

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 574.587
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-194-204>

Поступила в редакцию 21.09.2020
Received 21.09.2020

И. И. Лапука, В. В. Вежновец

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС

Аннотация. Изучен видовой состав зообентоса в подогреваемой и непогрееваемой зонах водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. Зарегистрировано 80 таксонов донных животных, указано два новых вида личинок хирономид. В составе донной фауны зарегистрированы сохранившийся в условиях подогрева охраняемый реликтовый вид бокоплав Палласа *Pallaseopsis quadrispinosa*, занесенный в Красную книгу Беларуси, и вселенный чужеродный вид – пресноводная креветка *Macrobrachium nipponense*.

Высокое таксономическое разнообразие свидетельствует о незначительном воздействии работы ГРЭС на донное сообщество на всей акватории озера. Однако видовое богатство снижается локально в 2 раза в зоне сброса подогретых вод, особенно в летнее время. Под влиянием подогрева меняются таксономическая структура и пространственное распределение зообентоса на разных глубинах.

Ключевые слова: зообентос, видовой состав, подогреваемая зона, непогрееваемая зона

Для цитирования: Лапука, И. И. Таксономическая структура зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 194–204. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-194-204>

Ilya I. Lapuka, Vasili V. Vezhnavecs

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus

TAXONOMIC STRUCTURE OF THE ZOOBENTHOS OF THE LUKOML GRES COOLING RESERVOIR

Abstract. The species composition of zoobenthos in the heated and non-heated zones of the cooling lake Lukoml State District Power Station was studied. 80 taxa of bottom animals have been registered, and two new species of chironomid larvae have been identified. The bottom fauna includes a protected relict species of *Pallaseopsis quadrispinosa*, which is preserved in the conditions of warming, it is listed in the Red book of Belarus and the alien species – freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense*. The high taxonomic diversity indicates that the Lukoml State District Power Station operation has little impact on the bottom community throughout the lake's water area. However, species richness is reduced locally by half in the zone of influence of heated water discharge, especially in summer. Under the influence of heating, the taxonomic structure and spatial distribution at different depths change.

Keywords: zoobenthos, species composition, heated zone, non-heated zone

For citation: Lapuka I. I., Vezhnavecs V. V. Taxonomic structure of the zoobenthos of the Lukoml GRES cooling reservoir. *Vesti Natsyyanal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 2, pp. 194–204 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-194-204>

Введение. Состав зообентоса наиболее полно изучен в оз. Лукомльское. Исследования там проводились начиная с 1932 г. [1], были продолжены перед пуском электростанции и регулярно продолжаются с 1969 г., когда озеро начало использоваться как водоем-охладитель ГРЭС [2]. В работе [2] приведены данные о многолетней динамике зообентоса в оз. Лукомльское, формировании зообентоса на разных грунтах, последствиях вселения чужеродных видов моллюсков – дрейссены и литоглифа, но без акцента на прямое влияние подогрева на таксономический состав. Здесь же упоминается депонированная работа А. Ю. Каратаева [3], в которой также идет речь о многолетних изменениях в экосистеме до и после пуска тепловой станции и о роли дрейссены в экосистеме озера.

В связи со сбросом подогретых вод в водоеме создается горизонтальный градиент температуры, что, учитывая разницу в термопреферендуме разных видов и групп животных, должно

влиять на распределение донных животных по акватории и создавать характерные для разных участков группы донных животных.

Цель работы – установить различия в видовом составе зообентоса подогреваемой и неподогреваемой зон оз. Лукомское и оценить влияние сброса теплых вод на таксономическую структуру зообентоса.

Материалы и методы исследования. Оз. Лукомское находится в бассейне р. Улла в Чашницком районе (18 км на юг от г. Чашники, около западной окраины г. Новолукомль). Площадь озера 36,7 км², длина 10,4 м, максимальная ширина 6,5 км, наибольшая глубина 11,5 м. Ложе осложнено многочисленными мелями. Дно до глубины 5–6 м выстлано песчаными отложениями, ниже – сапропелем. После сброса со станции температура воды становится на 8–12 °С выше, чем в озере, что оказывает значительное влияние на ход природных процессов в водоеме [4].

Пробы зообентоса были отобраны 11 июня и 25 сентября 2019 г. на 5 станциях разной глубины (0,5; 1,5; 3,0; 6,0 и 8,0 м) в подогреваемой и неподогреваемой зонах (рис. 1). В литоральной зоне отбор проб производили гидробиологическим сачком, на остальных глубинах – дночерпателем Боруцкого с площадью захвата 0,0225 м². Промывку грунта осуществляли в сачке с сеткой из мягкого материала (диаметр ячеек 300 мк).

При разборе проб и измерении животных использовали бинокулярный микроскоп МБС-10 с 56-кратным увеличением. Детали морфологии уточняли с помощью микроскопа Jenaval. Для идентификации животных использовали «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: (Планктон и бентос)», «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4» и «Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 2» [5–10].

Измерение температуры и кислорода в толще воды осуществляли с помощью термооксиметра Hanna HI 9143. Прозрачность воды определяли по белому диску Секки.

Для статистической обработки всех полученных фаунистических результатов и построения графиков использовали пакеты программ Excel 2010, IBM SPSS Statistica, BioDiversity Pro.

Расчет индексов Шеннона и Симпсона производили по формулам $H = -\sum p_i \ln p_i$ и $D = \sum n_i(n_i-1)/(N(N-1))$ соответственно, 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.

Сравнение видового состава определяли по коэффициенту Сьеренсена–Чекановского: $K_s = 2c/(a + b)$, где a – число видов на первом участке, b – число видов на втором участке, c – общее число видов на первом и втором участках.

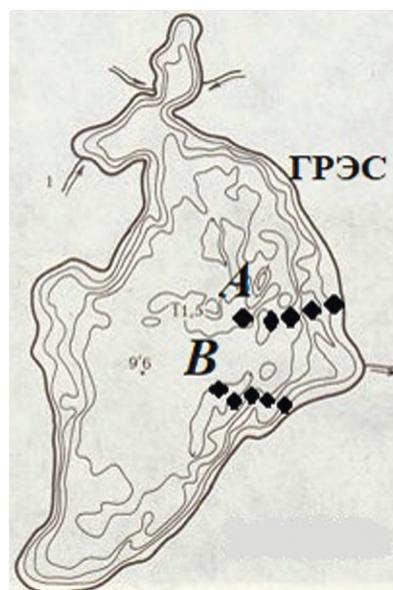


Рис. 1. Карта-схема отбора проб в оз. Лукомльское: *A* – подогреваемая зона; *B* – неподогреваемая зона

Fig. 1. Map-scheme of sampling in the lake. Lukomlskoe: *A* – heated area; *B* – not a heated area

Результаты и их обсуждение. Температурный и кислородный режим. Летом максимальная температура у поверхности в подогреваемой зоне составила 32,3 °С у выпуска, а на самой удаленной – 28,2 °С (среднее значение – 30,2 °С) (рис. 2). Минимальные показатели отмечались у дна: в подогреваемой зоне – 17,2 °С, в неподогреваемой – 16,4 °С. Разница между температурами подогреваемой и неподогреваемой зон сохранялась до глубины 4 м, а с увеличением глубины температурные значения не отличались (рис. 2). При этом вне зоны подогрева до глубины 4 м благодаря ветровому перемешиванию сохранялась постоянная температура – около 24 °С.

Осенью при подогреве поверхностная температура достигала только 22 °С, придонная – 17,8 °С, разница между температурами поверхности и дна составила менее 5 °С. На неподогретом участке температура от поверхности до дна была почти одинаковой – около 15 °С.

Если считать 25 °С пороговой температурой для развития зообентоса в средних широтах [11, 12], то как ограничивающий фактор температура может выступать только летом (в подогреваемой зоне – на глубине менее 4 м).

Как видно на рис. 3, летом разница в содержании кислорода между подогреваемой и неподогреваемой зонами наблюдается только в верхнем двухметровом слое, при этом она составляет около 1 мг/л у поверхности. От 3 м глубины идет достаточно резкое снижение концентрации кислорода до полного его исчезновения у дна.

Осенью в обеих зонах наблюдались почти одинаковые значения содержания растворенного кислорода по глубинам, при этом от поверхности до дна его изменение было незначительным – менее 1 мг/л (рис. 3).

Если рассматривать низкую концентрацию кислорода как ограничивающий фактор, то необходимо отметить его возможное влияние летом, на глубине более 6 м в обеих зонах, где содержание было ниже ПДК для рыбного населения (2 мг/л).

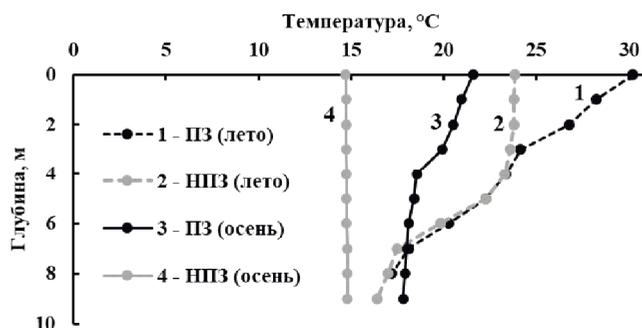


Рис. 2. Средние значения температуры воды на одинаковых глубинах разных станций в подогреваемой (ПЗ) и неподогреваемой (НПЗ) зонах в разные сезоны года

Fig. 2. Average water temperature values at the same depths of different stations in the heated and non-heated zone in different seasons of the year

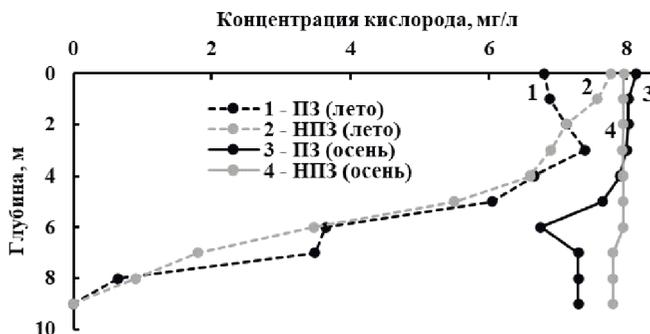


Рис. 3. Среднее содержание кислорода на одинаковых глубинах разных станций в подогреваемой (ПЗ) и неподогреваемой (НПЗ) зонах в разные сезоны года

Fig. 3. The average oxygen content at the same depths of different stations in the heated and non-heated zone in different seasons of the year

Таксономический состав подогреваемой и неподогреваемой зон в разные сезоны года. В целом для водоема было установлено 80 таксонов от вида и выше, что составляет около 30 % от организмов зообентоса, зарегистрированных за все время изучения начиная с 1932 г. [2]. Учитывая, что не все систематические группы определены до вида, в целом озеро характеризуется как ненарушенный, таксономически богатый водоем, исключая подогреваемую зону. Наибольшим видовым богатством характеризовались двукрылые (27 видов, из них 24 личинки хирономид), затем следовали моллюски (19 видов) и ручейники (13 видов) (табл. 1). Было определено два новых вида личинок хирономид: *Xenochironomus xenolabis* (Kieffer, 1916) и *Brillia modesta* (Meigen, 1830). На станции на глубине 1,5 м в неподогреваемой зоне летом найден один экземпляр бокоплава Палласа – реликтового рачка, внесенного в Красную книгу Беларуси. Этот стенотермный холодолюбивый вид уже много лет не встречался в озере [2]. Находка этого вида на такой глубине и при высокой температуре, возможно, связана с выходом родниковых вод в месте отбора, что требует дальнейшего специального изучения.

В подогреваемой зоне была встречена и пресноводная креветка *Macrobrachium nipponense* (De Naan, 1849), вселенная в озеро для обогащения кормовой базы, но не указанная в последнем перечне видов [2].

Т а б л и ц а 1. Таксономическая структура зообентоса оз. Лукомльское

T a b l e 1. Taxonomic structure of zoobenthos of the lake Lukomlskoe

Таксон	Лето		Осень	
	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева
Тип MOLLUSCA				
Класс Gastropoda				
Отр. Pulmonata				
Сем. Lymnaeidae				
<i>Lymnaea stagnalis</i> Linnaeus, 1758		+		+
<i>Lymnaea auricularia</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+
<i>Lymnaea peregra</i> O. F. Müller, 1774	+			
<i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud, 1805)				+
<i>Lymnaea lagotis</i> (Schränk, 1803)			+	+
<i>Lymnaea fusca</i> (C. Pfeiffer, 1821)				+
Сем. Physidae				
<i>Physa fontinalis</i> Linnaeus, 1758				+
Сем. Planorbidae				
<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)			+	+
Отр. Architaenioglossa				
Сем. Viviparidae				
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+		
Отр. Neotaenioglossa				
Сем. Bithyniidae				
<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)		+		+
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+
Сем. Valvatidae				
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)		+	+	+
<i>Borysthenia naticina</i> (Menke, 1846)	+	+		+
<i>Valvata lilljeborgi</i> (Westerlund, 1897)				+
<i>Valvata (Cincinna) depressa</i> (C. Pfeiffer, 1821)				+
Класс Bivalvia				
Отр. Unionoida				
Сем. Unionidae				
<i>Anodonta piscinalis</i> (Nilsson, 1823)				+
Отр. Veneroidea				
Сем. Sphaeriidae				
<i>Pisidium amnicum</i> (O. F. Müller, 1774)		+		+
<i>Pisidium sp.</i>		+		+

Продолжение табл. 1

Таксон	Лето		Осень	
	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева
Сем. Limnephilidae <i>Limnephilus fuscinervis</i> (Zetterstedt, 1840)				+
Отр. Megaloptera Сем. Sialidae <i>Sialis morio</i> (Klingstedt, 1933)				+
Отр. Odonata Сем. Coenagrionidae	+			
Отр. Heteroptera Сем. Corixidae <i>Micronecta sp.</i>		+		+
Сем. Aphelocheiridae <i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabricius, 1794)				
Сем. Pleidae <i>Plea minutissima</i> (Leach, 1817)		+		
Отр. Coleoptera Сем. Haliplidae <i>Halipus sp.</i>		+	+	+
Сем. Chrysomelidae <i>Donacia sp.</i>				
Сем. Dytiscidae <i>Copelatus sp.</i>				+
Отр. Diptera Сем. Chironomidae Подсем. Chironominae <i>Chironomus gr. plumosus</i> (Meigen, 1830)	+	+	+	+
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	+	+	+	+
<i>Cryptochironomus obreptans</i> (Walker, 1856)	+	+	+	+
<i>Einfeldia carbonaria</i> (Meigen, 1804)		+		
<i>Sergentia gr. longivenstris</i> (Kieffer, 1924)		+		
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)	+	+	+	+
<i>Tanytarsus lobatifrons</i> (Kieffer, 1913)	+	+	+	+
<i>Tanytarsus gregarius</i> (Kieffer, 1909)	+	+		
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	+	+	+	+
<i>Polypedilum sp.</i>		+		
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	+	+		
<i>Xenochironomus xenolabis</i> (Kieffer, 1916)		+		
<i>Dicotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)		+	+	+
<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries, 1823)	+			
<i>Endochironomus donatoris</i> (Shilova, 1974)		+		
Подсем. Orthocladinae <i>Cricotopus algarum</i> (Kieffer, 1911)		+		
<i>Cricotopus laidentatus</i> (Chernovskij, 1949)		+		
<i>Cricotopus sylvestris</i> (Fabricius, 1794)		+	+	+
<i>Limnophyes minimius</i> (Meigen, 1818)			+	
<i>Corynoneura sp.</i> (Winnertz, 1846)		+		+
<i>Brillia modesta</i> (Meigen, 1830)		+		
Подсем. Tanyrodinae <i>Procladius sp.</i>	+	+	+	+
<i>Micropsectra praecox</i> (Wiedemann, 1818)	+	+		
Подсем. Diamesinae <i>Diamesa sp.</i>		+		
Сем. Ceratopogonidae <i>Ceratopogonidae gen. spp.</i>		+		
Сем. Tabanidae				

Окончание табл. 1

Таксон	Лето		Осень	
	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева
<i>Tabanidae gen. spp.</i>		+		+
Сем. Chaoboridae				
<i>Chaoborus. sp.</i>	+		+	+
Всего	27	50	23	51

В оба сезона года подогретые участки были более бедными в сравнении с неподогретыми, а видовое богатство в зоне подогрева было почти в 2 раза ниже.

Полученные результаты совпадают с данными о водоемах-охладителях Украины, согласно которым незначительный подогрев ведет к увеличению числа видов и некоторому увеличению биомассы, но только если в фауне есть теплолюбивые виды. Сильный же прогрев вызывает уменьшение числа видов и понижение численности и биомассы, причем температура около 25 °С уже является тем пределом, превышение которого ведет к сильному угнетению развития макрозообентоса [11, 12].

Кроме общего количества видов значительно меняется и соотношение групп. Особенно наглядно это прослеживается в наиболее представленном классе насекомых, где фаунистическая структура подогреваемых и неподогреваемых зон значительно отличается. Летом в подогреваемой зоне из 27 таксонов от вида и выше 11 (40,7 % от общего видового разнообразия) были представлены хирономидами, 6 (22,2 %) – моллюсками. В неподогретой части озера было обнаружено 50 таксонов от вида и выше, из них: 22 (44 %) – хирономиды, 10 (20 %) – моллюски, 5 (10 %) – пиявки и по 3 (6 %) – ручейники и поденки, остальные систематические группы представлены единичными таксонами от вида и выше (рис. 4). Большое количество видов хирономид, представленных в двух зонах, обусловлено высокой степенью адаптации этих видов к факторам среды обитания.

Осенью в подогреваемой зоне было отмечено 23 таксона и выше, из них: 10 (43,5 %) – хирономиды, 6 (26,1 %) – моллюски. В неподогреваемой зоне – 51 таксон от вида и выше: 17 (33,3 %) – моллюски, по 10 (19,6 %) – ручейники и хирономиды (рис. 5).

По сравнению с летним периодом осенью в неподогреваемой зоне процент встречаемости насекомых падает на 25 %, несмотря на то что систематических групп было больше (в единичных экземплярах обнаружены личинки жуков, ручейников и вислокрылок). Это связано с увеличением численности других представителей, например класса ракообразных (от 0,9 до 20,3 %) и брюхоногих моллюсков (от 2,25 до 13,3 %).

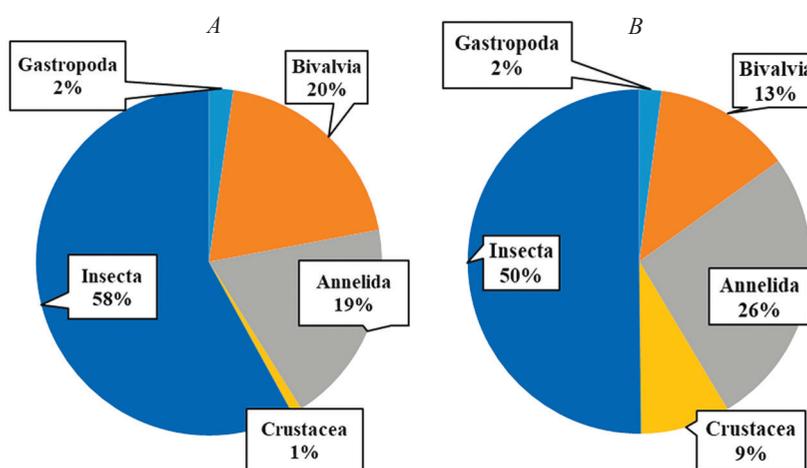


Рис. 4. Таксономическая структура зообентоса летом (A – неподогреваемая зона; B – подогреваемая зона)

Fig. 4. Taxonomic structure of zoobenthos in the summer (A – not heated area; B – heated area)

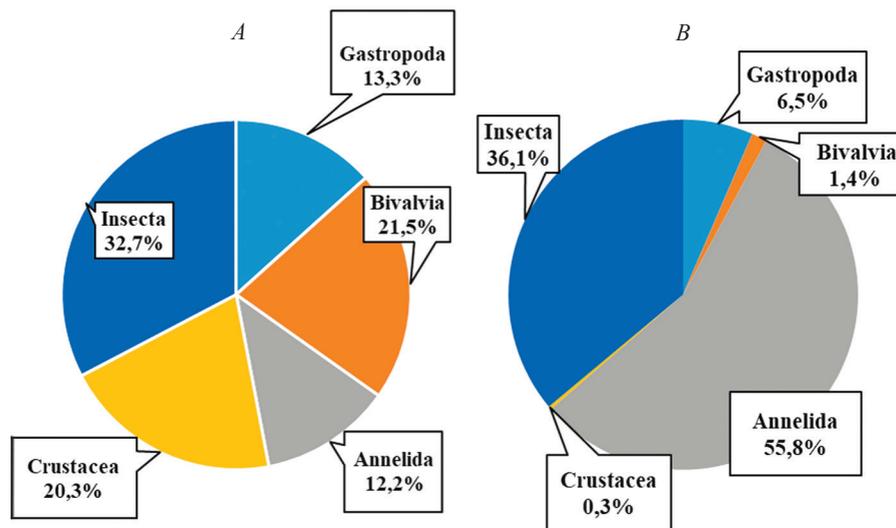


Рис. 5. Таксономическая структура зообентоса осенью (A – непогреваемая зона; B – подогреваемая зона)

Fig. 5. Taxonomic structure of the zoobenthos in the autumn (A – not a heated area; B – heated area)

Такую же картину можно наблюдать и в подогреваемой зоне, где также увеличивается численность брюхоногих моллюсков, но резко снижается доля двустворчатых моллюсков – с 12,94 до 1,41 %.

Общее фаунистическое сходство, рассчитанное таким образом, в оз. Лукомльское в обоих зонах и в разные периоды наблюдений составило около 50 % (от 37 до 59 %) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Фаунистическое сходство разных зон озера в разные сезоны года, %

T a b l e 2. Faunal similarity of different zones of the lake in different seasons of the year, %

Зоны в разные сезоны года		Лето		Осень	
		Без подогрева	Подогрев	Без подогрева	Подогрев
Лето	Без подогрева	X			
	Подогрев	53	X		
Осень	Без подогрева	59	54	X	
	Подогрев	37	47	40	X

Максимальное сходство значений (59 %) наблюдалось между не подверженными подогреву акваториями летом и осенью. Из представленных в табл. 2 данных видно, что минимальное фаунистическое сходство (37 %) было между подогреваемой и непогреваемой зонами в разные сезоны года. Учитывая амфибионтность личинок насекомых, которые составляют значительную часть зообентоса, и известную закономерность вылета имаго в летний период, полученные величины показывают высокую степень сходства.

Анализ изменения фаунистического сходства в зависимости от глубины показал схожую ситуацию летом и осенью (рис. 6). Минимальные значения наблюдались в прибрежье, затем происходил их рост до глубины 6 м и незначительное снижение ко дну. Начиная с глубины 3 м индекс изменялся не так резко, как в вышележащих станциях отбора проб.

Незначительное сходство показателей в прибрежье и на малых глубинах можно объяснить разными температурными условиями, особенно в летний период. При этом осенью, когда разница составляла 8°, температура не являлась лимитирующим фактором. Одной из причин различий в прибрежной фауне может быть наличие течения в зоне выпуска подогретых вод, к которой были приурочены мелководные станции. Считается, что на зообентос при сбросе вод влияют «размывания грунта в местах сброса» и смывания органических частиц как основы питания большинства организмов бентоса [11–13].

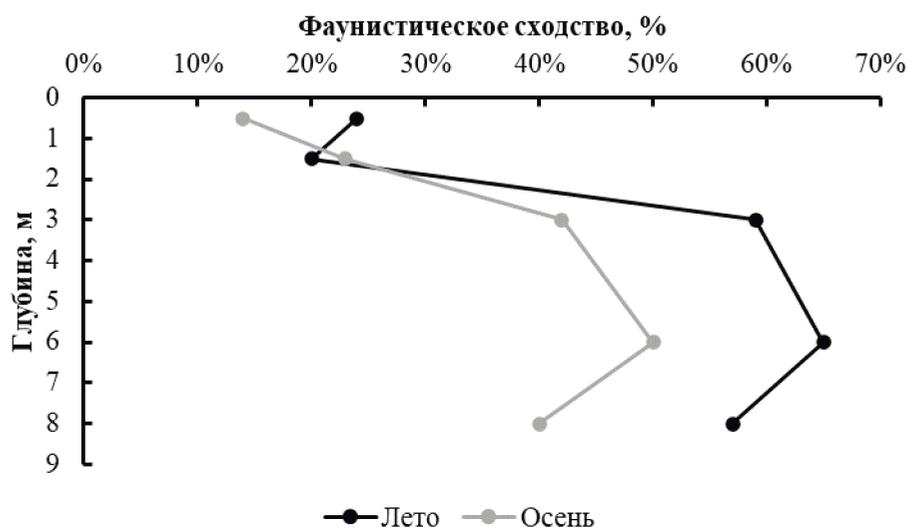


Рис. 6. Фаунистическое сходство зообентоса на разной глубине в подогреваемой и неподогреваемой зонах

Fig. 6. Faunal similarity of zoobenthos at different depths, heated and not heated zones

Вертикальная таксономическая структура зообентоса разных зон водоема. Количество таксонов, встречающихся на разной глубине, различалось как между подогреваемой и неподогреваемой зонами, так и между сезонами года (табл. 3). Среднее количество таксонов, найденных на станциях в подогреваемой зоне, было более чем в 2 раза ниже в оба сезона. При этом наблюдалась небольшая разница в этом показателе и между сезонами (летние сборы были более представительными).

Изменение видового богатства с глубиной идет по-разному в зоне подогрева и вне ее. Летом прогретое мелководье было значительно обеднено (всего 4–5 таксонов), затем на глубинах 3 и 6 м отмечалось увеличение численности таксонов и постепенное ее снижение при приближении к максимальной глубине. Осенью минимальное количество таксонов в подогретых водах наблюдалось на глубинах 0,5 и 8 м.

При естественных температурных условиях летом и осенью отмечалось снижение видового богатства от побережья к глубине. Прибрежные станции без подогрева и влияния сбросных вод отличались максимальным видовым разнообразием. Если летом это было менее выражено, то осенью число таксонов на прибрежной станции (43 формы) было более чем в 2 раза выше средней величины.

Таблица 3. Изменение в зависимости от глубины показателей видового разнообразия в разных зонах озера летом и осенью

Table 3. Changes in the depth-dependent indicators of species diversity in different areas of the lake in summer and autumn

Глубина, м	К-во таксонов		Индекс Шеннона (H)		Индекс Симпсона (D)	
	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева
<i>Лето</i>						
0,5	5	29	0,16	1,68	0,3	0,2
1,5	4	28	0,31	2,37	0,2	0,1
3	15	21	1,76	1,37	0,2	0,5
6	15	23	1,51	1,91	0,3	0,2
8	8	7	1,47	0,92	0,3	0,5
Среднее	9,4	21,6	1,042	1,65	0,2	0,3
<i>Осень</i>						
0,5	4	43	0,66	2,62	0,1	0,1
1,5	12	14	1,55	1,19	0,2	0,4
3	8	16	1,01	1,48	0,5	0,4

Глубина, м	К-во таксонов		Индекс Шеннона (H)		Индекс Симпсона (D)	
	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева	Подогрев	Без подогрева
6	12	8	1,16	1,13	0,5	0,4
8	6	10	0,64	1,35	0,5	0,3
Среднее	8,4	18,2	1,00	1,55	0,36	0,32

Рассчитанный индекс видового разнообразия Шеннона соответствовал показателям видового богатства на разных глубинах отбора. Его средняя величина приблизительно в 1,5 раза была выше в не тронутой подогревом зоне. При этом изменение средних значений индекса выравненности в зависимости от глубины было незакономерным, а между зонами и между сезонами – незначительным.

Заключение. Таким образом, оз. Лукомльское, несмотря на его длительное использование в качестве охладителя ГРЭС, остается достаточно богатым по таксономическому разнообразию водоемом, что свидетельствует о ненарушенности в нем естественных процессов продуцирования и трансформации вещества и энергии. Под влиянием подогрева наблюдается только локальное снижение видового разнообразия зообентоса: видовое богатство в подогреваемой зоне в 2 раза ниже, чем в зоне без подогрева. На развитие зообентоса негативно влияют высокая температура (свыше 25 °С) и течение, создаваемое на акватории при выпуске подогретой воды. Наиболее значимо это проявляется в летнее время. Подогрев изменяет и таксономическую структуру зообентоса на разных глубинах, обедняя прибрежные биотопы.

Благодарности. Работа частично поддержана грантом БРФФИ №В18МС-16. Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией гидробиологии, члену-корреспонденту НАН Беларуси В. П. Семенченко за ценные советы и замечания при написании статьи.

Acknowledgements. This work is partially supported by BRFFI grant no. В18MS-16. The authors are grateful to the head of the Hydrobiology laboratory, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus V. P. Semenchenko for valuable advice and comments when writing the article.

Список использованных источников

1. Гусева, С. А. Да пазнання заапланктону і заабентасу азёр БССР / С. А. Гусева // Вуч. запіскі БДУ. – 1936. – № 28. – С. 177–200.
2. Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / П. А. Митрахович [и др.] ; Белорус. гос. ун-т. – Минск : Право и экономика, 2008. – 144 с.
3. Каратаев, А. А. Воздействие подогрева на пресноводные экосистемы / А. А. Каратаев. – Минск, 1990. – 132 с. Деп. в ВИНТИ 07.05.1990. – № 2440-90.
4. Блакітная кніга Беларусі: энцыклапедыя / рэдкал. : Н. Ф. Дзісько і інш. – Минск : БелЭн, 1994. – 415 с.
5. Качалова, О. Л. Отряд ручейники Trichoptera / О. Л. Качалова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатова. – Л., 1977. – С. 477–510.
6. Лукин, Е. И. Класс пиявки Nigudinea / Е. И. Лукин, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатова. – Л., 1977. – С. 201–212.
7. Попова, А. Н. Отряд стрекозы Odonata / А. Н. Попова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатова. – Л., 1977. – С. 266–287.
8. Макаренко, Е. А. Семейство комары звонцы Chironomidae / Е. А. Макаренко, С. Я. Цалохина // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. / под ред. С. Я. Цалолихина. – СПб., 1999. – Т. 4 : Высшие насекомые. Двукрылые / Р. В. Андреева [и др.]. – С. 210–296.
9. Богатов, В. В. Класс Двустворчатые моллюски / В. В. Богатов, П. В. Кияшко // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России : в 2 т. / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. – М. ; СПб., 2016. – Т. 2 : Зообентос. – С. 285–335.
10. Кияшко, П. В. Класс Брюхоногие моллюски / П. В. Кияшко, Е. В. Солдатенко, М. В. Винарский // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России : в 2 т. / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. – М. ; СПб., 2016. – Т. 2 : Зообентос. – С. 335–439.
11. Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) / Ф. Д. Мордухай-Болтовской // Тр. Ин-та биол. внутр. вод Акад. наук СССР. – 1975. – Вып. 27 (30). – С. 7–69.

12. Силаева, А. А. Особенности структуры зообентоса техноэкосистем АЭС и ТЭС / А. А. Силаева // Экология водоемов – охладителей энергетических станций : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (13–16 сент. 2017 г., г. Чита) / Забайкал. гос. ун-т ; отв. ред. Г. Ц. Цыбекмитова. – Чита, 2017. – С. 243–251.

13. Протасов, А. А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС / А. А. Протасов, А. А. Силаева. – Киев : Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2012. – 274 с.

References

1. Guseva S. A. To the knowledge of zooplankton and zaabentas lakes of the BSSR. *Vuchonyya zapiski Belaruskaga dzyarzhavnaga universiteta* [Scientific notes of the Belarusian State University], 1936, no. 28, pp. 177–200 (in Belarusian).
2. Mitrakhovich P. A., Samoilenko V. M., Kartashevich Z. K., Svirid A. A., Kozlov E. A., Korolev G. N., Papko N. A. *The ecosystem of the cooling pond of Lukoml*. Minsk, Belarusian State University, 2008. 144 p. (in Russian).
3. Karataev A. A. *Impact of heating on freshwater ecosystems*. Minsk, 1990. – 132 p. (in Russian).
4. Dzis'ko N. F. *Blakitnaya kniga Belarusi: encyklopedyya*. Minsk, BelEn Publ., 1994. 415 p. (in Belarusian).
5. 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).
6. 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).
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. Makarchenko E. A., Tsalokhina S. Ya. *Chironomidae. Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands. Vol. 4. Higher insects. Diptera*. St. Petersburg, 1999, pp. 210–296 (in Russian).
9. Bogatov V. V., Kiyashko P. V. *Class Bivalve molluscs. Keys to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos*. Moscow, St. Petersburg, 2016, pp. 285–335 (in Russian).
10. Kiyashko P. V., Soldatenko E. V., Vinarskii M. V. *Class Gastropods. Keys to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos*. Moscow, St. Petersburg, 2016, pp. 335–439 (in Russian).
11. Mordukhai-Boltovskoi F. D. The problem of influence of thermal and nuclear power plants on the hydrobiological regime of reservoirs. *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod Akademii nauk SSSR* [Proceedings of the Institute for Biology of Inland Waters of the USSR Academy of Sciences], 1975, iss. 27 (30), pp. 7–69 (in Russian).
12. Silaeva A. A. Features of Zoobenthos Structure of Technoecosystems of Thermal and Nuclear Power Plants. *Ekologiya vodoemov – okhladitelei energeticheskikh stantsii : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (13–16 sentyabrya 2017 goda, Chita)* [Ecology of reservoirs – coolers of power plants : collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation (September 13–16, 2017, Chita)]. Chita, 2017, pp. 243–251 (in Russian).
13. Protasov A. A., Silaeva A. A. *Contour groupings of hydrobionts in techno-ecosystems of TPP and NPP*. Kiev, Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2012. 274 p. (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.lapuka@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

Information about the authors

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

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