

Основной титульный экран

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ПРАВИТЕЛЬСТВО КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ

**Материалы XI Международного Балтийского морского форума
25–30 сентября 2023 года**

Том 3

«Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»

XI Национальная научная конференция

Электронное издание

**Калининград
Издательство БГАРФ
2023**

1 дополнительный экран

УДК 639.3; 574

Сост.: Кострикова Н.А.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Волкогон В.А., ректор Калининградского государственного технического университета; Кострикова Н.А., проректор по научной работе КГТУ; Устич В.И., проректор по учебной работе КГТУ, Грунтов А.В., начальник БГАРФ; Поляков Р.К., начальник Управления научно-исследовательской деятельности КГТУ; Яфасов А.Я., начальник Управления инновационной деятельности КГТУ; Мезенова О.Я., зав. кафедрой пищевой биотехнологии КГТУ; Титова И.М., зав. кафедрой технологии продуктов питания КГТУ; Новожилов О.А., директор Института рыболовства и аквакультуры КГТУ; Бугакова Н.Ю., директор Института инженерной педагогики и гуманитарной подготовки БГАРФ; Фатыхов Ю.А., проф. кафедры инжиниринга технологического оборудования КГТУ; Плавич А.Ю., доцент каф. строительства КГТУ; Тристанов А.Б., директор Института цифровых технологий КГТУ; Меркулов А.А., начальник технопарка КГТУ; Воротников Б.Ю., зав. кафедрой химии КГТУ.

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы XI Международного Балтийского морского форума 25–30 сентября 2023 года [Электронный ресурс]: в 8 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», XI Национальная научная конференция – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 1 электрон. опт. диск.

Балтийский морской форум является ежегодным масштабным международным научно-практическим мероприятием, объединяющим под своей эгидой ряд научных конференций, круглых столов и мастер-классов, посвященных тематике развития науки и образования в морской отрасли, промышленности, сельском хозяйстве Балтийского региона и РФ в целом. Целью форума является обмен научно-техническими достижениями, расширение научно-технического сотрудничества и выработка эффективных алгоритмов реализации новаторских идей в области судостроения, информационных технологий, аквакультуры, экологии, сельского хозяйства, пищевой биотехнологии, водных биоресурсов и технологий продуктов здорового питания. Международный Балтийский морской форум предоставляет уникальную возможность расширить научные и деловые связи, представить экспертному сообществу результаты научного поиска.

В рамках XI Международного Балтийского морского форума состоялись конференции:

- **«Инновации в науке, образовании и предпринимательстве-2023»**, XXI Национальная научная конференция с международным участием;
- **«Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии»**, XI Национальная научная конференция с международным участием;
- **«Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»**, XI Национальная научная конференция;

25. Гулюгин С.Ю. [и др.]. Видовой состав и распределение миктофтовых рыб в атлантических водах побережья Марокко в зависимости от гидрологических условий по результатам съемок 2008-2019 годов / Гулюгин С.Ю., Халматова Э.Р., Краснобородько О.Ю., Кукуев Е.И. // Труды АтлантНИРО. 2020. Т. 4, № 2. Калининград: АтлантНИРО. С. 106-117.

26. Краснобородько О.Ю., Чернышков П.П., Шустин А.Я. Экологический отклик на изменения структуры водных масс в пелагиали большой экосистемы Канарского течения // Труды ВНИРО. 2020. Т. 180. С. 140–155.

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF MYCTOPHIDS (FAM. MYCTOPHIDAE) AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS NEAR THE ATLANTIC COAST OF MOROCCO IN 2021-2022

¹Arkhipov Aleksandr GERAL'DOVICH, doctor of biological sciences, associate professor, professor of the department of aquatic bioresources and aquaculture; scientific coordinator

²Khalmatova El'mira Rovshanovna, groups leader

³Pak Regina Anatol'evna, postgraduate; senior engineer

⁴Gulyugin Sergei Yur'evich, candidate of biological sciences, head of laboratory

^{1,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹ag_arkhipov@mail.ru

^{1,2,3,4}Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kaliningrad, Russia, e-mail: ²khalmatova@atlantniro.ru

The features of the distribution of representatives are considered and analyzed of the family Myctophidae at different stages of ontogeny in the Atlantic waters of Morocco in 2021-2022. Based on the materials of the latest complex surveys by AtlantNIRO. Larvae, juveniles, and adults of myctophids had a similar distribution and were found in a significant part of the Moroccan water area with increasing concentrations in the area of large capes. Most of the myctophids encountered belonged to two species complexes, nerito-oceanic and oceanic.

УДК 628.357.3: 595.384.16

СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА ИСКУССТВЕННЫХ ПРУДОВ ДЛЯ РАЗВЕДЕНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Воробьева Лада Владиславовна, старший специалист

²Борисов Ростислав Русланович, д-р биол. наук, вед. науч. сотрудник

³Ковачева Николина Петковна, д-р биол. наук, начальник отдела аквакультуры беспозвоночных

^{1,2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия, e-mail: ¹vorobjeva.lada@yandex.ru; ²borisovrr@mail.ru; ³kovatcheva@vniro.ru

*Проведено исследование макрозообентоса и зоопланктона в прудах для выращивания австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* на территории научно-экспериментального комплекса аквакультуры «БИОС» (Астраханская область). Пробы были отобраны в июле и августе 2022 г. Выявлено 69 таксонов макрозообентоса и 20 таксонов зоопланктона. Рассчитана численность и биомасса беспозвоночных. Выявлены доминирующие группы и характерные таксоны для каждого пруда и сезона. Проведена оценка степени изменчивости сообществ зоопланктона и макрозообентоса в соответствии с сезоном отбора проб и принадлежностью к пруду, а также степени влияния рака на зоопланктон и зообентос выростных водоемов.*

Введение

Пастбищное выращивание в прудах – широко практикуемый в мире метод аквакультуры рыб и ракообразных, а сами пруды представляют собой интересный объект гидробиологических исследований. Небольшие размеры и изолированность прудов дают возможность оценить степень влияния объекта аквакультуры на сообщества гидробионтов в условиях, близких к природным. Кроме того, сами пруды представляют интерес, в качестве модельных объектов для изучения сообществ небольших изолированных водоемов, находящихся в схожих абиотических условиях.

В последнее время для южных регионов Российской Федерации австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) рассматривается в качестве нового и перспективного объекта индустриальной аквакультуры [1; 2; 3]. Родиной этого вида являются тропические области севера Австралии. Для рака *C. quadricarinatus* характерны высокая скорость роста, быстрое половое созревание и высокая плодовитость [4]. Использование прудов, в сравнении с установками замкнутого водопользования (УЗВ), позволяет существенно повысить эффективность культивирования раков [5]. Этому способствует снижения плотности посадки и, как следствие, каннибализма, а также более высокие скорости роста при использовании раками естественной кормовой базы. Известно, что зоопланктон и зообентос прудов являются важными источниками белковой пищи для речных раков, в том числе для молоди [6; 7; 8; 9; 10; 11], но исследований, направленных на изучение влияния рака *C. quadricarinatus* на сообщества водоемов на территории Европы, не проводилось.

Цели работы: проанализировать таксономический состав, оценить численность и биомассу планктонных и бентосных сообществ прудов при выращивании рака *Cherax quadricarinatus*.

Материалы и методы

1.1. Сбор и обработка материала

Экспериментальные работы по культивированию раков *C. quadricarinatus* в прудах проводились в 2022 году на базе Научно-экспериментального комплекса аквакультуры «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»). Три пруда вытянутой формы, площадью 0,1 га каждый располагались в непосредственной близости друг от друга, отношение длины к ширине составляло 4:1. Наполнение и питание водой прудов осуществлялось из общего водоподающего канала через рыбосороуловитель (для исключения попадания сорной рыбы). Уровень воды в прудах 1 и 2 составлял 1,3-2,0 м, а в пруду 3 был на 0,3 м ниже. Перед заливом прудов проводилось выкашивание растительности.

В пруды вносились культуры *Daphnia* из расчета 500 г культуры на 1 га (50 г культуры на каждый пруд) в течение 5 дней, в первый пруд в начале июня, во 2 и 3 – в первой декаде мая.

Выпуск молоди раков в пруды осуществляли в три этапа. В пруд 1 16 июня выпущено 1000 экз. молоди средней массой 0,1 г. В пруд 2 6 июля выпущено 650 экз. молоди средней массой 0,035 г и 850 экз. средней массой 0,17 г. В пруд 3 21 июля выпущено 500 экз. молоди средней массой 5,1 г.

Пробы зоопланктона и зообентоса отбирались 5-7 июля и 19-20 сентября на пяти станциях в каждом пруду (у водоподающей трубы на правом и на левом берегу, в средней части пруда, на правом и левом берегу в части пруда напротив водоподающей трубы). Отбор и обработку проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам [12]. Макрозообентос отбирали скребком на глубине 1-1,5 м, площадь захвата составляла 0,04 м². Пробы отмывали от ила через сито с размерами ячеек 0,25 мм. Зоопланктон – путем процеживания 50 л воды, взятой 10-литровым ведром, через сеть Апштейна (размер ячеек 50 мкм). Идентификацию беспозвоночных проводили по определительным ключам [13; 14; 15; 16; 17].

1.2. Математические методы

Для математической обработки использовали данные по относительному обилию организмов в пробах (в процентах от общей численности). Сходство таксономического состава оценивали с помощью индекса Брея-Кертиса. Для визуализации распределения проб по таксономическому сходству использовали метод неметрического многомерного шкалирования (nMDS). Этот метод

заключается в том, что пробы располагаются в пространстве ординации на основании их сходства, причем чем выше уровень сходства, тем меньше расстояние между пробами на диаграмме. Для оценки статистической достоверности различий видового сходства по прудам и по сезонам использовался метод ANOSIM, основанный на ранжировании индексов сходства между пробами внутри группы и пробами по всей выборке. В случае, если сходство внутри группы выше сходства по выборке, разделение на группы оправдано. Для выявления характерных (вносящих наибольший вклад в сходство между пробами) таксонов зоопланктона и зообентоса для каждого из прудов и сезонов применялся метод SIMPER. Подробное описание методов приведено в пособии Кларка и др. [18]. Математическая обработка данных проводилась в программе PRIMER-7.

Результаты

За период выращивания в прудах раки продемонстрировали высокие скорости роста, а выживаемость составила от 56,5% до 84,7%. Биомасса раков в сентябре составляла 31,4; 13,2 и 10,4 г/м² для прудов 1, 2 и 3 соответственно.

В бентосе всего было выявлено 69 таксонов беспозвоночных. В Таблице 1 приведен список обнаруженных таксонов и средняя численность для каждого пруда летом и осенью (экз./м²).

Таблица 1

Таксономический состав и средняя численность макрозообентоса в прудах по сезонам (экз./м²)

Таксон	Лето			Осень		
	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3
Ephemeroptera						
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)	165	85	0	125	55	745
<i>Cloeon</i> gr. <i>dipterum</i>	275	350	235	0	0	0
Odonata						
<i>Anax</i> sp. Leach, 1815	15	20	0	15	5	0
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	0	0	0	30	70	165
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	15	10	5	105	20	330
<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys, 1841)	10	0	0	0	0	0
Hemiptera						
Corixidae gen.sp. (лич.)	190	75	110	10	0	0
<i>Cymatia coleoprata</i> (Fabricius, 1777)	0	0	0	0	5	0
<i>Cymatia rogenhoferi</i> (Fieber, 1848)	0	0	5	0	0	0
<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus, 1758	5	0	0	0	0	0
<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	0	5	0
<i>Plea minutissima</i> Leach, 1817	0	30	0	0	45	0
<i>Ranatra linearis</i> (Linnaeus, 1758)	10	0	0	0	0	0
<i>Sigara</i> sp. Fabricius, 1775	5	15	25	5	5	5
Coleoptera						
<i>Berosus</i> sp. Leach, 1817 (лич.)	40	45	35	0	0	5
<i>Enochrus melanocephalus</i> (A.G.Olivier, 1793)	0	5	0	0	5	0
<i>Gyrinus</i> sp. Geoffroy, 1762 (лич.)	5	0	0	0	0	0
<i>Haliphus</i> sp. Latreille, 1802	0	10	0	0	5	20
<i>Haliphus</i> sp. Latreille, 1802 (лич.)	0	0	0	20	5	5
Hydrophilidae gen.sp. (лич.)	0	0	0	0	0	35
<i>Hydrovatus cuspidatus</i> (Kunze, 1818)	0	0	0	5	10	0
<i>Hyphydrus</i> sp. Illiger, 1802 (лич.)	0	65	5	0	0	0
<i>Ilybius</i> sp. Erichson, 1832 (лич.)	0	0	0	0	0	85

Таксон	Лето			Осень		
	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3
<i>Laccophilus</i> sp. Leach, 1815 (лич.)	65	45	0	0	0	0
<i>Laccophilus poecilus</i> Klug, 1834 (лич.)	70	105	30	0	0	0
<i>Noterus clavicornis</i> (De Geer, 1774)	0	0	10	0	0	0
Trichoptera						
<i>Agraylea sexmaculata</i> Curtis, 1834	0	0	0	0	0	10
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	0	5	0	25	40	75
<i>Oecetis lacustris</i> (Pictet, 1834)	0	10	0	0	0	0
Diptera						
Chaoboridae gen.sp	10	0	0	0	0	10
Ephydridae gen.sp (куколки)	5	0	0	0	0	0
<i>Mallochohelea</i> sp. Wirth, 1962	0	0	10	0	0	70
<i>Sphaeromyias</i> sp. Curtis, 1928	0	0	0	160	0	50
<i>Stratiomys</i> sp. Geoffroy, 1762	0	5	0	0	0	0
Chironomidae						
<i>Ablabesmyia</i> sp. Johannsen, 1905	35	10	0	0	0	15
<i>Chironomus</i> sp. Meigen, 1803	155	0	340	140	860	790
<i>Clinotanytus nervosus</i> (Meigen, 1818)	10	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	15	0	0	10	130	630
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	0	0	5	0	0	0
<i>Endochironomus</i> sp. Kieffer, 1918	10	0	0	0	0	0
<i>Endochironomus stackelbergi</i> Goetghebuer, 1935	5	0	0	0	0	0
<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	115	0	5	20	0	0
<i>Glyptotendipes</i> sp. Kieffer, 1913	300	5	295	65	0	4870
<i>Parachironomus</i> sp. Lenz, 1921	15	0	10	0	0	0
<i>Paratanytarsus</i> sp. Thienemann & Bause, 1913	45	0	20	40	0	1800
<i>Polypedilum</i> gr. <i>nubeculosum</i>	20	10	105	0	0	0
<i>Polypedilum nubifer</i> (Skuse, 1889)	0	0	0	60	10	28760
<i>Procladius (Holotanytus)</i> sp.	20	20	55	0	0	0
<i>Procladius (Psilotanytus)</i> sp.	15	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius</i> sp. Kieffer, 1906	0	0	0	50	10	490
<i>Tanytarsus</i> sp. van der Wulp, 1874	20	0	70	0	0	0
Crustacea						
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	25	25	0	10	20	10
Ostracoda	50	20	830	0	0	5
Mollusca						
<i>Anisus</i> sp. Studer, 1820	0	5	0	5	0	0
<i>Gyraulus</i> sp. Charpentier, 1837	495	80	5	0	0	45
<i>Hippeutis complanatus</i> (Linnaeus, 1758)	10	0	20	0	0	0
<i>Lymnaea</i> sp. (Lamarck, 1799)	1605	40	20	0	0	0
<i>Musculium</i> sp. Link, 1807	50	0	0	0	0	0
<i>Physa taslei</i> Bourguignat, 1860	0	0	0	5	0	0
<i>Segmentina</i> sp. Fleming, 1818	0	5	0	0	0	0
<i>Valvata (Cincinna)</i> sp.	70	20	0	0	0	5
Oligochaeta						
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	0	10	0	0	20	0
<i>Limnodrilus</i> sp. Claparède, 1862	205	0	20	50	5	10

Таксон	Лето			Осень		
	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Muller, 1774)	5	0	220	0	105	50
<i>Nais pardalis</i> Piguët, 1906	0	0	0	0	0	60
<i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Müller, 1774)	5	0	10	0	0	20
Hirudinea						
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	20	5	5	0	5	0
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	80	0	0	0	0	0

Таксономическое разнообразие бентоса осенью было ниже, чем летом. В июле обнаружено 56 таксонов, а в сентябре только 41 (Таблица 1). Осенью по сравнению с летом в бентосе исчезли такие таксоны как личинки поденок *Cloeon* gr. *dipterum*, жуков *Berosus* sp. и *Laccophilus poecilus*, почти отсутствовали личинки клопов семейства Corixidae, численность взрослых клопов рода *Sigara* также снизилась по сравнению с летом. Также осенью практически полностью отсутствовали моллюски, в июле отмеченные в пруду 1 в массовом количестве. В сентябре появились личинки стрекоз *Crocothemis erythraea*, а численность *Enallagma cyathigerum* значительно возросла по сравнению с июлем. Осенью увеличилась численность личинок ручейников *Ecnomus tenellus*. В пруду 3 в сентябре отмечено большое количество личинок хирономид, особенно *Polypedilum nubifer*, *Glyptotendipes* sp. и *Paratanytarsus* sp.

В прудах 2 и 3 биомасса бентоса в сентябре возросла, а в пруду 1 – снизилась (рис. 1). В июле в первом пруду по биомассе доминировали моллюски, во втором – личинки поденок, в третьем наибольшая доля биомассы приходилась на остракод. В сентябре по биомассе в зообентосе доминировали стрекозы и двукрылые. В июле значение биомассы макрозообентоса варьировало от 5,4 до 19,2 г/м², в августе – от 10 до 24,2 м².

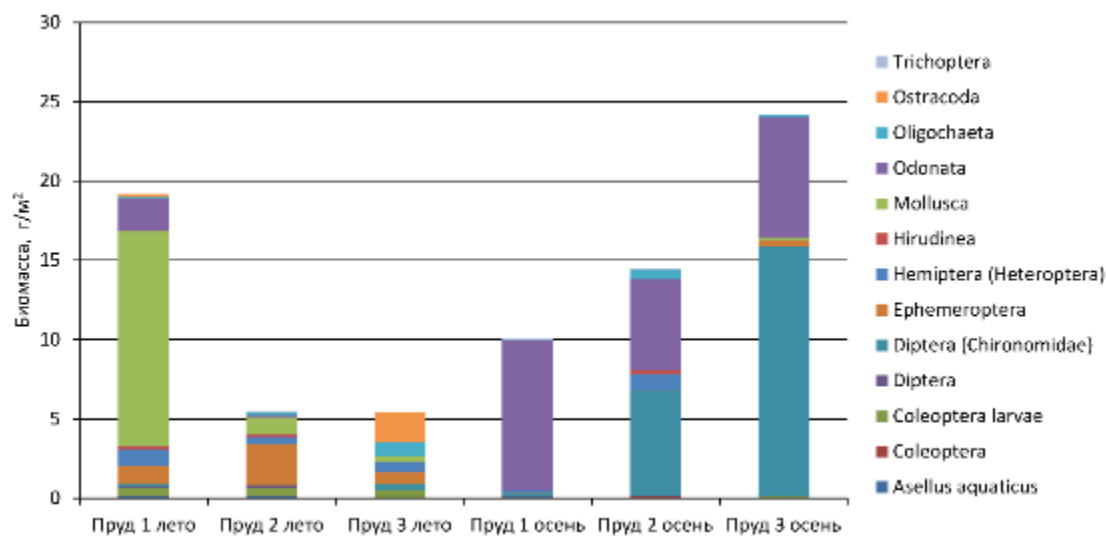


Рис. 1. Биомасса бентоса в прудах летом и осенью, г/м²

В планктоне прудов в общей сложности выявлено 20 таксонов беспозвоночных, 14 в июле и 17 в сентябре (Таблица 2).

Таксономический состав и средняя численность зоопланктона в прудах по сезонам (тыс. экз./м³)

Таксон	Лето			Осень		
	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3
Cladocera						
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	0,08	0	0	0	0	0
<i>Ceriodaphnia</i> sp. Dana, 1853	0,1	14,58	0,42	15,86	2,25	11,1
Chydoridae gen. sp.	2,38	3,84	1,62	1,22	1,2	1,28
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O.F. Müller, 1776)	0,08	0,36	0,02	2,3	0,4	1,04
<i>Daphnia galeata</i> Sars, 1863	0,5	0,02	11,94	0	0,575	0
<i>Daphnia longispina</i> O. F. Müller, 1776	35,3	0,56	12,3	0,02	29,875	0,14
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin, 1848	0	0	0	1,48	0,375	1,48
<i>Megafenestra aurita</i> (Fischer, 1849)	0,12	0,02	0,08	0	0	0
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	29,88	7,36	21,78	11,36	3,95	13,04
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller, 1776)	5,02	2,46	12,74	0	0	0
<i>Sida crystallina</i> O.F. Muller, 1776	0,16	0,06	0	2	0,1	0
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	0,72	0	0,14	0,84	0,05	0,14
Ostracoda	0	0,46	0,98	1,16	0,025	1,4
Cyclopiformis	0	0	0	0	0	0
Cyclopidae gen.sp.	1	4,82	0,32	0	0	0,96
<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jurine, 1820)	0	0	0	1,44	0	0
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	0	0	0	0	0	0,24
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus, 1857	0	0	0	0	0,325	0,14
Calaniformis	0	0	0	0	0	0
<i>Eudiaptomus gracilis</i> G. O. Sars, 1863	0	0	0	0,38	0	0,08
Diptera	0	0	0	0	0	0
Chironomidae gen.sp.	0,06	0,46	0,02	0,68	0,075	0,12
Culicidae gen.sp.	0	0	0	0,02	0	0

Наиболее массовыми таксонами в оба сезона были *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761), *Daphnia longispina* O. F. Müller, 1776, *Ceriodaphnia* sp. Dana, 1853. В сентябре отсутствовали *Megafenestra aurita* и *Scapholeberis mucronata*, но появились *Diaphanosoma brachyurum*, а также каляноида *Eudiaptomus gracilis* и циклопиды *Macrocyclops fuscus*, *Megacyclops viridis*, *Mesocyclops leuckarti*.

Значение биомассы зоопланктон колебалось от 0,62 до 1,89 г/м³ в июле и от 0,57 до 1,08 г/м³ в августе (рис. 2). В оба сезона и во всех прудах отмечено сильное доминирование ветвистоусых раков (Cladocera).

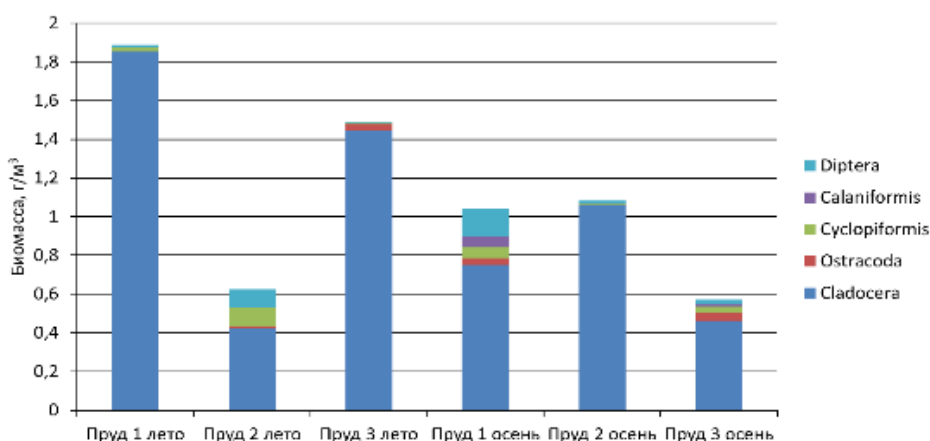


Рис. 2. Биомасса планктона в прудах летом и осенью, г/м³

На рисунке 3 показано распределение проб бентоса по сходству таксономического состава в соответствии с сезоном и местом отбора проб. Пробы отчетливо разделяются на группы в соответствии с сезоном и принадлежностью к пруду. Согласно ANOSIM, по составу макрозообентоса все три пруда достоверно отличались друг от друга как летом, так и осенью. Отличия между водоемами по составу макрозообентоса в зависимости от сезона так же были статистически значимы.

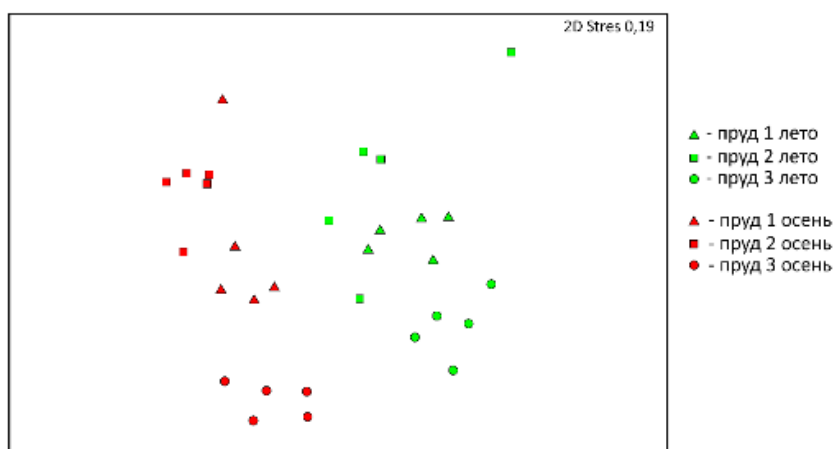


Рис. 3. Диаграмма nMDS сходства таксономического состава бентоса по прудам и сезонам отбора проб

В таблице 3 приведены характерные таксоны бентоса согласно SIMPER (вносящие наибольший вклад в сходство проб внутри группы) по сезонам и прудам и их среднее относительное обилие (в процентах от общей численности).

Таблица 3

Характерные таксоны макрозообентоса для сезонов отбора проб и прудов и их относительное обилие

Группирующие факторы	Название таксона	Относительное обилие таксона (% от общей численности)
Сезон		
Лето	<i>Lymnaea</i> sp.	12,97
	<i>Cloeon</i> gr. <i>dipterum</i>	11,91
	Ostracoda	11,26
	<i>Gyraulus</i> sp.	6,28
	<i>Glyptotendipes</i> sp.	5,73
	<i>Laccophilus poecilus</i>	4,34
	Corixidae gen.sp.	4,57
Осень	<i>Polypedilum nubifer</i>	26,24
	<i>Chironomus</i> sp.	17,56
	<i>Sphaeromias</i> sp.	6,18
Пруды		
Пруд 1	<i>Lymnaea</i> sp.	17,23
	<i>Sphaeromias</i> sp.	9,13
	<i>Gyraulus</i> sp.	5,42
	<i>Caenis horaria</i>	8,98
	<i>Glyptotendipes</i> sp.	6,44
	<i>Chironomus</i> sp.	6,82
Пруд 2	<i>Chironomus</i> sp.	20,30
	<i>Cloeon</i> gr. <i>dipterum</i>	11,88
	<i>Caenis horaria</i>	7,66
	<i>Laccophilus poecilus</i>	5,42
	<i>Plea minutissima</i>	4,79
Пруд 3	<i>Polypedilum nubifer</i>	35,04
	Ostracoda	15,54

Осенью число характерных таксонов снизилось по сравнению с летом. Все характерные таксоны осенью были представлены личинками двукрылых, в то время как летом включали моллюсков, личинок поденок, жуков, клопов, двукрылых, а также ракушковых ракообразных – остракод. Характерные таксоны для первого пруда были представлены моллюсками, личинками поденок и двукрылых, второго – личинками двукрылых, поденок, жуков и клопами, третьего – личинками двукрылых и остракодами.

На рисунке 4 показано распределение проб зоопланктона по сходству таксономического состава в соответствии с сезонами года и прудами. На диаграмме ординации не заметно выраженного разделения проб на группы по сезонам года и прудам. Согласно ANOSIM, сообщества планктона достоверно отличались по сезонам, что касается прудов, то достоверно отличался только второй пруд от первого и третьего.

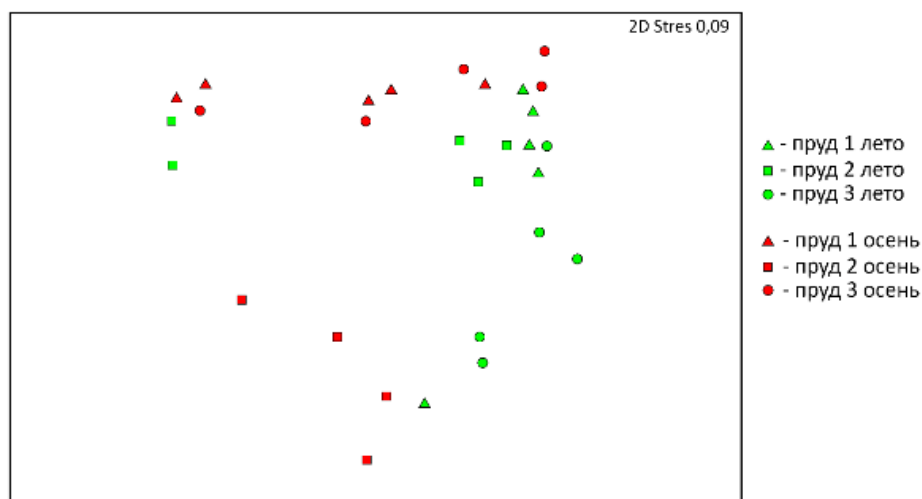


Рис. 4. Диаграмма nMDS сходства таксономического состава планктона по сезонам

В таблице 4 приведены характерные таксоны планктона согласно SIMPER по сезонам и прудам и их среднее относительное обилие (в процентах от общей численности).

Таблица 4

Характерные таксоны зоопланктона для сезонов отбора проб и прудов и их относительное обилие

Группирующие факторы	Название таксона	Относительное обилие таксона (% от общей численности)
Сезон		
Лето	<i>Polyphemus pediculus</i>	42,85
	<i>Scapholeberis mucronata</i>	13,90
	<i>Daphnia longispina</i>	13,17
Осень	<i>Polyphemus pediculus</i>	34,59
	<i>Ceriodaphnia sp.</i>	25,35
	<i>Daphnia longispina</i>	17,91
Пруды		
Пруд 1	<i>Polyphemus pediculus</i>	45,56
	<i>Ceriodaphnia sp.</i>	18,90
Пруд 2	<i>Daphnia longispina</i>	28,60
	<i>Polyphemus pediculus</i>	23,42
Пруд 3	<i>Ceriodaphnia sp.</i>	21,72
	<i>Polyphemus pediculus</i>	46,06
	<i>Scapholeberis mucronata</i>	10,10
	<i>Daphnia galeata</i>	9,26

Списки характерных таксонов и для лета, и для осени включали *P. pediculus* и *D. longispina*, а отличались только одним таксон из трех для каждого списка, *S. mucronata* являлся характерным для лета, *Ceriodaphnia* sp. – для осени.

Обсуждение

Таксономический состав сообществ макрозообентоса в выростных прудах НЭКА «БИОС» соответствовал зарослевым сообществам (фитали). В летний период отмечено высокое обилие брюхоногих моллюсков в пруду 1 (таблица 1), что характерно для всех полноценных сообществ фитали. Другие характерные зарослевые группы, встречавшиеся в прудах в летний период – плавающие личинки поденок сем. Baetidae (*Cloeon* gr. *dipterum*), плавающие хищные жуки и их личинки сем. Dytiscidae (род *Laccophilus*), плавающие хищные клопы семейств Notonectidae и Pleidae (*Notonecta glauca*, *Plea minutissima*), а также хищники-засадчики, такие как личинки стрекоз и клопы семейства Nepidae (*Nepa cinerea*, *Ranatra linearis*), плавающие всеядные клопы сем. Corixidae. Осенью доминирующими по биомассе группами становились личинки стрекоз и двукрылых, в особенности хирономид (таблица 1), которые тоже являются одной из обычных для зарослевых сообществ групп [19]. В сентябре во всех трех прудах отмечен ручейник *Ecnomus tenellus*, относящийся к зарослевым формам, характерным для водохранилищ и прудов, часто загрязненных [20]. Кроме зарослевых форм, в бентосе прудов присутствовали группы беспозвоночных, обитающие в сообществах пелали (мягких грунтов, таких как илы и песок). Это личинки поденок семейства Caenidae (*Caenis horaria*), олигохеты сем. Tubificidae и Lumbriculidae (*Limnodrilus* sp., *Lumbriculus variegatus*, *Tubifex tubifex*) [19].

Исследованные пруды были одинаковой формы и размеров, располагались по соседству и имели общий источник водоснабжения. Несмотря на это, они достоверно отличались друг от друга по составу макрозообентоса как летом, так и осенью. В июле во всех прудах доминировали по массе разные таксоны (рис. 1). В сентябре во всех прудах доминировали стрекозы и двукрылые, но их соотношение отличалось. Списки характерных таксонов, согласно процедуре SIMPER (вносящих наибольший вклад сходство между пробами внутри группы) сильно различались и для сезонов, и для прудов (таблица 3). Сезонная изменчивость была обусловлена особенностями жизненного цикла амфибиотических насекомых (завершением личиночной стадии одних видов и началом развития других), а также, отчасти, могла быть связана с выеданием отдельных групп раками. Интересна высокая биомасса хищников в прудах, особенно личинок стрекоз. Ранее в литературе отмечалось, что высокое обилие хищников характерно в большей степени для постоянных прудов, чем для временных [21].

Согласно множеству литературных источников [22; 23; 24; 25; 26], моллюски – излюбленный объект питания речных раков, которые могут резко снижать их численность, вплоть до полного исчезновения. Вероятно, этим может объясняться отсутствие моллюсков в бентосе прудов в сентябре при их высоком обилии, по крайней мере, в одном из прудов, в июле. Однако для других групп бентоса признаков выедания раками не отмечено. В частности, несмотря на то, что личинки насекомых тоже активно используются раками в пищу [27; 28], биомасса личинок стрекоз и двукрылых осенью оказалась выше чем летом.

Сообщества зоопланктона обследованных прудов, с доминированием ветвистоусых раков во всех прудах и в оба сезона соответствовали водоемам с высоким содержанием кислорода в воде. В литературе отмечалось, что каляноидные копеподы и ветвистоусые ракообразные чувствительны к недостатку кислорода, они избегают вод с концентрацией O_2 менее 1 мг/л. В водохранилищах в бассейне Волги отмечалось снижение обилия ракообразных фильтраторов (Cladocera, Calanoida), где регулярно отмечалось содержание кислорода у дна менее 4 мг/л. В особенности в условиях дефицита кислорода снижалось абсолютное и относительное обилие *Daphnia*, *Diaphanosoma* и *Eudiaptomus*. При толщине слоя воды с концентрацией O_2 менее 5 мг/л больше половины общей толщины столба воды фильтраторы отсутствовали, среди доминантов зоопланктона, в сообществе преобладали циклопоидные копеподы [29]. Доминирование ветвистоусых ракообразных в планктоне отмечено и для прудов схожего типа в Астраханской области [30], в т.ч. в прудах для выращивания сазана на территории НЭКА «БИОС» [31]. В зоопланктоне прудов для выращивания сазана доминировали *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Moina rectirostris*, *Daphnia magna*, *D. longispina*, *P. pediculus* (Бегманова и др., 2016), а в выростных прудах для австралийского красноклешневого рака *P. pediculus*, *D. longispina* и *Ceriodaphnia* sp. также были наиболее массовыми таксонами.

Сообщества зоопланктона достоверно различались по сезонам, но доминирующая группа (Cladocera) и три наиболее массовых таксона оставались одними и теми же и в июле, и в сентябре. Списки характерных таксонов по SIMPER для июля и сентября включают три таксона, два из которых (*P. pediculus* и *D. longispina*) указаны для обоих сезонов, *S. mucronata* – характерный таксон для июля и *Ceriodaphnia* sp. – для сентября. Из прудов по составу планктона достоверно отличался только пруд 2 от прудов 1 и 3, там отмечена более низкая доля *P. pediculus*.

В нашем исследовании, как сезонная изменчивость, так и изменчивость сообществ между отдельными прудами была более отчетливо выражена для бентоса, чем для планктона. В литературе отмечалось, что сообщества макрозообентоса более структурированы, чем зоопланктона. Вероятно, это связано с различием в характере расселения – пассивным у планктонных организмов и активным у бентосных [32].

Заключение

Пруды для выращивания австралийского красноклешневого рака летом 2022 г. имели хорошо развитые бентосные сообщества, с преобладанием характерных зарослевых форм. Для бентоса отмечена выраженная сезонность, а также отчетливые различия между отдельными водоемами. В июле в одном из прудов наблюдалось массовое развитие моллюсков, которые исчезли из сообществ к сентябрю – вероятно, это признак выедания этих беспозвоночных раками. Однако для других групп бентосных беспозвоночных признаков угнетения раками не отмечено. В бентосе осенью доминировали личинки стрекоз и двукрылых, а в двух из трех прудов биомасса бентоса оказалась выше чем летом.

Таксономический состав планктонных сообществ с доминированием Cladocera соответствовал сообществам водоемов с высоким содержанием растворенного кислорода, а также сообществам других водоемов схожего типа в Астраханской области. Сезонные изменения сообществ зоопланктона были выражены слабее, чем зообентоса. Доминирование ветвистоусых раков по численности и биомассе наблюдалось в оба сезона, а наиболее характерные таксоны, были одинаковы в июле и сентябре. Различия состава зоопланктона между прудами были выражены слабо. Достоверно от других отличался планктон только одного из прудов.

Благодарности

Авторы благодарны за помощь в организации и проведении работ сотрудникам Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» к.б.н. О.В. Пятикоповой, Р.Р. Тангатаровой и Б.М. Анкешевой, а также к.б.н. Е.С. Чертопруд (ЦИ ФГБНУ «ВНИРО») за консультации по определению планктона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошко А.В., Крючков В.Н. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010. – № 2. – С. 51-54.
2. Выращивание австралийского красноклешневого рака в циркуляционной установке / А.В. Жигин, Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, Д.С. Загорская и др. // Рыбное хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 61-65.
3. Шокашева Д.И. Специфика многолетней domestikации австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в условиях западной части Российской Федерации // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 194. – С. 188–192.
4. Masser M.P., Rouse D.B. Australian Red Claw Crayfish // SRAC Publication. – 1997. – №. 244. – P. 1-8.
5. Growth Characteristics of the Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus*, Cultured in an Indoor Recirculating System / A. Rodríguez-Canto, J.L. Arredondo-Figueroa, J.T. Ponce-Palafox, D.B. Rouse // Journal of Applied Aquaculture. – Vol. 12. – № 3. – P. 59-64.
6. Loya-Javellana G.N., Fielder D.R., Thomea M.J. Food choice by free-living stages of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae: Decapoda) // Aquaculture. – 1993. – Vol. 118. – P. 299-308.
7. Food utilisation and digestive ability of aquatic and semi-terrestrial craywshes, *Cherax destruc-*

tor and *Engaeus sericatus* (Astacidae, Parastacidae) / S.M. Linton, B.J. Allardyce, W. Hagen, P. Wencke et al. // Journal of Comparative Physiology. – 2009. – Vol. 179. – № 4. – P. 493-507.

8. Giling D., Reich P., Thompson R.M. Loss of riparian vegetation alters the ecosystem role of a freshwater crayfish (*Cherax destructor*) in an Australian intermittent lowland stream // Journal of the North American Benthological Society. – 2009. – Vol. 28. – № 3. – P. 626-637.

9. Joyce M.K., Pirozzi I. Using stable isotope analysis to determine the contribution of naturally occurring pond biota and supplementary feed to the diet of farmed Australian freshwater crayfish, red-claw (*Cherax quadricarinatus*) // International Aquatic Research. – 2015. – Vol. 8. – № 1. – P. 1-13.

10. The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kari-
ba, inferred using stomach content and stable isotope analyses / L.T. Marufu, T. Dalu, P. Crispen, M. Barson et al. // BioInvasions Records. – 2018. – Vol. 7. – № 2. – P. 121-132.

11. Trophic niche of an invasive generalist consumer: Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in the Inkomati River Basin, South Africa / T.A. Zengeya, R.J.-H. Lombard, V.E. Nelwamondo, A.L. Nunes et al. // Austral Ecology. – 2022. – Vol. 47. – P. 1480-1494.

12. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. (Под ред. В.А. Абакумова). – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.

13. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т. – М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2010. – Т.1: Зоопланктон. – 495 с.

14. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т. – М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2016. – Т. 2: Зообентос. – 457 с.

15. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т. – Санкт-Петербург: Наука, 1997. – Т. 3: Паукообразные и низшие насекомые. – 439 с.

16. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т. – Санкт-Петербург: Наука, 1999. – Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые. – 997 с.

17. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – Т. 5: Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые). – 825 с.

18. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edition / K.R. Clarke, R.N. Gorley, P.J. Somerfield, R.M. Warwick. Plymouth: PRIMER-E, 2004.

19. Чертопруд М.В. Основные классы реофильных сообществ макробеспозвоночных и их региональная изменчивость в Евразии // Биология внутренних вод. – 2021. – № 5. – С. 481-500.

20. Головатюк Л.В., Попченко Т.В. Макрозообентос малых рек Сыртового Заволжья в условиях летней межени // Материалы международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек», 15-19 октября 2018. – Тольятти, 2018. – С. 71-73.

21. Wellborn G.A., Skelly D.K., Werner E.E. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1996. – Vol. 27. – P. 337-363.

22. The large invertebrate-small invertebrate fauna of several south Louisiana crawfish ponds with emphasis on predacious arthropods / J.E. Barr, J.V. Huner, D.P. Klarberg, J. Witzig // Proceedings of the annual meeting - World Mariculture Society. – 1978. – Vol. 9. – P. 683-698.

23. Huner J. V., Naqvi S. Invertebrate faunas and crawfish food habits in Louisiana crawfish ponds // Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies. – 1986. – Vol. 38. – P. 395-406.

24. Hanson J.M., Chambers P.A., Prepas E.E. Selective foraging by the crayfish *Orconectes virilis* and its impact on macroinvertebrates // Freshwater Biology. – 1990. – Vol. 24. – P. 69-80.

25. Alcorlo P., Geiger W., Otero M. Feeding preferences and food selection of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in habitats differing in food item diversity // Crustaceana. – 2004. – Vol. 77. – № 4. – P. 435-453.

26. Kreps T.A., Baldridge A.K., Lodge D.M. The impact of an invasive predator (*Orconectes rusticus*) on freshwater snail communities: insights on habitat-specific effects from a multilake long-term study // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2012. – Vol. 69. – № 7. – P. 1164-1173.

27. Momot W.T. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems // Reviews in Fisheries Science. – 1995. – Vol. 3. – № 1. – P. 33-63.

28. Gherardi F., Acquistapace P., Santini G. Food selection in freshwater omnivores: a case study of crayfish *Austropotamobius pallipes* // Archiv fur Hydrobiologie. – 2004. – Vol. 159. – № 3. – P. 357-376.
29. Кислородный режим водохранилищ Волги и Камы в период потепления климата: последствия для зоопланктона и зообентоса / В.И. Лазарева, И.Э. Степанова, А.И. Цветков, Е.Г. Пряничникова и др. // Труды ИБВВ РАН. – 2018. – Вып. 81. – № 84. – С. 47-84.
30. Фархан Я.Х., Анохина А.З., Судакова Н.В. Сравнительная оценка состояния естественной кормовой базы в прудах в условиях применения органической аквакультуры КФХ «БАМ» // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2022. – № 2. – С. 152-158.
31. Бегманова А.Б., Сакетова К.Ш., Мищенко А.В. 2016. Выращивание сеголеток сазана в поликультуре в условиях Астраханской области // Вестн. АТГУ. Серия: Рыбное хозяйство – 2016. – № 3. – С. 54-63.
32. Metacommunity ecology meets biogeography: effects of geographical region, spatial dynamics and environmental filtering on community structure in aquatic organisms / J. Heino, J. Soininen, J. Alahuhta, J. Lappalainen et al. 2016. // Oecologia. – 2015. – Vol. 183. – № 1. – P. 121-137.

COMMUNITIES OF ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS IN ARTIFICIAL POND FOR AUSTRALIAN RED CLAW CRYFISH CULTIVATION IN THE ASTRAKHAN REGION

¹Vorobjeva Lada Vladislavovna, Senior Specialist

²Borisov Rostislav Ruslanovich, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher

³Kovacheva Nikolina Petkova, Doctor of Biological Sciences,
Head of the Invertebrate Aquaculture Department

^{1,2,3}Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,
¹e-mail: vorobjeva.lada@yandex.ru; ²borisovrr@mail.ru; ³kovatcheva@vniro.ru

*A study of macrozoobenthos and zooplankton was carried out in ponds for cultivating the Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* on the territory of the scientific and experimental aquaculture complex "BIOS" (Astrakhan region). Samples were taken in July and August 2022. 69 taxa of macrozoobenthos and 20 taxa of zooplankton were identified. The abundance and biomass of invertebrates were calculated. Dominant groups and characteristic taxa for each pond and season have been identified. An assessment was made of the degree of variability of zooplankton and macrozoobenthos communities in accordance with the sampling season and belonging to the pond, as well as the degree of crayfish influence on zooplankton and macrozoobenthos of the grow-out ponds.*