

ISSN 1029-8940 (Print)  
 ISSN 2524-230X (Online)  
 УДК 574.587  
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-1-53-63>

Поступила в редакцию 12.06.2020  
 Received 12.06.2020

И. И. Лапука<sup>1</sup>, В. В. Вежновец<sup>1</sup>, А. А. Шкуте<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Даугавпилский университет, Даугавпилс, Латвия

## ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА ТРАНСГРАНИЧНОГО (БЕЛАРУСЬ–ЛАТВИЯ) ОЗЕРА СИТА

**Аннотация.** Изучен зообентос трансграничного (Беларусь–Латвия) оз. Сита. Зарегистрировано 47 таксонов донных животных от вида и выше. В составе донной фауны указан охраняемый реликтовый вид *Pallaseopsis qudrispinosa*, занесенный в Красную книгу Беларуси. Без учета моллюсков основу численности и биомассы составили личинки хирономид. Согласно средним величинам численности и биомассы зообентоса (796 экз/м<sup>2</sup> и 2,6 г/м<sup>2</sup>), озеро относится к мезотрофному типу.

Установлено, что неравномерность в распределении по глубине характерна как для всего сообщества, так и для отдельных его групп и видов. Таксономическое разнообразие снижается с увеличением глубины, понижением температуры и концентрации кислорода. Численность зообентоса растет от прибрежья к глубине 10 м, а затем постепенно снижается (минимальные значения – на максимальных глубинах). Максимальные значения биомассы в точках отбора, в значительной мере определяемые наличием моллюсков, отмечены на глубине 5,4 м.

Видовые популяции приурочены к определенным глубинам. Для близкородственных видов наблюдается частичное или полное разделение экологических ниш.

**Ключевые слова:** зообентос, видовой состав, численность, биомасса, пространственная структура

**Для цитирования:** Лапука, И. И. Таксономическая и пространственная структура зообентоса трансграничного (Беларусь–Латвия) озера Сита / И. И. Лапука, В. В. Вежновец, А. А. Шкуте // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 1. – С. 53–63. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-1-53-63>

Ilya I. Lapuka<sup>1</sup>, Vasil V. Vezhnavevts<sup>1</sup>, Arturs A. Škute<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Daugavpils University, Daugavpils, Latvia

## TAXONOMIC AND SPATIAL STRUCTURE ZOOBENTHOS OF THE TRANSBOUNDARY (BELARUS–LATVIA) LAKE SITA

**Abstract.** The zoobenthos of the cross-board (Belarus–Latvia) lake Sita was studied. The registered 47 taxa of benthic fauna from the species and taxa above the species. The bottom fauna includes a protected relict species *Pallaseopsis qudrispinosa*, listed in the Red book of Belarus. Chironomid larvae formed the basis of the abundance and biomass excluded molluscs. The lake belongs to mesotrophic type according to the average abundance and biomass zoobenthos.

Spatial heterogeneity has been established in the depth distribution of the entire community, individual groups, and species. Taxonomic diversity decreased with increased depth, fall of temperature and oxygen concentration. Abundance grows from the littoral to a depth of 10 meters and then gradually decreases to the maximum depth. The biomass was determined largely by the presence of molluscs, maximum values are marked at depth 5,4 meters. The population of the species is confined to certain depths. For closely related species, there is a partial or complete division of ecological niche.

**Keywords:** zoobenthos, species composition, abundance, biomass, spatial structure

**For citation:** Lapuka I. I., Vezhnavevts V. V., Škute A. A. Taxonomic and spatial structure zoobenthos of the transboundary (Belarus–Latvia) lake Sita. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 1, pp. 53–63 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-1-53-63>

**Введение.** Пространственная неоднородность распределения видовых популяций наблюдается во всех водоемах. Агрегированность является неотъемлемой частью распределения популяций всех основных водных сообществ. Причины этого явления разные: размножение, распределение кормовых ресурсов, конкурентные отношения, избегание хищников и т. п. При этом распределение, или пространственная структура, всего зообентоса и отдельных популяций зависит

от основных абиотических факторов (температуры, содержания растворенного кислорода), типа водоема и времени года.

В димиктических озерах, к которым относится оз. Сита, на распределение сообществ летом преимущественное влияние оказывают температура и содержание кислорода на разных глубинах. В зависимости от сочетания этих основных условий обитания популяции выбирают места, благоприятные для их жизнедеятельности. При этом пространственное размещение и экологические условия обитания являются одной из характеристик их экологической ниши.

Цель работы – установить видовой состав, численность и биомассу зообентоса и их изменение на станциях различной глубины при летнем термическом расслоении водной толщи.

**Материалы и методы исследования.** Исследования были проведены 04.08.2019 г. на оз. Сита (Браславский р-н, Витебская обл.). Это среднеглубокий водоем, расположенный на границе с Латвией (координаты: 55°40'30.5" с. ш. и 26°47'70.5" з. д.), его площадь составляет 1,88 км<sup>2</sup>; максимальная глубина – 28,5 м, средняя – 7,6 м; объем воды – 14,37 млн м<sup>3</sup> (рис. 1) [1]. Озеро по генетическому типу относится к водоемам мезотрофного типа с прозрачностью по белому диску Секки от 3,8 до 5,0 м. Черты олиготрофии этому водоему придает наличие реликтовых ракообразных – длиннохвостого лимнокалянуса *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) и бокоплава Палласа (*Pallaseopsis quadrispinosa* (Sars, 1867)) [2], занесенных в Красную книгу [3].

Пробы зообентоса были отобраны на 7 станциях – от побережья до максимальной глубины и приурочены к изменениям основных факторов среды обитания. Глубины отбора проб: 0,5 м – литораль; 1,3 м – начало материкового склона; 5,4 и 10 м – начало и конец термоклина; 15 м – начало клинолимниона (постоянной температуры); 19,5 м – начало резкого дефицита кислорода (менее 2 мг/л); 27,6 м – максимальная глубина, почти полное отсутствие растворенного кислорода. В прибрежье количественные сборы проводили сачком в заросшей (тростник) и свободной от высшей растительности зонах, а качественные – путем ручного сбора животных с погруженных предметов (камней и древесных останков). На более глубоких станциях использовали дночерпатель системы Боруцкого с площадью захвата 0,0225 м<sup>2</sup>. Исследования проводили в трех повторностях.

Для измерения температуры и концентрации кислорода использовали оксиметр HI 9143.

Лабораторную обработку проб осуществляли под бинокулярным микроскопом МБС-10, детали морфологии уточняли с помощью микроскопа Jenaval.



Рис. 1. Местоположение оз. Сита и карта-схема отбора проб

Fig. 1. Location of the lake Sita and the schematic map of the sampling

Для идентификации животных использовали «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: (Планктон и бентос)» и «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4» [4–7].

Статистическую обработку всех полученных фаунистических результатов, построение графиков проводили, используя пакеты программ Excel 2010 и IBM SPSS Statistica.

Расчет индекса Шеннона производили по формуле  $H = -\sum p_i \ln p_i$ , индекса Симпсона – по формуле  $D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$ , где  $p_i = n_i/N$  – доля  $i$ -го вида в биотопе;  $n_i$  – численность  $i$ -го вида, экз.;  $N$  – общая численность;  $\ln$  – натуральный логарифм.

**Результаты и их обсуждение.** В период исследования температура в оз. Сита менялась от 5,1 °С у дна до 20,1 °С у поверхности озера. Прозрачность по белому диску Секки составила 4,8 м (рис. 2). Поверхностная температура этого года была низкой относительно температуры последних 5 лет наблюдений, когда она была в пределах 23–24 °С. В гипolimнионе температурные условия не выходили за рамки многолетних значений. Металимнион имел продолжительность от 6 до 11 м, здесь наблюдалось снижение температуры с 19,7 до 6,7 °С.

Содержание растворенного в воде кислорода варьировалось от 0,22 мг/л у дна (27 м) до 8,15 мг/л в зоне эпилимниона (5 м) (рис. 3). На глубине 6–7 м обнаружен оксиклин, концентрация которого была снижена в 2 раза – с 7,8 до 3,5 мг/л, а с увеличением глубины отмечалось ее дальнейшее постепенное снижение. Значения ниже ПДК для рыбного населения (2 мг/л) наблюдались на глубине более 20 м.

В период исследования оз. Сита, в августе 2019 г., было обнаружено и определено 47 таксонов от вида и выше. Систематическая принадлежность таксонов приведена в таблице. Все животные представлены 4 типами, 6 классами, 10 отрядами и 28 семействами.

По встречаемости преобладал класс насекомых – 64,7 %. Из них личинки двукрылых составили 58,1 % от общего числа экземпляров других представителей зообентоса (рис. 4). Доля трех таксономических групп – двусторчатых моллюсков, кольчатых червей и ракообразных – составила 11,4; 11,6 и 12,4 % соответственно. Остальные таксономические группы были представлены в основном единичными экземплярами. По таксономическому составу озеро оказалось богаче, чем близкие по трофности озера Северный и Южный Волос в летний период 2018 г. (25 и 30 таксонов соответственно) [8].

Как было отмечено выше, самой широко представленной таксономической группой является отряд Diptera – 19 видов. В данном отряде наибольшим видовым богатством отличалось семейство Chironomidae – 16 видов, а другие семейства (Chaoboridae, Ceratopogonidae и Tabanidae) были представлены только одним таксоном от вида и выше.

В остальных таксономических группах самыми встречаемыми оказались поденки и ручейники – по 5 таксонов от вида и выше, стрекозы – по 4. Кольчатые черви, пиявки, амфиподы и жуки были представлены двумя, остальные группы – одним низшим таксоном.

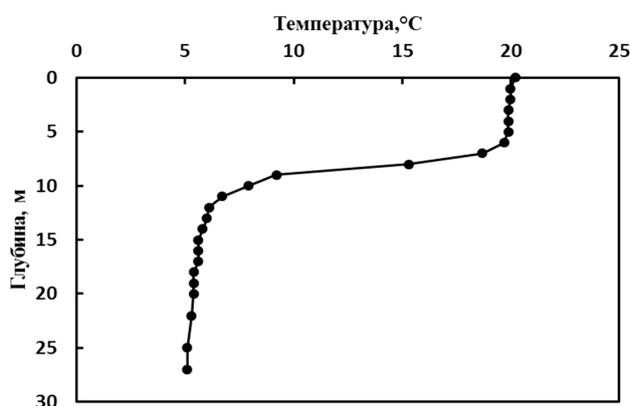


Рис. 2. Распределение температуры по глубинам в оз. Сита  
Fig. 2. Temperature distribution by depth in the lake Sita



Рис. 3. Изменение концентрации кислорода с глубиной в оз. Сита  
Fig. 3. Changes in oxygen concentration with depth in the lake Sita

**Видовой состав и частота встречаемости (P, %) организмов макрозообентоса оз. Сита**  
**Species composition and occurrence (P, %) of macrozoobenthos organisms in the lake Sita**

Видовой состав	P
<b>Тип Mollusca</b>	
Класс Bivalvia Отр. Veneroidea Сем. Dreissenidae <i>Dreissena polymorpha</i> Pallas, 1771	28,6
<b>Тип Nemathelminthes</b>	
Класс Nematoda <i>Nematoda gen. spp.</i>	14,3
<b>Тип Annelida</b>	
Класс Clitellata Подкласс Oligochaeta <i>Oligochaeta gen. spp.</i>	100,0
Сем. Naididae <i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	28,6
Подкласс Hirudinea Сем. Glossiphoniidae <i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	14,3
Сем. Erpobdellidae <i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	14,3
<b>Тип Artropoda</b>	
Подтип Crustacea Класс Malacostraca Отр. Isopoda Сем. Asellidae <i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	28,6
Отр. Amphipoda Сем. Pallaseidae <i>Pallaseopsis quadrispinosa</i> Sars, 1867	42,9
Сем. Gammaridae <i>Gammarus lacustris</i> G.O. Sars, 1863	14,3
Класс Insecta Отр. Ephemeroptera Сем. Caenidae <i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758	28,6
<i>Caenis robusta</i> Eaton, 1884	14,3
Сем. Baetidae <i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1761)	14,3
<i>Cloeon sp.</i>	14,3
Сем. Ephemeridae <i>Ephemera vulgata</i> Linnaeus, 1758	14,3
Отр. Trichoptera Сем. Ecnomidae <i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	28,6
Сем. Hydroptilidae <i>Oxyethira sp.</i>	14,3
Сем. Leptoceridae <i>Mystacides longicornis</i> (Linnaeus, 1758)	14,3
Сем. Limnephilidae <i>Halesus radiatus</i> (Curtis, 1834)	25,0
Сем. Psychomyiidae	

Окончание таблицы

Видовой состав	Р
<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus, 1758)	14,3
Отр. Megaloptera Сем. Sialidae <i>Sialis sp.</i>	14,3
Отр. Heteroptera Сем. Corixidae <i>Micronecta sp.</i>	14,3
Отр. Odonata Сем. Coenagrionidae <i>Ischnura sp.</i>	14,3
Сем. Aeshnidae <i>Aeshna viridis</i> (Eversmann, 1836)	42,9
Сем. Libellulidae <i>Sympetrum danae</i> (Sulzer, 1776)	14,3
Сем. Lestidae <i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	14,3
Отр. Coleoptera Сем. Haliplidae <i>Haliplus ruficollis</i> (De Geer, 1774)	28,6
Сем. Dytiscidae <i>Liopterus haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1787)	14,3
Отр. Lepidoptera Сем. Carambidae <i>Elophila nymphaeata</i> (Linnaeus, 1758)	14,3
Отр. Diptera Сем. Chironomidae <i>Chironomus gr. plumosus</i> (Meigen, 1830)	57,1
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	28,6
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)	42,9
<i>Cryptochironomus obreptans</i> (Walker, 1856)	28,6
<i>Sergentia gr. longivenstris</i> (Kieffer, 1924)	57,1
<i>Tanytarsus gregarius</i> Kieffer, 1909	71,4
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	14,3
<i>Tanytarsus medius</i> Reiss et Fittkau, 1971	14,3
<i>Endochironomus impar</i> (Walker, 1856)	57,1
<i>Endochironomus donatoris</i> Shilova, 1974	71,4
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen 1818)	14,3
<i>Stenochironomus gibbus</i> (Fabricius, 1794)	14,3
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	14,3
<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)	71,4
<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries, 1823)	14,3
<i>Cricotopus laidentatus</i> (Chernovskij, 1949)	14,3
Сем. Chaoboridae <i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer, 1776)	57,1
Сем. Ceratopogonidae <i>Ceratopogonidae gen. spp.</i>	28,6
Сем. Tabanidae <i>Tabanidae gen. spp.</i>	14,3

Сравнительный анализ полученных данных в зависимости от глубины показал, что наиболее богатая фауна в оз. Сита наблюдается на глубине 1,2 м (24 таксона от вида и выше), наименьшее количество таксонов обнаружено на максимальной глубине – 27,6 м (4 таксона от вида и выше) (рис. 5). Основу видового разнообразия зообентоса на всех глубинах составляют представители Chironomidae (от 33 до 62,5 %).

При оценке разнообразия сообществ макрозообентоса и на разных глубинах использовали информационный индекс Шеннона ( $H$ ), рассчитанный по численности таксонов (рис. 5). В целом показатели индекса повторяют ход видового богатства и уменьшаются с увеличением глубины. Доминирование отдельных таксонов было отмечено только на глубине 10 и 19,5 м ( $D = 0,43$  и  $D = 0,42$  соответственно). Количество таксонов зависело как от температуры ( $r = 0,8$ ;  $r \leq 0,05$ ), так и от содержания растворенного кислорода ( $r = 0,84$ ;  $r \leq 0,05$ ), что указывает на значительное влияние данных факторов на распределение зообентоса.

Наиболее просто получаемый показатель значимости вида в сообществе – его встречаемость ( $P$ , %). При этом различают абсолютную встречаемость – отношение количества проб, в которых обнаружен данный вид, к общему количеству проб и относительную встречаемость – отношение

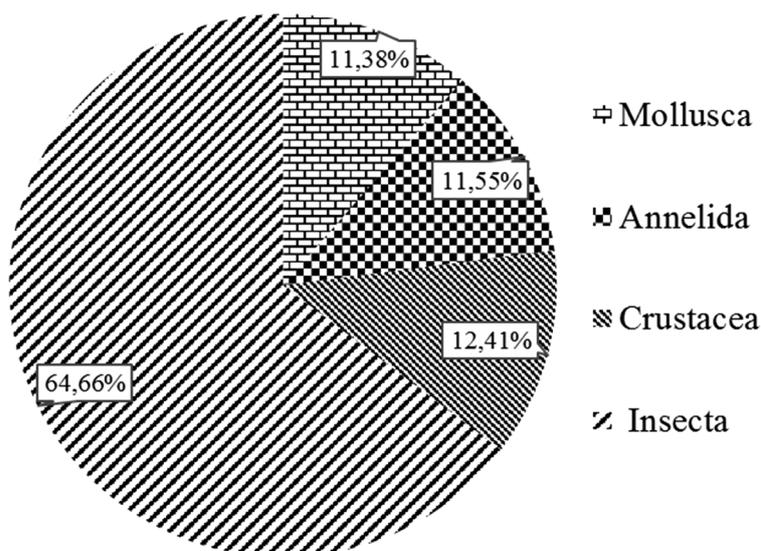


Рис. 4. Частота встречаемости основных таксономических групп в оз. Сита

Fig. 4. Frequency occurrence of the main taxonomic groups in the lake Sita

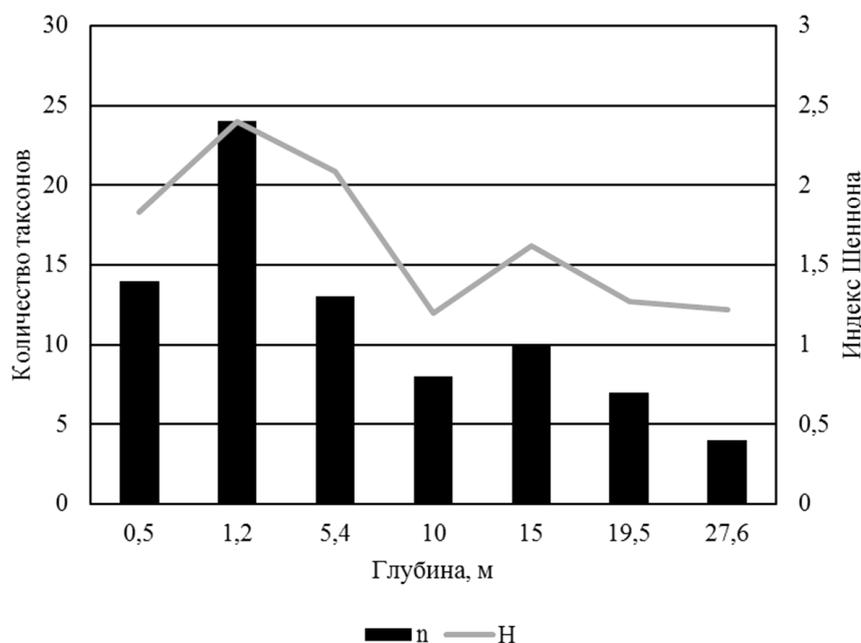


Рис. 5. Изменение видового богатства зообентоса ( $n$ ) и индекса Шеннона ( $H$ ) с глубиной

Fig. 5. Change in zoobenthos species richness ( $n$ ) and Shannon index ( $H$ ) with depth

абсолютной встречаемости к сумме регистраций всех видов в биоценозе. Наиболее часто употребляется следующая шкала встречаемости: константные виды – встречаемость более 50 %, второстепенные – 25–50, случайные – менее 25 % (см. таблицу) [9]. При обработке материала  $P = 100\%$  был отмечен только для класса Oligochaeta и семейства Chironomidae (представители этих таксонов встречались на всех исследованных глубинах). Кроме того, к относительно эврибионтным организмам можно отнести некоторые виды хирономид, такие как *Tanytarsus gregarius*, *Endochironomus donatoris*, *Procladius choreus* ( $P = 71,4\%$ ). С немного меньшим индексом встречаемости ( $P = 57,1\text{--}42,9\%$ ) были и другие представители этого семейства: *Chironomus gr. plumosus*, *Cladotanytarsus mancus*, *Endochironomus impar*, *Sergentia gr. longivenstris*. В 57,1 % проб найден планкто-бентический *Chaoborus crystallinus*, который хорошо переносит недостаток растворенного кислорода. Реликтовый *Pallaseopsis quadrispinosa* (Sars, 1867) присутствовал на трех глубинах от 10 до 20 м ( $P = 42,9\%$ ). Остальные приведенные в таблице таксоны найдены на исследованных глубинах с меньшей частотой. Причиной их малой встречаемости по станциям может быть их редкость в зообентосе или приуроченность к тем или иным условиям обитания.

Плотность популяций организмов формируется за счет взаимодействия организмов между собой и зависит от окружающих их экологических условий, а максимальная численность формируется при оптимальных условиях жизнедеятельности. На рис. 6 показана численность зообентоса по каждой обследованной глубине оз. Сита. Общая численность в зависимости от глубины менялась почти на два порядка – от  $21,6 \pm 0,8$  до  $1955,6 \pm 143,7$  экз/м<sup>2</sup>. Наибольшая величина зафиксирована на глубине 10 м. Средняя численность зообентоса для всех глубин составила 918 экз/м<sup>2</sup>, а без учета моллюсков – 796 экз/м<sup>2</sup>. Корреляции общего распределения численности зообентоса по глубинам ни с температурой ( $r = 0,065$ ;  $r \geq 0,05$ ), ни с кислородом ( $r = 0,191$ ;  $r \geq 0,05$ ) не обнаружено.

Почти на всех исследованных глубинах преобладало по численности семейство Chironomidae, при этом распределение хирономид имело слабую отрицательную корреляцию как с температурой ( $r = -0,273$ ;  $r \geq 0,05$ ), так и с кислородом ( $r = -0,099$ ;  $r \geq 0,05$ ). И хотя данная корреляция и была статистически незначимой, распределение этой группы в большей степени зависело от температуры, чем от кислорода. На глубинах 1,2 и 5,4 м в доминанты вошла *Dreissena polymorpha* с численностью 607,4 и 370,4 экз/м<sup>2</sup>, распределение численности этого моллюска имело среднюю по силе корреляцию как с температурой ( $r = 0,698$ ;  $r \geq 0,05$ ), так и с кислородом ( $r = 0,673$ ;  $r \geq 0,05$ ) и не была статистически значимой из-за малой выборки.

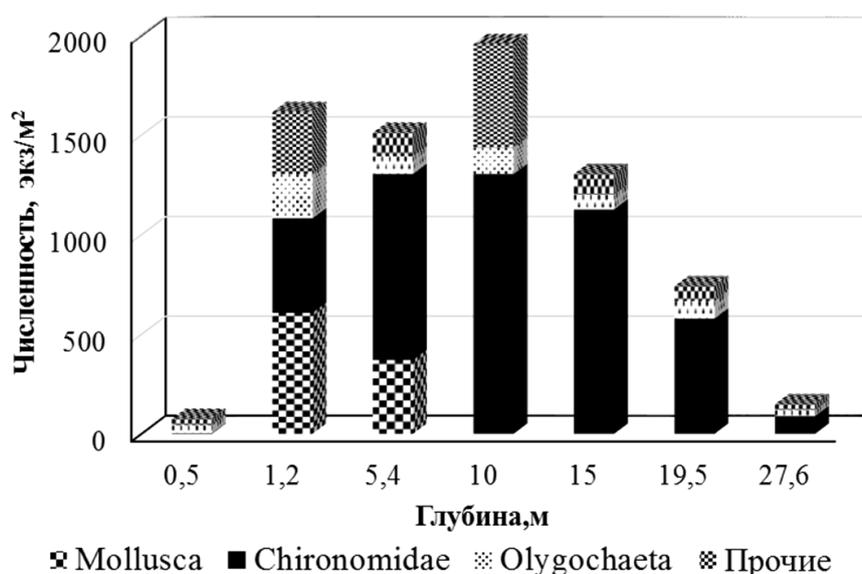


Рис. 6. Изменение численности зообентоса на разных глубинах

Fig. 6. Change in the abundance of zoobenthos at different depth

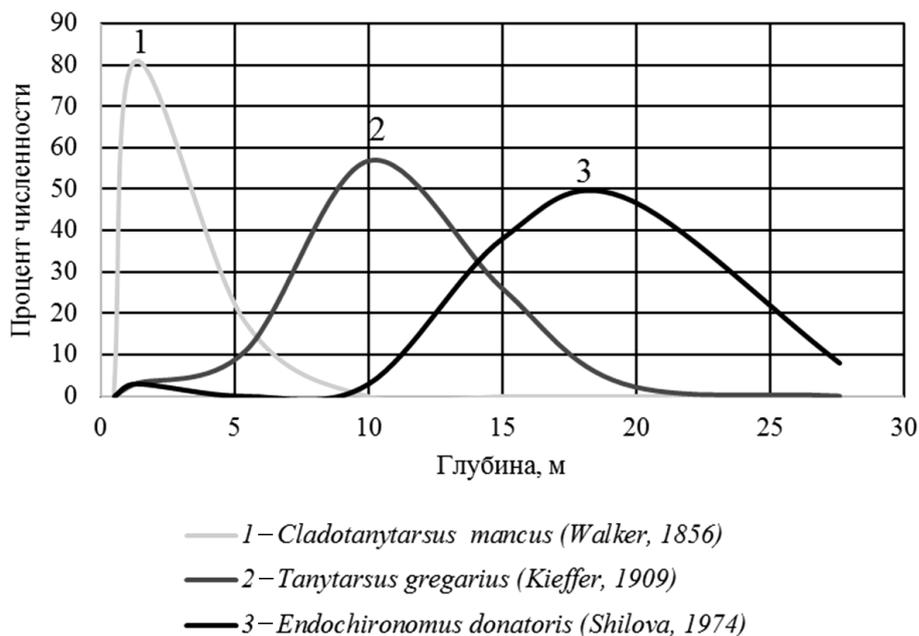


Рис. 7. Расположение массовых видов хирономид

Fig. 7. The location of the mass species of chironomids

На глубине 0,5 м наблюдались различия между незаросшей и заросшей прибрежной зоной: в «чистой» литорали доминировали представители класса Olygochaeta и семейства Ceratopogonidae с численностью 7,2 и 3,2 экз/м<sup>2</sup>, а среди тростника на той же глубине наибольшую численность имели *Stylaria lacustris* и *Asellus aquaticus* – 28 и 8 экз/м<sup>2</sup>. Кроме *Dreissena polymorpha* на глубине 1,2 м с повышенной численностью были отмечены олигохеты и два представителя семейства Chironomidae (*Cladotanytarsus mancus* и *Endochironomus impar* – по 133,3 экз/м<sup>2</sup>). Если *Cladotanytarsus mancus* был наиболее многочисленным только на данной глубине, а мельче и глубже, как показали наши исследования, был малочисленнее, то *Endochironomus impar* встречался обильно и глубже (максимальная плотность 141 экз/м<sup>2</sup> на глубине 15 м). Распределение *Cladotanytarsus mancus* согласуется с литературными данными о принадлежности его к прибрежной фауне, но не подтверждается для *Endochironomus impar*, которого относят к зарослевым формам.

На глубине 5,4 м наибольшая численность среди хирономид была у *Procladius choreus* (341 экз/м<sup>2</sup>), при этом его численность на соседних станциях была низкой. Связано это скорее всего с тем, что высокая численность этого вида обеспечивается за счет массового развития организмов микрозообентоса и олигохет, служащих для него важным объектом питания [10]. На глубине 10 м доминировал *Tanytarsus gregarius* – 1200 экз/м<sup>2</sup>, оставаясь многочисленным и на глубине 15 м (545,3 экз/м<sup>2</sup>). *Endochironomus donatoris*, занимая глубины от 15 м (355,6 экз/м<sup>2</sup>), на глубинах 19,5 и 27,6 м оставался в доминантных видах с численностью 459,3 и 74,1 экз/м<sup>2</sup> соответственно.

Распределение по глубине наиболее многочисленных видов личинок хирономид показано на рис. 7. Указанные виды, хотя и были отмечены на нескольких станциях, развиваются преимущественно на той глубине, где имеются оптимальные абиотические и биотические условия для их жизнедеятельности. Изучение личинок хирономид в этом озере показало частичное или полное пространственное разделение экологических ниш для массовых видов.

Средняя численность реликтовой амфиподы *Pallaseopsis quadrispinosa* на 7 станциях составила 68 экз/м<sup>2</sup>. Если же учитывать только три станции, где она встречается, то эта величина возрастает до 158 экз/м<sup>2</sup> (максимальная величина – 400 экз/м<sup>2</sup> на глубине 10 м). Распределение численности этого холодолюбивого вида схоже по температурным показателям с его распределением в оз. Южный Волос (оз. Сита – 7,9 °С; оз. Ю. Волос – 8,8 °С), а по концентрации кислорода – с оз. Северный Волос (оз. Сита – 3 мг/л; оз. С. Волос – 4,4 мг/л) [11]. Максимальная его численность

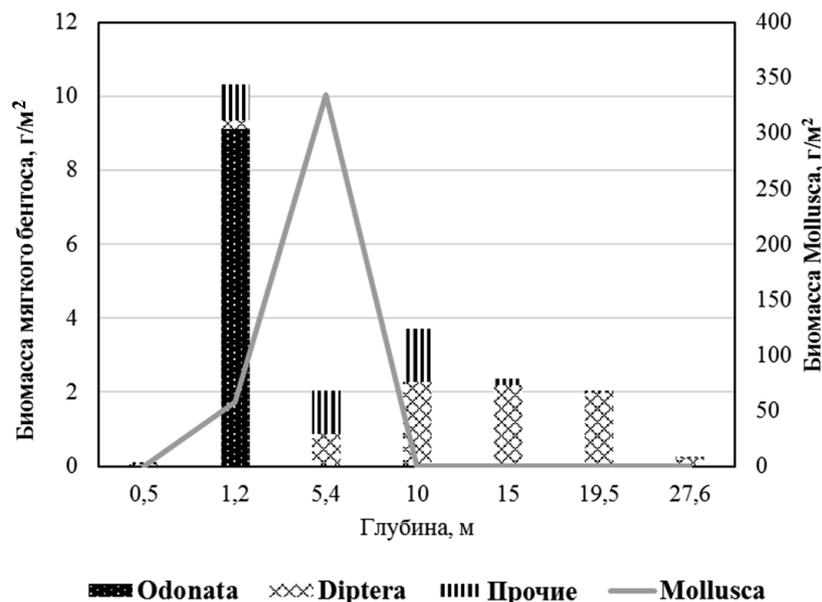


Рис. 8. Изменение общей биомассы «мягкого» зообентоса и моллюсков на разных глубинах

Fig. 8. Changes in the total biomass of “soft” zoobenthos and mollusca at different depths

во всех этих озерах отмечалась на глубине от 9 до 10 м. Другой вид амфипод *Gammarus lacustris* был найден только в литорали: в количественных пробах – единично в заросшем прибрежье, более часто – на погруженных предметах при ручном сборе. Оба вида полностью пространственно разделены.

На рис. 8 показаны значения биомассы зообентоса в зависимости от глубины и доля в ней различных таксономических групп. Наибольшее значение биомассы было зафиксировано на глубине 5,4 м за счет большого количества крупной *Dreissena polymorpha*. Максимальная биомасса, без учета моллюсков, зафиксирована на глубине 1,3 м. На этой глубине биомасса «мягкого» бентоса составляла 10,3 г/м<sup>2</sup>, что примерно в 3 раза больше, чем на глубине 10 м, и в 5 раз больше, чем на остальных глубинах. Это связано с тем, что здесь были обнаружены крупные виды стрекоз – *Sympetrum danae* и *Lestes sponsa*, которые и составили примерно 9,1 г/м<sup>2</sup> «мягкого» бентоса. Средняя биомасса по изученным станциям с учетом моллюсков составила 51,7 г/м<sup>2</sup>, а без них – 2,6 г/м<sup>2</sup>. Такие значения массы «мягкого» бентоса соответствуют, по С. П. Китаеву [12], мезотрофному типу озер.

На остальных глубинах основной таксономической группой, которая составляла «мягкий» бентос, были хирономиды. Биомасса этих животных на изученных глубинах колебалась от минимальной (0,2 г/м<sup>2</sup>) на глубине 27,6 м до максимальной (2,2 г/м<sup>2</sup>) на глубине 10 и 15 м.

**Заключение.** Таким образом, впервые получены данные по зообентосу трансграничного (Беларусь – Латвия) оз. Сита. В составе зообентоса обнаружено 47 таксонов донных животных от вида и выше, что характеризует озеро как водоем с достаточно высоким видовым богатством. Без учета моллюсков основу численности и биомассы составили личинки хирономид. В составе донной фауны обнаружен ранее указанный охраняемый реликтовый вид *Pallaseopsis quadrispinosa*, занесенный в Красную книгу Беларуси. По средним величинам численности и биомассы (796 экз/м<sup>2</sup>; 2,6 г/м<sup>2</sup>) озеро относится к мезотрофному типу.

Неравномерность в распределении по глубине характерна как для всего сообщества, так и для отдельных его групп и видов. В целом таксономическое разнообразие снижается с увеличением глубины. Численность растет от прибрежья к глубине 10 м, а затем постепенно снижается (минимальные значения – на максимальных глубинах). Биомасса в точках отбора в значительной мере определялась наличием моллюсков, максимальные значения за счет этой группы отмечены на глубине 5,4 м.

Наблюдается хорошо выраженная корреляция таксономического разнообразия зообентоса с изменением температуры и кислорода, в меньшей мере выраженная для численности и не подтвержденная для биомассы.

Установлена приуроченность развития некоторых видов к определенным глубинам. Для близкородственных видов наблюдается частичное или полное разделение пространственных ниш.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность заведующему лаборатории гидробиологии, члену-корреспонденту НАН Беларуси В. П. Семенченко за ценные советы и замечания при написании статьи. Работа частично поддержана грантом Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Б18МС-16 и Б20МС-17.

**Acknowledgements.** The authors are grateful to the head of the Hydrobiology laboratory, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus V. P. Semenchchenko for valuable advice and comments when writing the article. This work is partially supported by Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, grant no. B18MS-16 and B20MS-17.

### Список использованных источников

1. Озера Беларуси : справочник / Б. П. Власов [и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2004. – 284 с.
2. Вежновец, В. В. Результаты анализа многолетних данных по зоопланктону трансграничных озер Сита и Ричи / В. В. Вежновец, А. Шкуте, А. Г. Литвинова // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды : материалы IV Международной науч.-практ. конф. (Гомель, 4–5 июня 2018 г.) / редкол. : О. В. Ковалева (гл. ред.) [и др.]. – Гомель, 2018. – С. 292–297.
3. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / И. М. Кочановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. энцыкл., 2015. – 320 с.
4. Качалова, О. Л. Отряд ручейники Trichoptera / О. Л. Качалова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Г. Г. Винберг [и др.]; отв. ред. : Л. А. Кутиков, Я. И. Старобогатов [и др.]. – Л., 1977. – С. 477–510.
5. Лукин, Е. И. Класс пиявки Hirudinea / Е. И. Лукин, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Г. Г. Винберг [и др.]; отв. ред. : Л. А. Кутиков, Я. И. Старобогатов [и др.]. – Л., 1977. – С. 201–212.
6. Макаренко, Е. А. Семейство комары звонцы Chironomidae / Е. А. Макаренко, С. Я. Цалохин // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалохиной. – СПб., 1999. – Т. 4 : Высшие насекомые. Двукрылые. – С. 210–296.
7. Попова, А. Н. Отряд стрекозы Odonata / А. Н. Попова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Г. Г. Винберг [и др.]; отв. ред. : Л. А. Кутиков, Я. И. Старобогатов [и др.]. – Л., 1977. – С. 266–287.
8. Лапука, И. И. Таксономический состав зообентоса озер Северный Волос и Южный Волос и его изменение с глубиной / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Природ. ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 46–53.
9. Количественные методы экологии и гидробиологии : сб. науч. тр., посвящ. памяти А. И. Баканова / отв. ред. Г. С. Розенберг. – Тольятти : Ин-т биологии внутренних вод РАН, 2005. – 404 с.
10. Тодераш, И. К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии / И. К. Тодераш. – Кишинев : Штиинца, 1984. – 172 с.
11. Лапука, И. И. Изменение количественных показателей зообентоса с глубиной в озерах Северный Волос и Южный Волос / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Природ. ресурсы. – 2010. – № 1. – С. 31–39.
12. Китаев, С. П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон / С. П. Китаев // V съезд Всесоюзного гидробиологического общества : тез. докл. : в 4 ч. / редкол. : Г. Г. Винберг (отв. ред.) [и др.]. – Куйбышев, 1986. – Ч. 2. – С. 254–255.

### References

1. Vlasov B. P., Yakushko O. F., Gigevich G. S., Rachevskii A. N., Loginova E. V. *The lakes of Belarus*. Minsk, Minsktippprojekt Publ., 2004. 284 p. (in Russian).
2. Vezhnovets V. V., Shkute A., Litvinova A. G. Results of the analysis of long-term data on zooplankton of the cross-border (Belarus–Latvia) lake Richi. *Transgranichnoe sotrudnichestvo v oblasti ekologicheskoi bezopasnosti i okhrany okruzhayushchei sredy: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Gomel', 4–5 iyunya 2018 goda)* [Cross-border cooperation in the field of environmental safety and protection: materials of the IV International scientific and practical conference (Gomel, 4–5 June 2018)]. Gomel, 2018, pp. 292–297 (in Russian).
3. Kachanovskii I. M., Nikiforov M. E., Parfenov V. I., Borodin O. I., Pugachevskii A. V., Baichorov V. M., Gapienko O. S., Giryaev A. S., Evdaseva T. P., Dobritskaya E. A., Lemekhova D. D., Orsich O. I. *The Red Book of the Republic of Belarus. Animals: rare and endangered species of wild animals*. Minsk, Belaruskaya Entsiklopedyya Publ., 2015. 320 p. (in Russian).
4. Kachalova O. L., Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. *Trichoptera. Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 477–510 (in Russian).

5. Lukin E. I., Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. *Hirudinea. Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 201–212 (in Russian).
6. Makarchenko E. A., Tsalokhin S. Ya. Family mosquito bells Chironomidae. *Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands. Vol. 4. Higher insects. Diptera*. Saint Petersburg, 1999, pp. 210–296 (in Russian).
7. Popova A. N., Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. Odonata. *Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 266–287 (in Russian).
8. Lapuka I. I., Vezhnovets V. V. Taxonomic composition of the zoobentos lake north and south Volos and its change with depth. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2019, no. 2, pp. 46–53 (in Russian).
9. Numerical methods of ecology and Hydrobiology: collection of scientific papers dedicated to the memory of A. I. Bakanov. Togliatti, Institute of Biology of Inland Waters. I. D. Papanin of the Russian Academy of Sciences, 2005. 404 p. (in Russian).
10. Toderash I. K. *Functional significance of chironomids in the ecosystems of reservoirs in Moldova*. Kishinev, Shtiintsa Publ., 1984. 172 p. (in Russian).
11. Lapuka I. I., Vezhnovets V. V. Change number of zoobenthos with depth in the lake north and south Volos. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2020, no. 1, pp. 31–39 (in Russian).
12. Kitaev S. P. On the ratio of certain trophic levels and “trophic scales” of lakes in different natural zones. *V s’ezd Vsesoyuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva: tezisy dokladov. Chast’ 2* [V Congress of the All-Union hydrobiological society: abstracts. Part 2]. Kuibyshev, 1986, pp. 254–255 (in Russian).

### Информация об авторах

*Лапука Илья Игоревич* – мл. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru

*Вежновец Василий Васильевич* – канд. биол. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vezhn47@mail.ru

*Шкуте Артур Альбертович* – профессор. Даугавпилский университет (ул. Виенибас, 13, г. Даугавпилс, Латвия). E-mail: arturs.skute@du.lv

### Information about the authors

*Ilya I. Lapuka* – Junior Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru

*Vasil V. Vezhnavets* – Ph. D. (Biol.), Associate Professor, Leading Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vezhn47@mail.ru

*Arturs A. Škute* – Professor. Daugavpils University (13, Vienības Str., Daugavpils, Latvia). E-mail: arturs.skute@du.lv