

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ  
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА  
ЛИТОРАЛЬНЫХ И ПРОФУНДАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
МАЛОГО ЭВТРОФНОГО ОЗЕРА**

В. Г. Костюсов, Т. И. Попиначенко, И. И. Оношко, Т. Л. Баран

*РУП «Институт рыбного хозяйства»*

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»*

*г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by*

**SEASONAL POPULATION DYNAMICS AND ZOOPLANKTON  
DISTRIBUTION IN LITTORAL AND PROFUNDAL SMALL  
EUTROPHIC LAKE COMPLEXES**

Kostousov V. G., Popinachenko T. I., Onoschko I. I., Baran T. L.

*RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center*

*of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry"*

*Minsk, Republic of Belarus, belniirh@tut.by*

*(Поступила в редакцию 10.07.2012)*

**Реферат.** Рассмотрены некоторые особенности динамики биомасс и пространственной структуризации зоопланктонных сообществ двух малых эвтрофных озер.

**Ключевые слова:** озеро, зоопланктон, количественные показатели, литораль, пелагиаль.

**Abstract.** Some features of the biomass dynamics and zooplankton communities spatial structuring of two small eutrophic lakes are examined in this article.

**Keywords:** lake, zooplankton, quantitative indicators, littoral, pelagial.

**Введение**

Эвтрофирование озер как процесс естественного старения ведет к повышению (до определенного уровня) трофического статуса и сопровождается перестройкой структуры планктонных сообществ и снижением их биологического разнообразия [1, 2, 3, 4]. Естественным образом можно предположить, что при реализации мер, направленных на замедление темпов эвтрофирования или их приостановку, планктонные сообщества могут отреагировать в обратном порядке, усложняя свою видовую и пространственную структуру [5, 6]. Анализ ситуации, складывающейся под воздействием проводимых мероприятий, возможен при условии понимания исходной картины состояния планктонного сообщества. В связи с изучением механизмов воздействия на протекающие в эвтрофном озере процессы, провели наблюдения за динамикой

развития и сезонным распределением зоопланктона на двух малых озерах с определенным трофическим и термическим статусом.

### **Материал и методика исследований**

Исследования проводили на двух малых эвтрофных озерах Черток (4,9 га) и Ходосы (10,5 га), расположенных в Национальном парке «Нарочанский». В ходе работ изучали динамику численности и биомассы зоопланктона, а также его видовую структуру и локализацию по горизонтам. Исследование проводили по двум ассоциациям зоопланктона — литоральному и пелагическому. За литораль принимали площадь акватории от уреза воды до границы берегового свала, включая полосу распространения надводных макрофитов и растений с плавающими листьями. В пелагиаль включали площадь акватории над ложем озера за пределами границ берегового свала и видимой полосы распространения погруженных макрофитов.

Для написания статьи использованы материалы полевых исследований, полученные в период с мая по сентябрь 2011 г. при проведении обследования озер. Сбор гидробиологического материала проводили с охватом литоральной и профундальной зон озер, по горизонтам через 1 м. Отбор проб проводили планктоночерпачком Вовка в модификации Боруцкого, фиксацию осуществляли 4% раствором формалина, определение — с использованием бинокулярной лупы и определителей серии «Фауна СССР».

### **Результаты исследований и обсуждение**

**Оз. Ходосы** расположено в Мядельском районе Минской области, в 11 км на северо-запад от г. Мядель, в 0,5 км на северо-запад от д. Россохи. Принадлежит системе р. Мяделка, бассейн р. Зап. Двина. Основу водного баланса формирует поверхностный сток: протокой, шириной до 2 м, соединяется с оз. Россохи, на юго-западе вытекает ручей в р. Мяделка. Площадь водного зеркала составляет 10,5 га, максимальная глубина равна 9,3 м, средняя — 3,6 м [7]. Литораль неширокая, фрагментарно зарастающая. По морфометрическим и гидрологическим показателям оз. Ходосы характеризуется как малое по площади, неглубокое, слабопроточное, умеренно зарастающее [7]. Прозрачность воды в пределах колебания 2,6–3,0 м. Выраженная зона термоклина фиксируется до первой декады июня с градиентом температур поверхность–дно до 7°C. С прогревом водных масс зона гипolim-

ниона сокращается и распадается, в июле устанавливается гомотермия. По степени развития биопродукционных процессов и качества водных масс характеризуется как эвтрофный, частично стратифицированный водоем со средней минерализацией воды [8].

В составе зоопланктона отмечено 25 видов организмов, относящихся к основным таксономическим группам: коловратки — 9, ветвистоусые ракообразные — 12, веслоногие ракообразные — 4 вида. Из них 9 характеризуются как 0-сапробы, 5 — 0-β-мезосапробы, 8 — β-мезосапробы и 3 вида — β-α-сапробы [9]. Среднесезонная численность организмов зоопланктона оз. Ходосы составила 180,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 4,44 г/м<sup>3</sup>. В литоральной зоне средняя численность за сезон составила 144,1 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 3,19 г/м<sup>3</sup>; в пелагиальной — 216,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 5,67 г/м<sup>3</sup> соответственно.

В среднем за сезон численность ветвистоусых ракообразных литоральной зоны составила 39,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 1,31 г/м<sup>3</sup> (рис.1). Доминирующий комплекс ветвистоусых ракообразных литоральной зоны составляли *Daphnia cucullata* и *Bosmina longirostris*, субдоминант — *Ceriodaphnia reticulata*. Обитающий преимущественно в прибрежной зоне, *Polyphemus pediculus*, в начале вегетационного сезона отмечен в литоральной зоне, а в окончании — уже и в пелагиали на горизонтах 3 и 6 метров. Последнее можно объяснить смещением под воздействием ветро-волновой деятельности на фоне осеннего выравнивания различной температур. Организм нейстона — *Scapholeberis mucronata*, обычно обитающий в поверхностной пленке, отмечен нами только в верхних слоях воды (0–1 м) литоральной зоны.

Среднесезонная численность ветвистоусых ракообразных пелагиальной зоны составила 77,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 2,84 г/м<sup>3</sup> (рис.1). В пелагической зоне доминирующий комплекс кладоцер составляли *Daphnia cucullata* (отмеченная на всех глубинах), *Bosmina coregoni*, *Diaphanosoma brachyurum*. Численность пелагического вида *Diaphanosoma brachyurum* на протяжении сезона достигала максимальных значений на горизонтах 4–6 м и только в третьей декаде июля зафиксирована ее максимальная численность в верхних слоях воды. Несколько реже отмечены *Ceriodaphnia reticulata* и *Chydorus sphaericus*. Обитатель водоемов таежной зоны *Daphnia galeata* обнаружена только в начале сезона наблюдения, причем как в пелагиали, так и в литорали озера.

Среднесезонная численность коловраток литорали составила 5,1 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 0,06 г/м<sup>3</sup>, пелагиали — 26,9 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,11 г/м<sup>3</sup> соответственно (рис. 1). В поверхностных и приповерхностных слоях доминировали *Synchaeta pectinata* и *Polyarthra luminosa*, в начале сезона в литорали преобладала *Asplanchna priodonta*. Доминирующий комплекс пелагиали составляли преимущественно мелкие формы — *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*, *Trichocerca pusilla*.

Среднесезонная численность веслоногих ракообразных в литорали составила 100,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 1,82 г/м<sup>3</sup>; в пелагиали — 112,1 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 2,72 г/м<sup>3</sup> соответственно. Доминирующими видами являлись *Cyclops strenuus* и *Diaptomus castor*, которые были распространены по всей толще воды. Максимальная численность *Mesocyclops leuckarti* отмечается в пелагиали озера на горизонтах 4–6 м. Науплиальные формы циклопид отмечаются на всех горизонтах пелагиали и в литорали. В разные даты наблюдений их максимальная численность фиксировалась на глубинах и 1 м, и 6 м (до 144 тыс. экз./м<sup>3</sup>).

В литоральной и пелагической зонах соотношение биомасс веслоногих и ветвистоусых ракообразных несколько отличается: в литорали преобладали копеподы (57,1%), в пелагиали — незначительно кладоцеры (50,1%) (рис. 1). Такое соотношение также может свидетельствовать о элективном воздействии молоди рыб: чем больше в планктоне представителей родов *Bosmina* и *Daphnia*, тем позднее в пищевой рацион молоди включаются циклопиды.

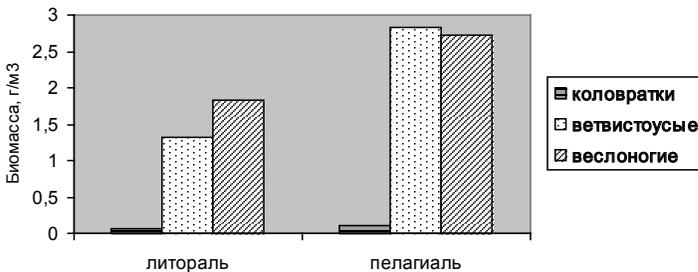
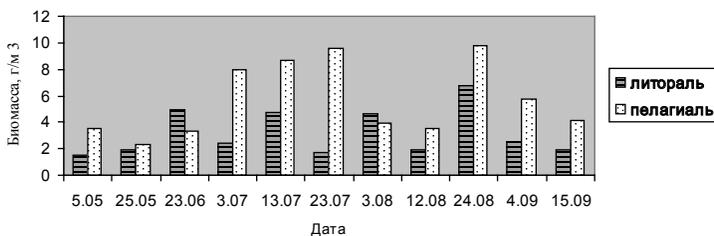


Рисунок 1 — Среднесезонная биомасса групп зоопланктона литорали и пелагиали оз. Ходосы

На рисунке 2 отражена динамика биомассы зоопланктона по датам наблюдений в литорали и пелагиали. В структуре биомассы доминирующее значение приобретали пелагические ассоциации, преобладающие над прибрежными. Динамика биомасс характеризуется типичной для озер двухвершинной кривой, которая для литорального сообщества носит менее выраженный характер. Снижение показателей биомассы зоопланктона в августе объясняется структурной перестройкой сообщества, вызванного доминированием веслоногих на начальных этапах развития.



**Рисунок 2** — Динамика биомассы зоопланктона литорали и пелагиали оз. Ходосы

Оз. Черток расположено в Мядельском районе Минской области, в 11 км на северо-запад от г. Мядель, в 0,5 км к югу от д. Россохи. Принадлежит системе р. Мяделка, бассейн р. Зап. Двина. Площадь водного зеркала составляет 4,9 га, максимальная глубина равна 8 м, средняя — 4 м [7]. Прозрачность воды 2,1–2,7 м. Ширина зоны литорали составляет 30–50 м, преимущественно заросшей погруженными макрофитами. Оз. Черток по морфометрическим показателям характеризуется как малое, неглубокое, умеренно зарастающее, бессточное. Температурный режим сходен с таковым для оз. Ходосы, отличаясь лишь меньшими значениями градиентов. По гидрохимическим и гидробиологическим показателям характеризуется как эвтрофный, частично стратифицированный водоем со средней минерализацией воды [8].

В составе зоопланктона отмечено 28 видов организмов, относящихся к основным таксономическим группам: коловратки — 10, ветвистоусые ракообразные — 14, веслоногие ракообразные — 4 вида. Из них 8 характеризуются как 0-сапробы, 7 — 0-β-мезосапробы, 9 — β-мезосапробы и 4 вида — β-α-сапробы [9].

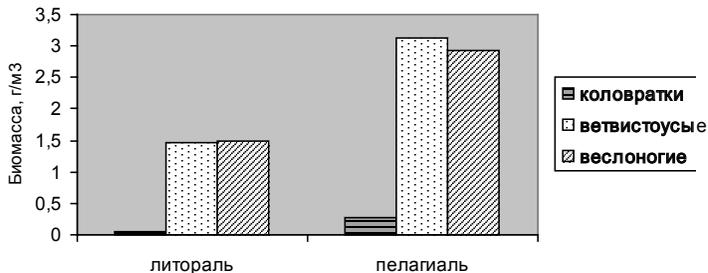
Среднесезонная численность организмов зоопланктона оз. Черток составила 188,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 4,7 г/м<sup>3</sup>. В литоральной зоне средняя численность за сезон составила 126,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 3,03 г/м<sup>3</sup>; в пелагиальной — 250,1 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 6,33 г/м<sup>3</sup> соответственно.

Среднесезонная численность ветвистоусых ракообразных литоральной и пелагиальной зоны составила 34,3 и 81,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 1,47 и 3,12 г/м<sup>3</sup> соответственно (рис. 3). Доминирующий комплекс ветвистоусых ракообразных литоральной зоны составляли *Daphnia cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Ceriodaphnia reticulata* и *Bosmina longirostris*; пелагальной — *Daphnia cucullata*, *Bosmina coregoni*, *Diaphanosoma brachyurum*.

В прибрежье, среди зарослей макрофитов отмечалось увеличение численности *Sida cristallina*, *Leydigia sp.*, обычно встречающаяся в придонных слоях и среди макрофитов, зафиксирована в мае-июне и сентябре в приповерхностных слоях воды как в литорали, так и в пелагиали. Пелагический хищник *Leptodora kindtii* достигал максимальной численности 14,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> на горизонте 5 м.

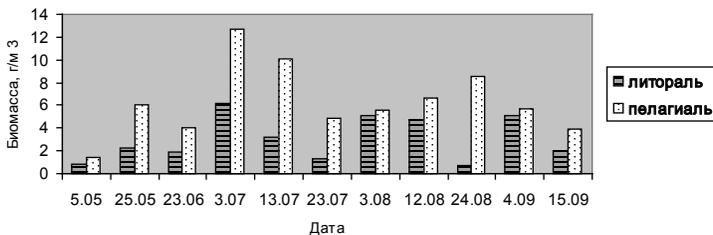
Среднесезонная численность коловраток литорали составила 8,1 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 0,06 г/м<sup>3</sup>, пелагиали — 45,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,27 г/м<sup>3</sup> соответственно. В литорали доминировали относительно более крупные *Synchaeta pectinata* и *Asplanchna priodonta*. Доминирующий комплекс пелагиали составили мелкие формы: *Conochilus hippocrepis*, *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*. В начале сезона (май) на глубине 4–6 м отмечен *Brachionus calyciflorus*, свойственный высокоэвтрофным водоемам.

Среднесезонная численность веслоногих ракообразных литорали составила 84,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса — 1,50 г/м<sup>3</sup>; пелагиали — 123,9 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 2,94 г/м<sup>3</sup> соответственно (рис. 3). Доминирующие комплексы планктонных ракообразных оз. Черток сходны с оз. Ходосы, как и соотношение биомасс литорали и пелагиали, с незначительным преобладанием веслоногих в литорали и ветвистоусых — в пелагиали (рис. 3).



**Рисунок 3** — Среднесезонная биомасса групп зоопланктона литорали и пелагиали оз. Черток

В оз. Черток отмечается более четкое преобладание пелагических ассоциаций над литоральными, что, возможно, объясняется его большей относительной глубиной и меньшей степенью развития водной толщи (рис. 4).



**Рисунок 4** — Динамика биомасс зоопланктона литорали и пелагиали оз. Черток

Динамика развития основных структурных компонентов сообщества представлена на рисунках 5 и 6. Анализ диаграмм позволяет сделать вывод, что относительное значение коловраток велико только в весенний период, тогда как в дальнейшем доля биомассы этих животных близка к нулю. При этом в оз. Черток доля коловраток в биомассе всего сообщества выше, чем в оз. Ходосы, это, возможно, объясняется отличающейся степенью скорости прогрева воды и формирования зон эпи-металимниона. На протяжении четырех месяцев структура зоопланктона в обоих озерах представлена преимущественно ракообразными, соотношение долей которых изменялось в зависимости от рассматриваемого водоема.

В оз. Черток на протяжении июня — половины июля отмечено доминирование ветвистоусых, значение которых снижается только со второй половины июля с последующим нарастанием в августе (рис. 6).

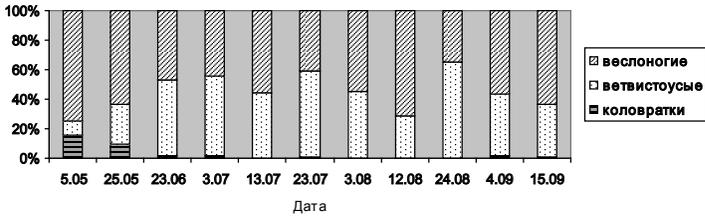


Рисунок 5 — Соотношение групп зоопланктона оз. Ходосы в динамике

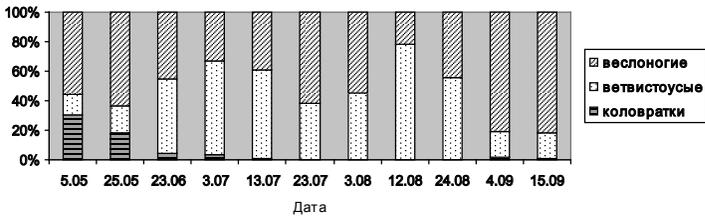
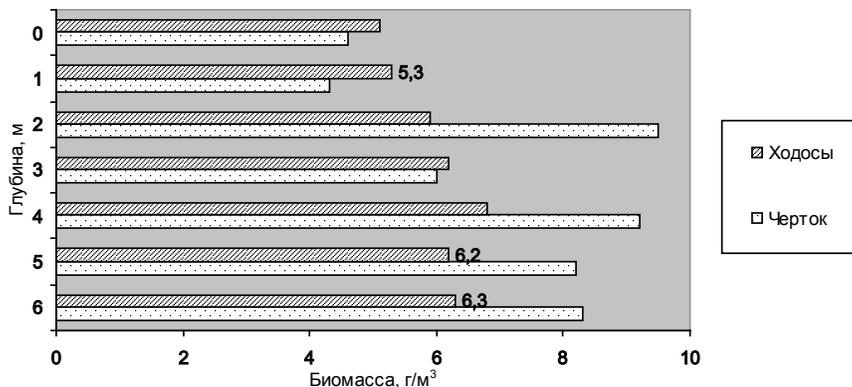


Рисунок 6 — Соотношение групп зоопланктона оз. Черток в динамике

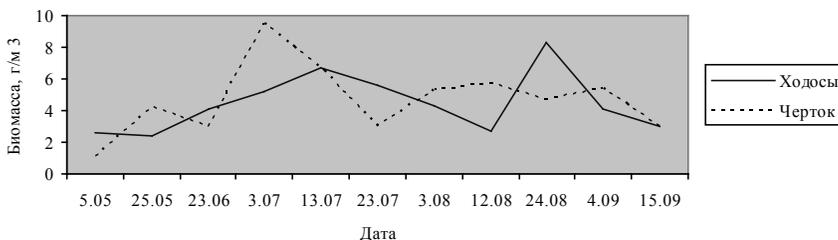
Проанализировав данные исследований за весь сезон, можно отметить, что в пелагиали озера Черток на горизонтах 2 и 4 м отмечены максимальные среднесезонные биомассы зоопланктона. В оз. Ходосы наблюдается практически равномерное распределение величин среднесезонной биомассы по горизонтам, с максимальными показателями ( $6,8 \text{ г/м}^3$ ) на горизонте 4 м (хотя в течение сезона по датам наблюдений отмечается перемещение зоопланктона по горизонтам с высокими значениями на разных глубинах). Следует отметить, что на границе прозрачности среднесезонные показатели биомасс максимальны для обоих озер.

На рисунках 7 и 8 отражена динамика биомасс зоопланктона озер по глубинам и датам наблюдения.



**Рисунок 7** — Среднесезонная динамика суммарных биомасс зоопланктона озер Ходосы и Черток

По обоим анализируемым озерам динамика биомассы зоопланктона (средняя по всем экотопам) носила выраженный двухвершинный характер, с максимумом для оз. Ходосы в конце августа, для оз. Черток — в начале июля. В целом для оз. Ходосы кривая динамики биомасс более сглажена, с меньшим отличием максимальных и минимальных значений. В оз. Черток сезонные изменения биомасс имеют более выраженный характер, что больше свойственно прудовым водоемам. Последнее можно объяснять большим удельным весом литоральной озера над профундальной, где среди зарослей макрофитов существенное развитие получают прудовые и фитофильные формы зоопланктеров.



**Рисунок 8** — Динамика суммарной биомассы зоопланктона озер Ходосы и Черток по датам

### **Заключение**

В зоопланктоне оз. Ходосы по численности и биомассе преобладали веслоногие ракообразные; в оз. Черток по биомассе — ветвистоусые, по численности — веслоногие.

В структуре сообщества оз. Черток отмечается рост сапробности видов: таксономическая структура зоопланктона больше сдвигается в сторону  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробов, видовое разнообразие шире.

В обоих водоемах видовой состав и количественное развитие зоопланктона соответствовало эвтрофному статусу озер, а динамика количественных показателей характеризовалась нарастанием роста и спада биомасс, формируя двухвершинную кривую.

В обоих озерах отмечается более четкое преобладание пелагических ассоциаций над литоральными и неравномерное распределение концентраций зоопланктона по горизонтам. В оз. Ходосы горизонтальная локализация носит более сглаженный характер, что можно объяснить особенностями формирования зон мета-гипolimниона.

Состав доминирующих комплексов озер практически сходен, а некоторые отличия в составе (наличие большего количества сапробных видов) характеризуют оз. Черток как водоем с более высоким уровнем трофии.

### **Список использованных источников:**

1. Сапунов, В. Б. Три составляющих процесса эвтрофикации: динамика биогенов, биомассы и биоразнообразия. Прогноз и управление / В. Б. Сапунов, Г. Ф. Шикунец, Цюй Чен-дзинь. // Экологическая химия, 2009, В. 18(1). — С. 46–54.
2. Carlson R. E. A trophic state index for lakes / R. E. Carlson // *Limnol. Oceanogr.*, 1977, Vol. 22. — P. 361–369.
3. Geller W. The vertical distribution of zooplankton (Crustacea, Rotatoria, Ciliata) and their glazing over the diurnal and seasonal cycles in lake Lonstance / W. Geller, R. Pinto-Coelho, Y. R. Pauli // *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 1992, V. 35 — P.79–85.
4. Гиляров, А. М. Соотношение биомассы и видового разнообразия в планктонном сообществе / А. М. Гиляров // *Зоол. Журнал*, 1969, Т. 48. — С. 27–35.
5. Гладышев, М. И. Биоманипуляции как инструмент управления качеством воды в континентальных водоемах (обзор литературы)

туры 1990–1999 гг.) / М. И. Гладышев // Биология внутренних вод. 2001. № 2. — С. 3–15.

6. Семенченко, В. П. Связь видового разнообразия литорального зоопланктона и гидроморфологией озер разного типа / В. П. Семенченко, Л. М. Суцены, В. В. Вежновец // Доклады НАН Беларуси, сер. Биология. — 2011. — Т. 55. — № 4. — 66–67 с.

7. Республиканская комплексная схема размещения рыболовных угодий: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2007 г., № 22: в ред. постановлений Совмина от 09.06.2008 № 826, от 03.06.2009 № 727, от 01.02.2010 № 136. — Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org>, — Дата доступа — 01.11.2011.

8. Жукинский, В. Н. Критерии комплексной оценки качества поверхностных пресных вод / В. Н. Жукинский, О. П. Окснюк, [и др.] / В сб. Самоочищение и биоиндексация загрязненных вод. — М.: 1980. — С. 57–63.

9. Пидгайко, М. Л. Краткая биопродукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М. Л. Пидгайко, Б. М. Александров [и др.] // Изв. ГосНИОРХ. — 1968. — Т. 67. — С. 205–228.