

УДК 595.341.1:591.543.1

В. В. Вежновец

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ
LIMNOCALANUS MACRURUS SARS (COPEPODA,
CALANOIDA) ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКОЙ ЛЕТНЕЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ¹**

Проанализированы многолетние данные по состоянию популяции реликтового веслоногого рачка *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 в оз. Сита (Беларусь) и зарегистрировано резкое снижение численности после подъема температуры в поверхностном слое озера выше 26°C. Анализ расположения лимнокалянуса в вертикальном столбе воды показал избегание им слоев воды с дефицитом кислорода и высокой температурой. Повышение поверхностной температуры и снижение концентрации кислорода в гипolimнионе приводит к сокращению пространственной ниши и катастрофическому падению численности реликта, что увеличивает риск его исчезновения из фауны озера. Подобный механизм снижения численности и последующего вымирания планктонных реликтовых видов ракообразных может действовать и в других, близких по морфометрии и трофическому уровню, озерах, населенных этим видом.

Ключевые слова: реликтовый вид, повышение температуры, качество воды, вертикальное расположение.

Лимнокалянус длиннохвостый (*L. macrurus*) — один из реликтовых видов копепод морского происхождения, сохранившихся в озерах Беларуси со времен последнего оледенения [2, 11]. В водоемах Беларуси находится на южной границе ареала. Вид подвержен риску вымирания из-за высокой требовательности к качеству воды. В Европе наблюдается сокращение количества озер с этим видом [13]. Такая же тенденция свойственна и для Беларуси. Так, из 10 озер, где он регистрировался ранее [2], к настоящему времени он сохранился только в пяти и, как редкий и исчезающий, занесен в Красную Книгу Беларуси [8] и сопредельных Прибалтийских стран [16]. Стабильные и воспроизводимые популяции до сих пор сохранились только в четырех мезотрофных озерах (Ричи, Долгое, Южный Волос и Сита), расположенных в Витебской области [5].

Вид стенотермный, холодолюбивый, основная часть популяции располагается в глубоких слоях воды при низкой температуре и достаточно высоком содержании растворенного кислорода [2]. В населенных лимнокалянун-

¹ Работа выполнена при частичной поддержке БРФФИ, договор № Б16МС-016.

© В. В. Вежновец, 2018

сом озерах в связи с процессами эвтрофирования и загрязнения наблюдается снижение качества воды, что приводит к исчезновению его из фауны ряда водоемов. К названным выше традиционным угрозам популяциям этого реликта добавляется аномально высокая температура, наблюдающаяся сейчас в отдельные годы, влияние которой приводит к перестройкам в пространственной структуре и функционировании экосистем [6]. Влияние теплового загрязнения техногенного происхождения на популяцию лимнокалянуса ранее нами прослежено на водоеме-охладителе Игналинской АЭС [17], естественное же повышение температуры на популяцию этого вида ранее не изучалось.

Целью работы было установить влияние повышения температуры на многолетние количественные показатели популяции *Limnocalanus macrurus*.

Материал и методика исследований. Исследования были проведены в июле 1988, 1992, 2008 и 2010—2015 гг. на озере Сита, Браславский р-н Витебской области Беларуси. Это средне-глубокий водоем, расположенный на границе с Латвией (55°40.305 с. ш. и 26°47.705 з. д.), его площадь составляет 1,88 км², максимальная глубина — 28,5 м, средняя — 7,6 м, при объеме воды 14,37 млн. м³. Озеро по генетическому типу относится к водоемам мезотрофного типа с прозрачностью по белому диску от 3,8 до 5 м. Черты олиготрофии этому водоему придает наличие реликтовых ракообразных — *L. macrurus* и *Pallasiola quadrispinosa* (Sars, 1867) [12].

Пробы зоопланктона отобраны в пелагиали, на станции с максимальной глубиной, замыкающей количественной планктонной сетью с диаметром ячеей фильтрующего конуса 100 мкм, от поверхности до дна фракционно, через 5 м глубины. Лабораторную обработку проб проводили в счетной камере Богорова под бинокулярным микроскопом МБС-10, учитывали все возрастные стадии рачка. Измерение температуры и концентрации кислорода проводили кислородомером HI 9143.

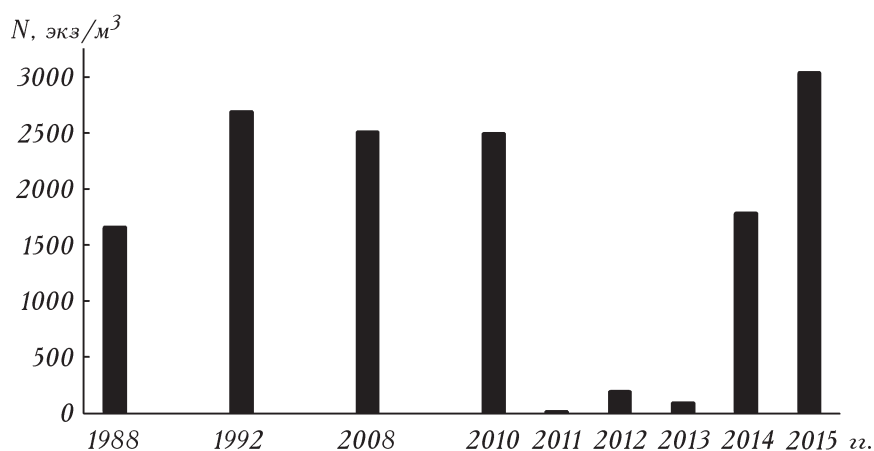
Состояние популяции оценивали в основном по численности, привлекая данные по расположению в вертикальном столбе воды и возрастному составу.

Для описания вертикального расположения в толще воды рассчитывали среднюю глубину расположения (H_p) [10]. Эта величина представляет собой среднее значение глубины нахождения на момент отбора проб, которую рассчитывали как сумму произведений численности животных (n_i) на определенной глубине на эту глубину (h_i) разделенную на суммарную численность животных в столбе воды:

$$H_p = \frac{n_1 \cdot h_1 + n_2 \cdot h_2 + \dots + n_i \cdot h_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i}$$

Результаты исследований и их обсуждение

Численность лимнокалянуса в исследованном озере оставалась относительно стабильной в течение продолжительного периода наблюдений — с



1. Изменения численности *L. macrurus* в оз. Сита (июль).

1988 по 2010 г. — и ее величина составляла около 2 тыс. экз/м³ (рис. 1). После «экстремально теплой европейской волны» 2010 г. [14] численность резко снизилась до предельных величин и в 2011 г. составила только 3 экз/м³. Восстановление популяции продолжалось три последующих года и только в 2014 и 2015 гг. численность достигла величин, наблюдавшихся ранее.

Реакция этого моноциклического, с зимним размножением вида на дефицит кислорода зимой была показана нами ранее на примере оз. Южный Волос [1, 2]. Это выразилось в замедлении развития в зимние месяцы, что приводило к изменению возрастного состава к началу лета и нарушению жизненного цикла. Обычно, при достаточном количестве растворенного кислорода, в популяции лимнокалянуса в этом водоеме к середине лета животные были представлены в основном взрослыми особями. При недостатке кислорода зимой в июле основу популяции составили младшие стадии развития, но к осени, к обычному сроку начала размножения, животные все же успевали стать половозрелыми. Снижение плотности на следующий год после зимнего недостатка кислорода наблюдалось, но было постепенным и не критичным. Механизм снижения численности в оз. Южный Волос нами объяснялся разбалансировкой между пиками развития лимнокалянуса и кормовых водорослей [2].

В отличие от оз. Южный Волос, в оз. Сита животные в июле при низкой численности были представлены, как и во все годы наблюдений, взрослыми особями шестой копепоидитной стадии, с незначительным количеством копепоидитов предыдущей — пятой — стадии развития, то есть возрастной состав при снижении численности не изменился. При этом падение численности при сравнении 2010 и 2011 гг. было на три порядка величин — с 2483 до 3 экз/м³ (см. рис. 1). Популяция этого вида наблюдается нами в оз. Южный Волос с 1972 г. ежегодно, а в других озерах Беларуси — с 1975 г., с разной периодичностью. За этот промежуток времени по собственным опубликованным [3, 4] и неопубликованным данным наблюдались межгодовые колебания численности, но такое резкое снижение, которое произошло в оз.

Сита после 2010 г., нами не регистрировалось ни в одном из водоемов и требует дальнейшего изучения.

Так как основными факторами, влияющими на состояние популяции, являются температура и содержание кислорода, нами детально рассмотрены межгодовые изменения этих параметров.

Лимнокалянус, как stenothermo холодолюбивый вид, населяет в водоемах гиполимнион, при вертикальных миграциях в темное время суток в малых количествах регистрируется в металимнионе, но не встречается в прогреваемой эпилимниальной зоне [1, 11]. Согласно литературным и собственным данным, оптимальная температура обитания этого вида в озерах Беларуси составляет 1—8°C, максимальная может достигать 17—18°C, но обычно во время суточных миграций животные не пересекают изотерму 13°C [1, 6].

Температурные условия в этом водоеме за все годы наблюдений представлены в таблице 1. Для оз. Сита летом характерна четкая температурная стратификация и разделение водной толщи на прогреваемый эпилимнион до 5—6 м, переходную зону металимнион и низкотемпературный гиполимнион. Поверхностная температура незакономерно изменялась от 19,9 до 26,2°C, но за все годы исследований только в 2010 г. была выше 25°C. Эпилимнион летом прогревается обычно выше 20°C. Зона температурного скачка составляет 4—5 м по вертикали и приурочена к глубинам от 5 до 10 м. При этом глубина расположения металимниона не зависела от величины поверхностной температуры. В гиполимнионе (зоне обитания рачка) она фактически не изменяется по годам, оставаясь в узких пределах от 4,1 до 6,4°C. Зона толерантности по температуре для изучаемого вида в этом озере находится на глубинах с температурой воды 0—13°C [1], в разные годы по вертикали изменяется незначительно, в пределах 2—3 м. Таким образом, температурные условия за весь период наблюдений в гиполимнионе остаются стабильными, а глубины от 7—9 м и до дна пригодны для обитания этого вида.

Межгодовые изменения содержания кислорода по вертикали были значительными (табл. 2). Предельно низкой величиной для жизнедеятельности лимнокалянуса по этому фактору нами была принята концентрация кислорода менее 2 мг/л. Это значение считается нижней границей для этого вида, при которой начинается смертность животных уже при температуре 4°C [2, 11].

До 2010 г., в 1988 и 2008 гг. содержание кислорода было выше этой предельной величины во всей толще воды, до самого дна. В 1992 г. только придонные слои воды имели показатели растворенного кислорода ниже 2 мг/л. За шесть последних лет, начиная с 2010 г., критичные значения этого показателя наблюдались четыре раза. Корреляции между поверхностной температурой и содержанием кислорода в гиполимнионе не обнаружено (коэффициент корреляции $r = -0,18$), что связано, вероятно, с разными условиями формирования температурного расслоения водной толщи (ход весенней температуры, ветровое воздействие и т. п.) и последующим весенним развитием водорослей. В 2010 г. вертикальное распределение кислорода было специ-

1. Изменение температуры (°C) в толще воды оз. Сита по многолетним данным

Глубина, м	08.07.1988 г.	17.07.1992 г.	14.07.2008 г.	28.07.2010 г.	23.07.2011 г.	24.07.2012 г.	25.07.2013 г.	24.07.2014 г.	29.07.2015 г.
0	23,7	21,4	21,6	26,2	24,2	22,0	19,9	24,4	21,2
1	23,7	21,4	21,4	26,2	24,2	21,9	19,9	24,0	21,2
2	23,7	21,3	21,2	26,1	24,2	21,7	19,9	23,8	21,2
3	23,7	21,2	21,2	25,5	24,1	21,6	19,9	23,4	21,2
4	23,5	21,1	20,4	22,6	24,1	20,9	19,9	21,7	20,5
5	18,9	21,0	19,9	19,1	20,1	20,3	19,9	20,9	20,0
6	13,3	19,6	19,0	15,3	15,4	17,9	17,2	18,4	19,5
7	11,2	14,9	17,8	12,9	11,9	12,2	10,2	15,9	19,0
8	9,0	12,3	14,9	11,1	8,5	9,0	8,2	12,8	14,7
9	7,3	10,7	11,3	9,8	7,3	7,1	7,4	10,0	10,8
10	6,5	10,0	9,4	8,8	6,4	5,9	6,3	7,6	9,5
11	6,0	9,0	8,0	7,9	5,7	5,3	5,9	7,1	8,5
12	5,7	8,0	7,0	7,0	5,4	4,9	5,1	6,9	7,5
13	5,5	7,4	6,6	6,7	5,1	4,6	5,0	6,7	7,2
14	5,3	7,0	6,4	6,4	5,0	4,4	5,0	6,6	7,0
15	5,2	6,8	6,4	6,3	4,9	4,3	4,8	6,5	6,8
16	5,1	6,7	6,6	6,2	4,9	4,3	4,8	6,4	6,7
17	5,0	6,7	6,5	6,1	4,9	4,3	4,7	6,3	6,7
18	4,9	6,6	6,4	6,0	4,8	4,2	4,6	6,2	6,6
19	4,9	6,5	6,4	5,9	4,8	4,2	4,6	6,1	6,5
20	4,9	6,5	6,2	5,8	4,7	4,2	4,6	6,0	6,5

Продолжение табл. 1

Глубина, м	08.07.1988 г.	17.07.1992 г.	14.07.2008 г.	28.07.2010 г.	23.07.2011 г.	24.07.2012 г.	25.07.2013 г.	24.07.2014 г.	29.07.2015 г.
21	4,8	6,5	6,2	5,8	4,7	4,2	4,4	6,0	6,5
22	4,8	6,3	6,2	5,8	4,7	4,2	4,3	5,9	6,5
23	4,8	6,2	6,1	5,8	4,7	4,2	4,3	5,9	6,5
24	4,8	6,1	6,1	5,8	4,7	4,1	4,2	5,9	6,4
25	4,8	5,9	6,0	5,8	4,6	4,1	4,2	5,8	6,4
26	4,7	5,9	6,0	5,8	4,6	4,1	4,2	5,8	6,4
27	4,7	5,9	6,0	5,8	4,6	4,1	4,2	5,8	6,4

Пр и м е ч а н и е. Курсивом выделена зона температурного скачка, полужирным — зона толерантности *L. taspilus* по температуре.

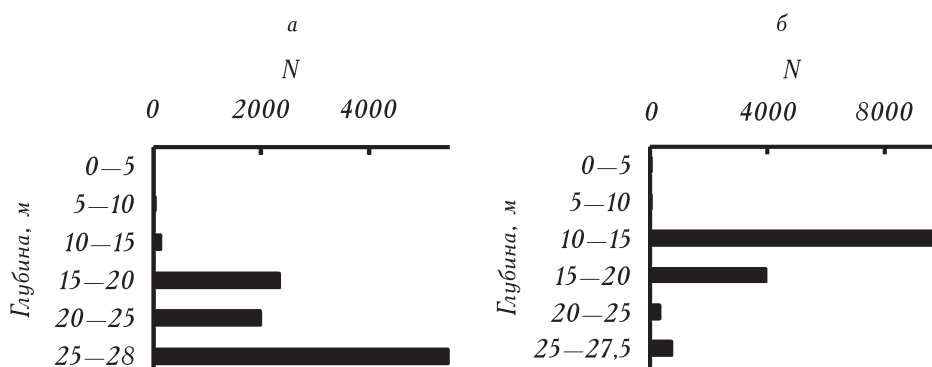
2. Многолетние изменения содержания кислорода (мг/л) в толще воды оз. Сита

Глубина, м	08.07.1988 г.	17.07.1992 г.	14.07.2008 г.	28.07.2010 г.	23.07.2011 г.	24.07.2012 г.	25.07.2013 г.	24.07.2014 г.	29.07.2015 г.
0	9,9	10,2	10,5	9,5	7,3	8,9	8,7	8,7	9,4
1	9,7	9,8	10,0	9,5	7,3	8,9	8,7	8,9	9,3
2	9,7	9,8	9,9	9,3	7,2	8,8	8,7	8,9	9,3
3	9,6	9,8	9,9	9,1	7,1	8,7	8,7	8,9	9,3
4	9,3	9,6	9,8	7,3	7,0	8,6	8,7	8,3	8,4
5	7,9	8,8	9,8	0,8	3,3	8,3	8,7	7,1	8,3
6	6,7	7,7	8,8	0,3	2,0	5,8	5,8	6,0	7,6
7	5,9	6,6	7,2	1,0	2,6	7,1	3,8	6,5	7,1
8	5,4	6,3	7,1	2,1	2,3	7,3	2,3	6,7	6,0

Продолжение табл. 2

Глубина, м	08.07.1988 г.	17.07.1992 г.	14.07.2008 г.	28.07.2010 г.	23.07.2011 г.	24.07.2012 г.	25.07.2013 г.	24.07.2014 г.	29.07.2015 г.
9	5,2	6,1	7,0	2,7	1,8	7,2	1,7	5,5	8,9
10	5,6	6,1	6,4	2,6	1,7	6,8	0,7	4,8	8,3
11	5,8	6,1	6,3	2,2	1,7	6,8	0,7	4,5	8,8
12	6,0	5,9	5,9	1,4	1,4	6,5	0,0	4,3	5,1
13	6,1	5,9	5,7	1,4	0,8	6,2	0,0	4,1	3,3
14	6,0	5,8	5,5	1,0	0,4	5,9	0,0	4,0	2,5
15	6,0	5,8	5,3	0,8	0,3	5,5	0,0	3,9	1,8
16	5,9	5,6	5,1	0,7	0,2	5,4	0,0	3,8	1,4
17	5,7	5,4	4,9	0,7	0,2	5,0	0,0	3,8	1,3
18	5,5	5,3	4,8	0,7	0,1	4,5	0,0	3,7	1,1
19	5,3	5,1	4,7	0,6	0,1	4,0	0,0	3,7	0,9
20	5,1	4,8	4,6	0,2	0,0	3,6	0,0	3,6	0,4
21	4,7	4,4	4,5	0,2	0,0	3,3	0,0	3,5	0,3
22	4,5	4,3	4,2	0,2	0,0	2,9	0,0	3,4	0,3
23	4,1	4,1	3,9	0,2	0,0	2,8	0,0	3,3	0,3
24	3,7	3,6	3,6	0,1	0,0	2,7	0,0	3,0	0,3
25	3,9	3,6	3,4	0,1	0,0	2,7	0,0	2,9	0,2
26	3,0	1,5	3,0	0,1	0,0	2,5	0,0	2,5	0,1
27	2,7	1,0	2,4	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0

Примечание. Полуужирным выделена зона толерантности *L. tasgillus* по содержанию кислорода.



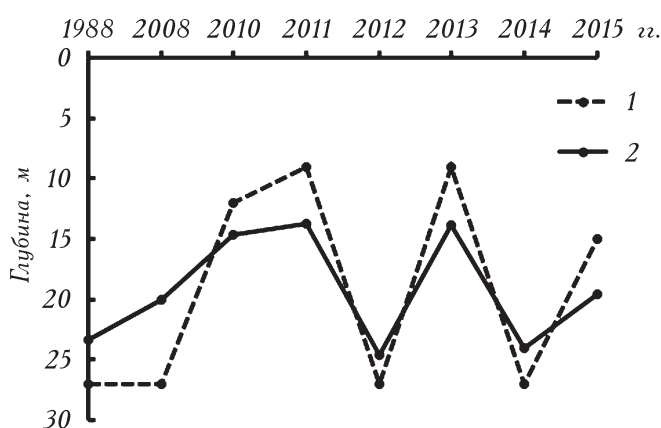
2. Дневное вертикальное распределение численности (N , экз/м³) *L. macrurus* в периоды с высоким (*a* — 08.07.1998 г.) и низким (*б* — 28.07.2010 г.) содержанием кислорода в гипolimнионе оз. Сита.

фичным, оксиклин располагался на глубине 5 м, низкие значения — на глубинах 5–7 м, некоторый рост — в зоне 8–11 м и постепенное снижение концентрации ко дну. Наблюдаемый недостаток содержания кислорода в 2010 г. в гипolimнионе и придонных слоях воды, а в последующие годы резкие межгодовые колебания этого показателя могли быть обусловлены нарушением или разбалансировкой сложившихся в экосистеме озера окислительно-восстановительных процессов в связи с поступлением избыточного количества биогенного материала.

Известно, что лимнокалянус распределяется в столбе воды неравномерно [1, 6, 18]. Дневное вертикальное расположение животных в оз. Сита в годы с разным содержанием кислорода кардинально отличалось (рис. 2). При достаточном для жизнедеятельности уровне насыщения кислородом гипolimниона животные держатся придонных слоев воды (1988 г.), а при недостатке кислорода лимнокалянус перемещается в более высокие горизонты (2010 г.), но не встречается в зоне эпилимниона с высокой температурой.

Для анализа зависимости вертикального распределения *L. macrurus* от содержания кислорода была рассчитана средняя глубина расположения популяции [10]. В этом ряду наблюдений она изменялась от 14 до 25 м. Сопоставление этой величины с глубиной начала дефицита кислорода (менее 2 мг/л) показало, что в годы с достаточным количеством кислорода основная часть популяции лимнокалянуса оставалась на обычных для него глубинах, ниже 20 м, а в годы с недостатком кислорода в дневное время перемещалась в более высокие слои воды, то есть активно избегала зоны с низким содержанием кислорода (рис. 3). Средняя глубина вертикального дневного расположения животных в столбе воды была сопряжена с глубиной начала недостатка кислорода, коэффициент корреляции при этом составил 0,93. Взаимное расположение этих величин по вертикали зависело от глубины. На глубинах ниже 20 м средние значения глубины обитания располагались выше относительно начала недостатка кислорода, а в более высоких горизонтах,

наоборот, ниже. Вероятно, такое размещение связано с выбором сочетания необходимых для выживания температурных и кислородных условий. При перемещениях ко дну ограничивающим фактором выступала низкая концентрация кислорода, а вверх — высокая температура, что и определяло взаимное расположение на рисунке величин этих показателей.



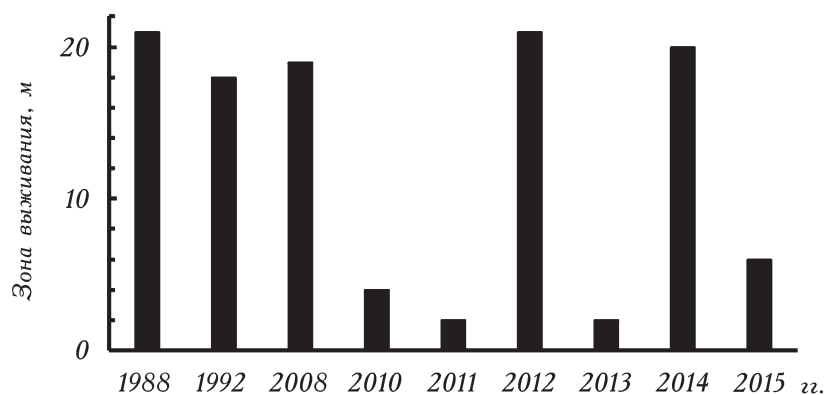
3. Изменение дневного вертикального расположения *L. macrurus* при разной концентрации кислорода в гипolimнионе оз. Сита (июль): 1 — глубина начала дефицита кислорода; 2 — средняя глубина расположения популяции.

Исходя из данных, приведенных в таблицах 1 и 2, проведены

расчеты зоны толерантности для лимнокалянуса (пространственной ниши в понимании Гриннелла) [13] по двум факторам, в которой температура была ниже 13°C и содержание кислорода более 2 мг/л в вертикальном столбе воды в разные годы наблюдений (рис. 4). Для расчетов 2010 г. некоторое повышение концентрации кислорода на глубинах от 8 до 11 м до 2,7 мг/л (см. табл. 2) было включено в зону толерантности, несмотря на то, что в вышележащих горизонтах 5—7 м оно было ниже 1 мг/л. Область выживания, согласно этим расчетам, изменялась по годам от 21 до 2 м. Вертикальное пространство для жизнедеятельности популяции, расширялось в годы, богатые кислородом, и было крайне узким в годы с его дефицитом. При этом низкие значения были в 2010, 2011 и 2013 гг., что не регистрировалось в другие годы наблюдений. После 2010 г., несмотря на относительно невысокие значения температуры, наблюдались резкие колебания величины зоны толерантности за счет недостатка кислорода.

Процесс снижения содержания кислорода в столбе воды глубже эпилимниона рассмотрен нами ранее, при этом сделано предположение [6], что резкое повышение температуры в эуфотном слое вызывает бурное развитие водорослей, которых не успевают потребить консументы. Эти водоросли отмирают, опускаются в нижележащие горизонты, где идут процессы их разложения, сопровождаемые интенсивным потреблением кислорода.

Сочетание неблагоприятных условий обитания, наблюдавшихся в 2010 г., повлияло на численность популяции не сразу: минимальные значения плотности последовали на следующий, 2011 г. (лаг-эффект). Это связано с моноцикличностью этого вида и приуроченностью размножения к холодному времени года (декабрь — март). Корреляционный анализ численности вида с шириной пространственной ниши (зоной выживания) со смещением



4. Изменение размера зоны толерантности (выживания) *L. macrurus* в разные годы наблюдений оз. Сита.

в один год показал слабую положительную зависимость ($r = 0,56$), вероятно, из-за малого числа наблюдений.

Угнетенное состояние популяции сохранялось в течение трех последующих лет наблюдений (см. рис. 1). Несмотря на сложившиеся в 2012 г. благоприятные условия, минимальные значения численности, моноцикличность вида и малая плодовитость [2] не позволили популяции восстановиться за один год, поэтому рост численности был постепенным. Достаточная концентрация кислорода была отмечена и в 2014 г., но, если учитывать малую начальную численность, низкую скорость воспроизводства и лаг-эффект, популяция восстановилась до прежних величин только в 2015 г. В последний, 2015 г. наблюдений содержание кислорода опять снизилось, что позволяет прогнозировать следующий спад численности.

Резкое падение численности лимнокалянуса, вероятно, происходило за счет отмирания особей в условиях отсутствия кислорода и предельной для обитания этого вида температуры в 2010 г. Необходимо отметить, что температурная аномалия для Северного полушария 2010 г. на территории Беларуси отличалась двумя повышениями температуры — в конце июня и в первой декаде августа, когда были превзойдены рекорды высокой температуры воздуха за весь период инструментальных метеонаблюдений [7, 9]. Очевидно, что в период наблюдений этого года, в июле, приведенные нами значения численности еще не были результатом воздействия максимальной температуры воды для лета этого года, и были сформированы в результате июньского потепления. В августе шло дальнейшее повышение температуры воды, наблюдаемое в других водоемах Беларуси [7], что позволяет предположить еще большее ухудшение условий обитания к середине августа, как за счет температуры, так и низкой концентрации кислорода. Поэтому в июле еще сохранилась высокая численность и началось отмирание особей лимнокалянуса, но интенсивнее этот процесс шел уже после даты наблюдений, вплоть до осеннего понижения температуры и перемешивания водных масс (октябрь — ноябрь). К началу размножения (декабрь) половозрелые животные

сохранились в незначительном количестве, что и отразилось на показателях численности в последующий 2011 г. Не исключается и выедание планктоидными рыбами (уклея, ряпушка) во время подъема и концентрации рачка в более высоких слоях воды в дневное время, где доступность его как корма возрастает.

Заключение

Таким образом, при многолетних наблюдениях в оз. Сита, в 2011 г. было установлено катастрофическое снижение численности стенотермной холодолюбивой копеподы *Limnocalanus macrurus* после аномально теплого лета 2010 г. — с 2483 до 3 экз/м³. Восстановление численности популяции продолжалось три года.

На основании анализа межгодовых изменений температуры и содержания кислорода определено, что причиной падения численности была крайне высокая температура, более 26 °С, в эпилимнионе и низкое содержание кислорода в нижележащих слоях воды. Это привело к сужению зоны толерантности для этого вида, изменению обычного для него вертикального расположения, и впоследствии отразилось на его численности за счет высокой смертности.

Впервые получены материалы о негативном влиянии повышения температуры на состояние популяции реликтовой каланоидной копеподы, которые могут быть использованы для мониторинга редких и исчезающих видов водных беспозвоночных и прогноза состояния их популяций в современных условиях изменения климата. Рост поверхностной температуры и низкая концентрация кислорода в гипolimнионе средне-глубоких озер Беларуси снижает численность реликта, и может привести к его полному вымиранию.

**

*Вперше отримано дані щодо різкого зниження чисельності реликтового холодолюбного виду *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) під впливом високої літньої температури в мезотрофному оз. Сита Білорусі, що підвищує ризик його вимирання. Показано кореляцію вертикального розташування популяції із вмістом розчиненого у воді кисню. Зниження чисельності відбувається через скорочення просторової ніші цього виду за рахунок високої температури і низької концентрації кисню.*

**

*Data on a sharp decrease in the number of a relict cold-loving species *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) have been first obtained under the influence of high summer temperature in mesotrophic lake Sita of Belarus, which increases the risk of its extinction. The correlation of vertical population location with the content oxygen dissolved in water has been shown. Number reduction occurs because of a decrease in spatial area of this species due to high temperature and low oxygen concentration.*

**

1. Вежновец В.В. Пространственное распределение *Limnocalanus grimaldii* var. *macrurus* Sars в оз. Южный Волос // Итоги и перспективы гидробиологических исследований в Белоруссии. — Минск, 1983. — С. 83—88.

2. Вежновец В.В. Биология реликтового рачка *Limnocalanus grimaldii* var. *macrurus* и его продукционно-энергетическая характеристика: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Мн., 1984. — 24 с.
3. Вежновец В.В. Многолетние наблюдения за состоянием популяции реликтового рачка *Limnocalanus macrurus* Sars // Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы: Материалы республиканской науч. конф., 12—13 дек. 2002 г. — Витебск: изд-во Витебск. ун-та, 2002. — С. 58—59.
4. Вежновец В.В. Многолетние наблюдения за сообществом зоопланктона озер Волосо // Прикладная лимнология: Материалы междунар. конф. — Минск: Беларус. ун-т, 2003. — С. 246—250.
5. Вежновец В.В. Ракообразные (Cladocera, Sclerodera) в водных экосистемах Беларуси. Каталог. Определительные таблицы. — Минск: Бел. наука, 2005. — 150 с.
6. Вежновец В.В., Семенченко В.П. Влияние повышения температуры на вертикальное распределение зоопланктона в мезотрофном стратифицированном озере // Докл. НАН Беларуси. — 2011. — Т. 55, № 5. — С. 72—75.
7. Кирвель П. И. Рост температуры воды в озерах Беларуси в условиях изменения климата // Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 11-й Междунар. науч. конф., Минск, 19—20 мая 2011 г. — Минск, 2011. — С. 451.
8. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. 4-е изд. — Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 2015. — 320 с.
9. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база изменений климата. — Минск: Бел. наука, 2012. — 265 с.
10. Рудяков Ю.А. Методы описания вертикального распределения пелагических организмов // Океанология. — 1976. — Т. 17, вып. 2. — С. 329—335.
11. Суценья Л.М., Семенченко В.П., Вежновец В.В. Биология и продукция ледниковых реликтовых ракообразных. — Минск: Навука і тэхніка, 1986. — 160 с.
12. Якушко О.Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер Северной Белоруссии. — Минск: Вышэйш. шк., 1971. — 336 с.
13. Arbačiauskas K.D. Occurrence and interannual abundance variation of Glacial Relict Calanoids *Limnocalanus macrurus* and *Eurytemora lacustris* in Lithuanian Lakes // Acta Zoologica Lituanica. — 2010. — Vol. 20, N 1. — P. 61—67.
14. Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J. et al. The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe // Science. — 2011. — Vol. 332. — P. 220—224.
15. Grinnell J. Field test of theories concerning distributional control // American Naturalist. — 1917. — Vol. 51, N 918. — P. 115—128.
16. Red Date Book of Lithuania (Lietuvos raudonoji knyga) — Vilnius: Spindulio, 1992. — 366 p.

17. *Vezhnavets V.V., Malatkou D.V., Arbačiauskas K.* Transformation in Lake Drūkšiai ecosystem upon Ignalina Nuclear Power Plant decommissioning. 6. Zooplankton community // *Zoology and Ecology*. — 2014. — Vol. 24, Iss. 2. — P. 108—127.
18. *Vezhnavets V., Skute A., Molotkov D.* The vertical distribution of zooplankton in the mesotrophic stratified lakes Rica and Sita in relation to temperature // 6th Intern. conf. «Research and Conservation of biological Diversity in Baltic Region». — Daugavpils, 2011. — P. 139.

Научно-практический центр
НАН Беларуси по биоресурсам, Минск

Поступила 09.06.17