

УДК 574.5:595.14(285.2)(476)

РОЛЬ АННЕЛИД (ANNELIDA) В ОЗЕРАХ НАРОЧАНСКОЙ СИСТЕМЫ (БЕЛАРУСЬ)

¹Батурина М.А., ²Макаревич О.А., ³Кайгородова И.А., ²Жукова Т.В., ²Адамович Б.В.

¹*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: baturina@ib.komisc.ru;*

²*Белорусский государственный университет, Минск*

³*Лимнологический институт СО РАН, Иркутск*

Интерес к структуре бентосного сообщества озер Нарочанской группы определяется тем, что озера за последние годы прошли несколько стадий эволюции структурной и функциональной организации: антропогенного эвтрофирования (1978–1983 гг.); олиготрофикации (с 1984 по 1990 гг. для оз. Нарочь, и с 1984 по 1989 гг. для оз. Мястро и Баторино) и бентификации (с 1991 г. для оз. Нарочь и с 1990 г. для оз. Мястро и Баторино по настоящее время). В настоящее время по отношению к периоду антропогенного эвтрофирования существенно снизились параметры, которые принято считать показательными при оценке трофности водоема (фосфор, хлорофилл, сестон, прозрачность). Тем не менее при наличии многолетних мониторинговых наблюдений за изменениями структуры и количественными показателями развития зообентоса озер, практически отсутствуют сведения об отдельных группах беспозвоночных животных. И наименее изученными в этом списке можно считать кольчатых червей Annelida (*Clitellata: Oligochaeta, Hirudinea*), которые являются одной из доминирующих систематических групп в экосистеме Нарочанских озер. В представленной работе проведен анализ динамики количественных показателей развития кольчатых червей в водоемах разного трофического статуса, на примере озер Нарочанской группы (Беларусь). Динамика показателей характеризуется снижением доли олигохет и пиявок в эвтрофном озере и повышением этих показателей в олиготрофном. Установлена зависимость численности и биомассы олигохет от ряда гидрохимических и гидрологических показателей.

Ключевые слова: аннелиды, олигохеты, пиявки, макрозообентос, озерные экосистемы, трофический статус, многолетняя динамика, бентификация

THE ROLE OF ANNELID WORMS (ANNELIDA) IN THE NAROCH LAKES SYSTEM (BELARUS)

¹Baturina M.A., ²Makarevich O.A., ³Kaygorodova I.A., ²Zhukova T.V., ²Adamovich B.V.

¹*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, e-mail: baturina@ib.komisc.ru;*

²*Belarusian State University, Minsk*

³*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk*

The interest in the structure of the benthic community of the Naroch Lakes system is determined by the fact that in recent years the lakes have passed through several stages of evolution of the structural and functional organization: anthropogenic eutrophication (1978–1983); oligotrophication (1984–1990 for Lake Naroch, and 1984–1989 for Lake Myastro and Batorino); and present benthification (beginning from 1991 for Lake Naroch and from 1990 for Lake Myastro and Batorino). Currently, the trophic indices of the reservoir (such as phosphorus, chlorophyll, seston, transparency) have significantly decreased compared with the period of anthropogenic eutrophication. However, in the presence of long-term monitoring observations of changes in the structure and quantitative indicators of the development of zoobenthos, there is practically no information about individual groups of invertebrates of these lakes. Despite annelid worms (Annelida: Oligochaeta, Hirudinea) are one of the dominant systematic groups in the ecosystem, ringed worms is still the least studied in the Naroch Lakes system. The dynamics of Annelida (*Clitellata: Oligochaeta, Hirudinea*) in the lakes with different trophic status (Naroch, Myastro, Batorino) was analyzed. The dynamics is characterized by a decrease of the proportion of oligochaetes and leeches in the eutrophic lake and an increase of such proportion in the oligotrophic lake. The interrelation between the density and biomass of oligochaetes and the number of hydrochemical and hydrological parameters has been established.

Keywords: Annelida, Oligochaeta, Hirudinea, macrozoobenthos, lake ecosystems, trophic status, long-term dynamics, benthification

Изучение изменений, вызванных различными факторами, и происходящих в процессе функционирования озерных экосистем, является одной из задач лимнологии [1]. Решение вопроса об эволюционных процессах в экосистемах приводит, в том числе, к необходимости изучения биоразнообразия водоемов и экологических условий, которые лежат в основе его формирования [2]. Кольчатые черви *Annelida (Clitellata: Oligochaeta, Hirudinea)*

относятся к одной из широко распространенных в разнообразных условиях, географических широтах и типах водоемов групп макрозообентоса. Однако, несмотря на их значение в динамике водных экосистем [3, 4], исследования биологии и роли в оценке качества вод [5–8], знания об их распределении и экологии, по сравнению с другими группами бентоса, достаточно ограничены. Интерес к изучению *Annelida* в озерах Нарочанской системы (Беларусь) обусловлен

тем фактом, что эти озера прошли несколько этапов эволюции [9, 10]. Это показано как на примере физико-химических параметров среды, так и на примере развития различных элементов биоты [10, 11]. Наблюдение за развитием одной из преобладающих групп зообентоса в исследуемых озерах позволит не только расширить сведения об экологии данной группы беспозвоночных, но и выявить вероятные закономерности развития червей в озерах различного трофического статуса.

Цель исследования: анализ данных о развитии одной из групп макрозообентоса (*Annelida*) в озерах с разным трофическим статусом.

Материалы и методы исследования

В анализ вошли данные, полученные сотрудниками НИЛ гидроэкологии и Нарочанской биологической станции БГУ (Беларусь) за время регулярных мониторинговых наблюдений на озерах Нарочанской системы в период с 1997 по 2016 г., а также использованы архивные материалы, частично представленные в работе [12]. Отбор проб макрозообентоса в оз. Нарочь, Мясстро и Баторино проводили на постоянных станциях по принципу полуразрезов от берега к наибольшей глубине (от 5 до 8 точек), в течение вегетационного сезона с мая по октябрь. Подробное описание отбора гидробиологических проб зообентоса приведено в работе [12]. Численность и биомассу донных животных пересчитывали на площадь дна (1 м²) в зависимости от их распределения по исследованным глубинам в соответствии с морфометрическими данными озер. В настоящей работе обсуждается средняя взвешенная численность и биомасса бентоса. Наличие и оценку степени связи между признаками определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Перед расчетом коэффициентов корреляции показатели подвергли логарифмированию по основанию 10.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе мы рассматриваем следующие этапы: 1) антропогенного эвтрофирования (1978–1983 гг.); 2) олиготрофикации (с 1984 по 1990 г. для оз. Нарочь и с 1984 по 1989 г. для озер Мясстро и Баторино); 3) период бентификации (с 1991 г. для оз. Нарочь и с 1990 г. для озер Мясстро и Баторино по настоящее время). Все они характеризуются определенными параметрами среды и уровнем развития биоты [11]. На современном этапе, который описывается как период бентификации, каждое из трех озер каскада имеет свой уровень трофности: Нарочь (олиго-мезотрофный), Мясстро (мезотрофный) и Баторино (эвтрофный водоем). Отмечается, что продуктивность озер в этот период возросла за счет роли донных и прикреплённых сообществ [10, 11].

В составе донных сообществ Нарочанских озер группа аннелид играет заметную

роль. С момента начала регулярных мониторинговых наблюдений в 1997 г. олигохеты встречены в половине, а пиявки в 30% гидробиологических проб. В общей численности бентоса доля олигохет составляла от 19,1 до 35,9%, в биомассе – от 10,6 до 15,8%. Эти же значения для пиявок были несколько ниже: по численности они составляли 0,04–5,1%, а по биомассе – 0,06–16,3%.

Анализ количественных данных развития олигохет по временным периодам (рис. 1) показал, что период бентификации (с 1991 г. по сегодняшний день) характеризуется снижением доли олигохет в общей численности и биомассе бентоса, по сравнению с другими периодами, в эвтрофном оз. Баторино и повышением этих показателей в олиготрофном оз. Нарочь.

С 1991 по 2016 г. наибольшие средние значения численности и биомассы олигохет отмечаются в мезотрофном озере Мясстро ($253,8 \pm 50,1$ экз/м² и $0,62 \pm 0,12$ г/м²) и олиготрофном озере Нарочь ($235,4 \pm 12,9$ экз/м² и $0,93 \pm 0,06$ г/м²). Наименьшие показатели количественного развития олигохет ($73,5 \pm 18,1$ экз/м² и $0,09 \pm 0,02$ г/м²) указывались для эвтрофного озера Баторино. Так же в оз. Нарочь и Мясстро отмечались наибольшая численность ($74,6 \pm 9,6$ и $21,4 \pm 7,0$ экз/м²) и биомасса ($1,16 \pm 0,19$ и $0,22 \pm 0,07$ г/м²) пиявок в сравнении с оз. Баторино ($8,0 \pm 6,1$ экз/м² и $0,03 \pm 0,01$ г/м²). Сходное соотношение параметров на современном этапе развития озер отмечалось в целом и для общего бентоса: наибольшие значения численности и биомассы указывались для озер Нарочь и Мясстро [12].

Известно, что все изменения характеризующие этапы развития озерных экосистем сопровождаются структурными перестройками сообществ, как различных звеньев трофической цепи [13, 14]. Для анализа зависимости показателей развития олигохет и факторов среды были выбраны параметры, изменяющиеся в разные периоды и указывающие на изменение трофического статуса озер [11]: прозрачность воды (SD), концентрация азота (N_{tot}) и фосфора (P_{tot}), углерода (C_{tot}) содержание взвешенного вещества (sest), концентрация хлорофилла (Chl), биохимическое потребление кислорода за 5 сут. (БПК₅), электропроводность (cond). Для отображения трофического статуса озер использовался индекс трофического состояния Карлсона (TSI).

Результаты расчета коэффициента корреляции (таблица) показали, что количественные показатели развития олигохет имеют сильную прямую взаимосвязь ($p = 0,001$) только с прозрачностью воды, а с остальными – обратную.

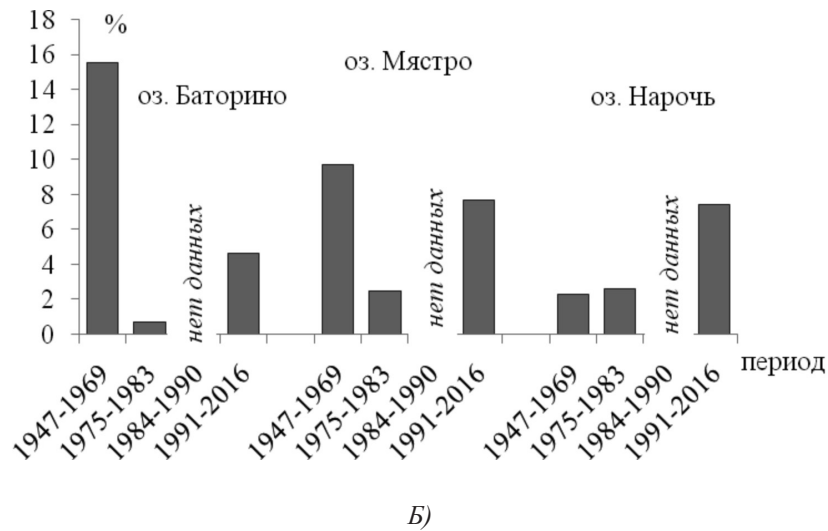
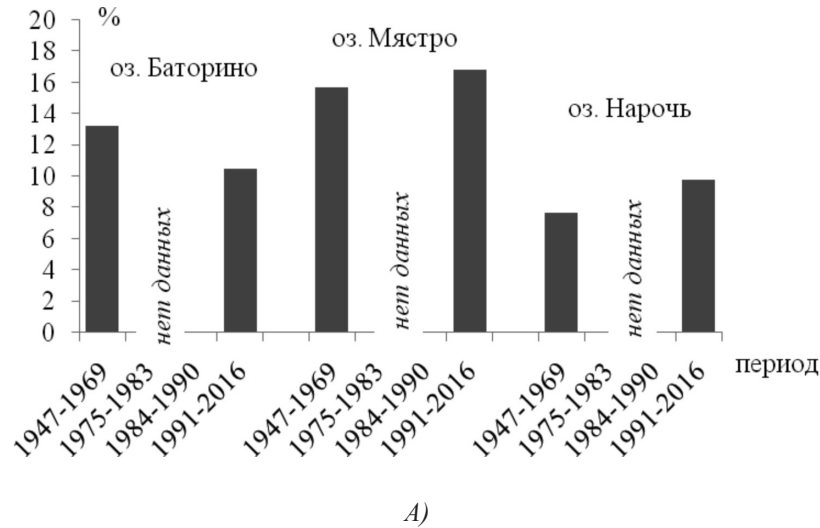


Рис. 1. Доля (%) численности (А) и биомассы (Б) олигохет от общей биомассы и численности зообентоса в озерах Нарочанской системы

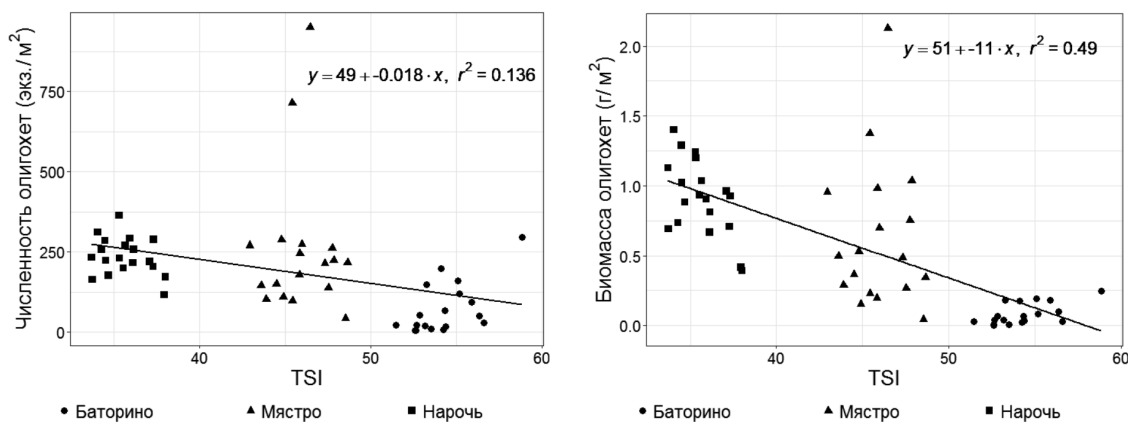


Рис. 2. Связь TSI с численностью, экз./м² и биомассой, г/м² олигохет в Нарочанских озерах. Коэффициенты корреляции приведены в таблице

Коэффициенты корреляции Пирсона между количественными показателями развития олигохет ($N_{oligoch}$ – численность, экз/м²; $B_{oligoch}$ – биомасса, г/м²), индексом Карлсона и гидроэкологическими параметрами Нарочанских озер

	SD	TSI	sest	БПК ₅	Ctot	Ntot	Ptot	Chl	cond
$N_{oligoch}$	0,62*	-0,55*	-0,62*	-0,51*	-0,58*	-0,53*		-0,54*	-0,63*
$B_{oligoch}$	0,77*	-0,72*	-0,78*	-0,66*	-0,74*	-0,60*	-0,52*	-0,72*	-0,68*

Примечание. * $p \leq 0,001$.

Все указанные параметры коррелируют между собой и индексом TSI [15], поскольку входят в формулу его расчета. Таким образом, на фоне снижения значений индекса TSI, концентрации биогенных элементов, изменения гидрологических показателей озер увеличиваются показатели количественного развития олигохет (рис. 2).

Заключение

Регулярный учет зообентоса, начиная с 1997 г. по современный период, который приходится на этап бентификации в развитии Нарочанских озер, дает представление о динамике количественных показателей развития групп донных беспозвоночных в озерах разного трофического статуса. Численность и биомасса аннелид (*Oligochaeta* и *Hirudinea*), достигает более 40% и 30% общего бентоса соответственно. Положительная динамика развития кольчатых червей в Нарочанских озерах может быть связана со снижением трофического статуса озер и, соответственно, с параметрами, определяющими этот статус. Дополнительную информацию о водной системе, ее изменениях и структуре макрозообентоса может дать идентификация таксонов до видового уровня. Это подтверждает необходимость проведения дальнейших таксономических исследований этой группы донных беспозвоночных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-54-00009 Бел а и гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б18Р – 056.

Список литературы

1. Alexander T.J., Vonlanthen P., Seehausen O. Does eutrophication-driven evolution change aquatic ecosystems? *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2016. 372: 20160041. URL: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/> DOI: 10.1098/rstb.2016.0041 (дата обращения: 02.10.2018).

2. Алимов А.Ф., Бульон В.В., Голубков С.М. Ресурсный потенциал видов, сообществ и экосистем континентальных водоемов // *Успехи современной биологии*, 2009. № 129 (6). С. 516–527.

3. Moretto Y., Simoes N.S., Benedito E., Higuti J. Effect of trophic status and sediment particle size on diversity and abundance of aquatic Oligochaeta (Annelida) in neotropical reservoirs. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 2013. № 49. P. 65–78. DOI: 10.1051/limn/2013040.

4. Kazanci N., Ekingen P., Dügel M., Türkmen G. Hirudinea (Annelida) species and their ecological preferences in some running waters and lakes. *International journal of Environmental Science and Technology*. 2015. № 12. P. 1087–1096. DOI: 10.1007/s13762-014-0574-3.

5. Milbrink G. An improved environmental index based on the relative abundance of Oligochaeta species. *Hydrobiologia*, 1983. № 102. P. 89–97.

6. Prygiel J., Rosso-Darmet A., Lafont M., Lesniak C., Durbec A., Ouddane B. Use of oligochaete communities for assessment of ecotoxicological risk in fine sediment of rivers and canals of the Artois-Picardie water basin (France). *Hydrobiologia*, 2000. № 410 (0). P. 25–35.

7. Nijboer R.C., Johnson R.K., Verdonschot P.F.M., Sommerhäuser M., Buffagni A. Establishing reference conditions for European streams. *Hydrobiologia*, 2004. № 516. P. 91–105.

8. Macova S., Harustiakova D., Kolarova J., Machova J., Zlabek V., Vykusova B., Randak T., Velisek J., Poleszczuk G., Hajslova J., Pulkrabova J., Svobodova Z. Leeches as sensor-bioindicators of river contamination by PCBs. *Sensors*, 2009. № 9 (3). P. 1807–1820. DOI: 10.3390/s90301807.

9. Экологическая система Нарочанских озер. Минск, 1985. 302 с.

10. Остапеня А.П., Жукова Т.В., Михеева Т.М., Ковалевская Р.З., Макаревич Т.А., Жукова А.А., Лукьянова Е.В., Никитина Л.В., Макаревич О.А., Дубко Н.В., Карабанович В.С., Савич И.В., Верес Ю.К. Бентификация озерной экосистемы: причины, механизмы, возможные последствия, перспективы исследований // *Труды БГУ*. 2012. № 7 (1). С. 135–148.

11. Adamovich B.V., Zhukova T.V., Mikheyeva T.M., Kovalevskaya R.Z., Makarevich T.A., Zhukova H.A. Eutrophication, oligotrophication, and benthification in Naroch Lakes: 40 years of monitoring. *J. Sib. Fed. Univ. Biol.* 2017. № 10 (4). P. 379–394. DOI: 10.17516/1997-1389-0040.

12. Makarevich O.A. Basic results of long-term makrozoobenthos studies in lakes Naroch, Myastro, and Batorino (Belarus). *J. Sib. Fed. Univ. Biol.* URL: <http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/70341>. DOI: 0.17516/1997-1389-0038 (дата обращения: 02.10.2018).

13. Brönmark C., Dahl J., Greenberg L. A. Complex trophic interactions in freshwater benthic food chains. *Evolutionary Ecology of Freshwater Animals*, 2017. P. 55–88.

14. Burlakova L.E., Karatayev A.Y., Pennuto C., Mayer C. Changes in Lake Erie benthos over the last 50 years: Historical perspectives, current status, and main drivers. *J. Great Lakes Res.* 2014. DOI: 10.1016/j.jglr.2014.02.008.

15. Adamovich B.V., Zhukova T.V., Mikheeva T.M. et al. Long-term variations of the trophic state index in the Narochan-skie lakes and its relation with the major hydroecological parameters. *Water Resources*. 2016. № 43 (5). P. 809–817.