась в границах 20,0–26,0 °C. В гипolimнионе температурные условия отличаются стабильностью и постоянством (4,2–6,3 °C), максимальное прогревание его верхних слоев в летний сезон зафиксировано в 2020 году.

Изменение концентрации растворенного кислорода в толще воды озера Вечелье представлено в таблице 2. В верхнем 10-метровом слое концентрация растворенного кислорода колебалась довольно значительно, но, исходя из имеющихся

значений параметра, нельзя говорить о наличии межгодовой тенденции к снижению содержания газа. На больших глубинах концентрация кислорода стабилизируется и постепенно снижается ко дну. Однако при этом необходимо обратить внимание на наличие в зоне металимниона глубин с низкими величинами растворенного кислорода (обозначенные в таблице курсивом), которые в некоторые годы близки к ПДК (2 мг/л) для рыбного населения. Так, в 2014 году, начиная с глубины 10 м, отмечалось сниженное содержание кислорода, а в слое воды 28–33 м концентрация газа составила менее 2 мг/л, что характеризовало условия по данному фактору как неоптимальные. В 2012 году у дна также отмечался недостаток кислорода. Но в целом содержание кислорода как фактор не выступает ограничивающим для развития популяции эуритеморы.

Таблица 2. – Межгодовые изменения содержания кислорода (мг/л) по глубинам в озере Вечелье

Н, м	19.07. 2008 г.	24.07. 2011 г.	25.07. 2012 г.	26.07. 2014 г.	02.08. 2015 г.	21.07. 2018 г.	28.07. 2020 г.
0	10,5	9,5	10,3	10,2	10,3	7,7	9,4
1	10,3	9,5	10,9	10,2	10,7	7,7	9,4
2	10,3	9,0	10,1	11,4	10,8	7,8	9,1
3	8,7	2,2	8,7	10,8	10,3	7,3	9
4	8,5	2,5	6,8	8,2	10,2	4,5	6,9
5	7,4	4,4	3,2	5,8	9,5	2,8	2,4
6	6,2	4,8	2,6	4,2	3,5	2,4	3,2
7	8,5	5,3	4,4	5,8	3,7	3,4	5,3
8	9,9	5,0	5,6	6,2	3,4	4,5	5,9
9	8,6	5,5	6,0	6,4	4,5	5,2	6
10	6,3	5,5	6,4	6,3	5,2	5,3	7,8
11	5,5	5,1	6,6	5,1	5,9	5,2	7,7
12	5,4	5,0	6,7	4,9	6,6	5,2	7,7
13	5,3	5,0	6,4	4,5	6,8	5,2	8
14	5,1	5,0	6,3	4,3	6,7	5,1	8,2
15	5,1	5,0	6,3	4,1	5,1	5,1	8,6
16	5,1	5,0	6,1	3,8	4,9	5,2	8,6
17	5,1	5,0	5,8	3,6	4,7	5,3	8,6
18	5,1	5,0	5,7	3,3	4,5	5,4	8,6
19	5,0	4,9	5,3	3,1	4,3	5,1	8,6
20	4,9	4,8	4,9	3,0	4,2	5	8,4
21	4,9	4,8	4,8	2,9	4,1	5	8,4
22	4,8	4,7	4,6	2,8	3,9	5	8,4
23	4,6	4,5	4,5	2,7	3,9	5	8,4
24	4,2	4,1	4,4	2,6	3,8	5	8,4
25	3,9	3,8	4,2	2,4	3,7	4,6	5,5
26	3,8	3,7	4,1	2,2	3,6	4,6	5,5
27	3,5	3,4	3,8	2,0	3,5	4,6	5,5
28	3,2	3,1	3,6	1,7	3,4	4,6	5,5
29	3,0	2,9	3,4	1,5	3,3	4,6	5,5
30	2,4	2,9	3,2	1,3	3,2	4,4	5,3
31	2,3	2,8	2,9	1,1	2,9	4,4	5,3
32	2,3	2,8	2,6	1,0	2,6	4,4	5,3
33	2,2	2,7	2,3	1,0	2,5	3	5,2
34	2,2	2,7	1,5	0,7	2,1	3	5,2

Примечание – полужирным выделены глубины с неблагоприятным кислородным режимом, полужирным курсивом – зоны снижения концентрации кислорода в зоне термоклина

Для выявления связи величин численности рачка с изменением параметров среды было проанализировано его распределение на различных глубинах. Установлено, что слои с максимальной концентрацией *E. lacustris* в основном сосредоточены в пределах глубин 5–15 м (таблица 3, отме-

чены полужирным). Лишь в 2005 и в 2011 годах в связи с более высокой представленностью в популяции половозрелых особей (2005 г. – 55,47 %) максимумы численности были сосредоточены в более глубоких слоях воды.

Таблица 3. – Распределение численности (экз./м³) *E. lacustris* по глубинам в озере Вечелье

Дата	Глубина облова, м						
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–33
2002	65	3204	11830	3722	1215	94	10
2005	34	238	540	637	1742	1211	127
2011	254	170	74	410	313	76	-
2014	12	1773	2442	938	558	1500	1026
2015	122	4202	5140	1484	734	1997	1522
2018	45	2197	1415	367	436	681	306
2020	4	1182	5026	722	212	522	244

Рассчитанные значения средней глубины обитания популяции *E. lacustris* составляют 12–19 метров. В границах этих глубин, где держится основная часть представителей вида, температурный фактор на протяжении ряда исследованных лет находился в границах 4,5–6,7 °С, то есть наблюдалась зона толерантных температур и отсутствие сильного прогревания, необходимые для популяций холодолюбивых видов. Градиент по растворенному кислороду в данных слоях составлял 3,1–8,6 мг/л. Лишь в 2014 году его содержание было меньше 3,5 мг/л, что является пороговой

концентрацией для некоторых видов дафний [3], хотя и превышает величину 1 мг/л, что, согласно [9], является допустимым для ракообразных уровнем растворенного кислорода. Нами была выявлена обратная связь между показателями средней глубины вертикального размещения популяции *E. lacustris* и концентрации кислорода в водных горизонтах. Данная тенденция представлена на рисунке 3, отражающем ход изменения содержания газа в толще воды ниже эпилимниона и средней глубины погружения (Н, м) популяции *E. lacustris* в Вечелье по годам.

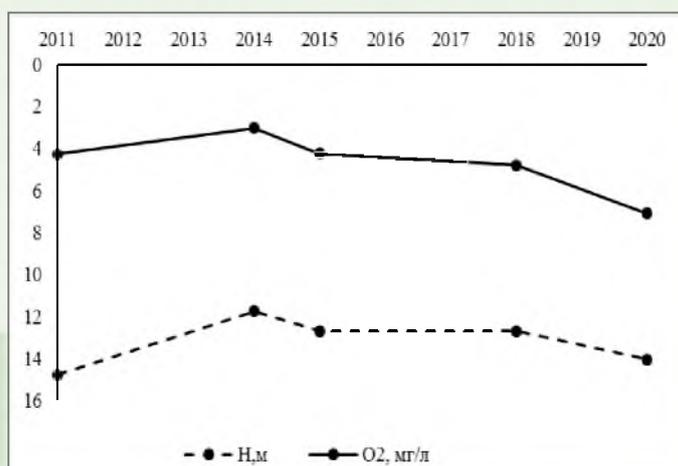


Рисунок 3. – Изменение средней глубины погружения (Н, м) *E. lacustris* в связи с насыщенностью гипolimниона кислородом

Установленная зависимость заключается в том, что чем ниже насыщение гипolimниона кислородом, тем более высокие горизонты воды держится эуритемора, и, наоборот, при более благоприятном газовом режиме гипolimниона она сосредотачивается в более глубоких слоях воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вертикальное распределение *E. lacustris* обуславливается температурным фактором и содержанием кислорода. Основная часть его популяции в озере Вечелье сосре-

доточена в пределах глубин 12–19 м, где отмечаются низкая температура (4,5–6,7 °С) и концентрация растворенного кислорода более 2 мг/л. С ростом концентрации растворенного газа в слоях гипolimниона популяция сосредотачивается на больших глубинах. Численность *E. lacustris* в озере Вечелье испытывает межгодовые колебания с тенденцией сокращения популяции в многолетнем плане, несмотря на то, что физические параметры в целом остаются благоприятными для вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блакітная кніга Беларусі : энцыклапедыя ; рэдкал. : Н. А. Дзісько [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 1994. – 105 с.
2. Вежновец, В. В. Изменение состояния популяции *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) под влиянием высокой летней температуры В. В. Вежновец // Гидробиологический журнал. – 2018. – № 1 (319). – Т. 54. – С. 27–39.
3. Дубовская, О. П. Не связанная с хищниками смертность планктонных ракообразных / О. П. Дубовская // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70. № 2. – С. 168–192.
4. Митрахович, П. А. Характеристика популяции *Eurytemora lacustris* (Poppe) в оз. Вечелье Белорусской ССР / П. А. Митрахович, В. П. Ляхнович // Вестник БГУ им. В. И. Ленина. – 1979. – № 2. – С. 39–44.
5. Особенности биологии двух видов копепод (Crustacea, Copepoda, Calanoida) как возможные причины изменения их ареалов / В. В. Вежновец [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. – 2012. – № 2. – С. 16–29.
6. Самчишина, Л. В. Эколого-фауністичні і морфологічні особливості прісноводних і солоноватоводних Calanoida (Crustacea, Copepoda) України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.08 / Л. В. Самчишина ; Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України. – Київ, 2005. – 21 с.
7. Arbačiauskas, K. Occurrence and interannual abundance variation of Glacial Relict Calanoids *Limnocalanus macrurus* and *Eurytemora lacustris* in Lithuanian Lakes // K. Arbačiauskas, D. Kalytė. – Acta Zoologica Lituanica. – 2010. – Vol. 20. № 1. – P. 61–67.
8. Kalinkina, N. M. Evolutionary conditioning of response to changes in ionic composition of water in hydrobionts: an example of freshwater zooplankton / N. M. Kalinkina, T. P. Kulikova // Biology bulletin. – 2009. – Vol. 36. № 2. – P. 199–204.
9. Weider, L. J. Differential response of *Daphnia* genotypes to oxygen stress : Respiration rates, hemoglobin content and low-oxygen tolerance / L. J. Weider, W. Lampert // Oecologia. – 1985. – Vol. 65. – P. 487–491.



ПРАЗИФЕН ПРЕПАРАТ ВЕТЕРИНАРНЫЙ

применяется для дегельминтизации прудовых карповых рыб при диплостоматидозе, постодиплостомозе, сангвинниколезе, тетракотиллезе, лигулезе, кавиозе, кариофиллезе, ботриоцефалезе, филометроидозе и скрябиллонозе

WWW.BIEVM.BY