



УДК 556.56:592

**ФАУНА И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА
ВЕРХОВЬЯ ХОПРА В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА****FAUNA AND STRUCTURE OF MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES
OF THE RIVER KHOPER UNDER RESERVE CONDITON****А.Е. Силина****A.E. Silina**Государственный заповедник «Белогорье», Россия, 309340,
Белгородская обл., пос. Борисовка, пер. Монастырский, 3

State Reserve «Belogorye», 3 Monastyrskiy Lane, Borisovka vil., Belgorod Region, 309340, Russia

E-mail: allasilina@list.ru

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований фауны и доминантно-информационной структуры донных сообществ макрозообентоса верховья Хопра. Исследования проведены на территории заповедника «Приволжская лесостепь» (Пензенская обл.). Пробы зообентоса отбирались в наиболее типичных местообитаниях в медиали и рипали реки дночерпателем. Типы донных сообществ выделялись по доминирующим группам, виды – по индексу плотности. Фаунистический список макрозообентоса включает 123 вида из 49 семейств. Приведены следующие характеристики макрозообентоса для отдельных систематических групп и видов: численность, биомасса, частота встречаемости и доля. Выявлены доминирующие группы (насекомые и моллюски) и виды для верховья Хопра (*Polypedilum scalaenum*, в меньшей мере – *Pisidium amnicum*, *P. inflatum*, *Cincinna ambigua*, *Leptocerus tineiformes* и *Potamophylax rotundipennis*), а также редкие виды для Донского бассейна (клещ *Hydrodroma torrenticola* и насекомые *Calopteryx virgo*, *Aphelocheirus aestivalis*, *Hydroglyphus geminus*, *Dasychelea gluchova* и *Macropeza albitarsis*). Кратко проанализирована сезонная динамика зообентоса. Описаны типы и виды донных сообществ, приведены показатели их разнообразия и устойчивости.

Abstract

The article presents the results of studies of the fauna and dominant information structure of the bottom communities of macrozoobenthos in the upper reaches of Kхoper. The research was conducted for the first time on the territory of the reserve "Privolzhskaya forest-steppe" (Penza region). Samples of zoobenthos were selected in the most typical habitats in the medial and ripal by the bottom scoop. Types of benthic communities were distinguished by dominant groups, species - by density index. The faunistic list of macrozoobenthos includes 123 species from 49 families. The characteristics of macrozoobenthos for individual systematic groups and species are given, – abundance, biomass, frequency of occurrence and fraction. The dominant groups (insects and mollusks) and species for the upper of Kхoper (*Polypedilum scalaenum*, to a lesser extent – *Pisidium amnicum*, *P. inflatum*, *Cincinna ambigua*, *Leptocerus tineiformes* and *Potamophylax rotundipennis*) and rare species for the Don basin (the mite *Hydrodroma torrenticola*, and the insects *Calopteryx virgo*, *Aphelocheirus aestivalis*, *Hydroglyphus geminus*, *Dasychelea gluchova* and *Macropeza albitarsis*). The seasonal dynamics of zoobenthos is briefly analyzed. The types and kinds of bottom communities are described, the indices of their diversity and stability are given.

Ключевые слова: макрозообентос, сообщество, численность, биомасса, информационное разнообразие, доминирование, устойчивость.

Keywords: macrozoobentos, community, abundance, biomass, information diversity, dominance, stability.



Введение

Водная макрофауна беспозвоночных верховья Хопра ранее не изучалась. Из гидробиологических работ известно исследование зоопланктона водотоков и бобровых прудов различных участков заповедника «Приволжская лесостепь», включающее и участок р. Хопер [Подшивалова, 2014]. Целью наших исследований было изучение макрозообентоса в наиболее типичных гидробиоценозах Хопра на участке «Островцовская лесостепь» заповедника «Приволжская лесостепь». Основными задачами были: изучение видового состава, выяснение роли значимых групп зообентоса, состав доминантно-субдоминантных комплексов видов, выявление основных информационных показателей и устойчивости донных сообществ Хопра.

Место проведения исследований

Исследования проводили на территории Пензенской области (Колышлейский административный район) ($52^{\circ}49' - 52^{\circ}50'$ с. ш. и $44^{\circ}23' - 44^{\circ}27'$ в. д.). Исследуемая территория входит в состав заповедного участка «Островцовская лесостепь» заповедника «Приволжская лесостепь» и его охранной зоны [Добролюбов и др., 2013].

Верховье реки Хопер обследовали на участке, расположенном в 1 км ниже устья р. Селемутка выше и ниже металлического автодорожного моста в окрестностях бывшей деревни Островцы (юго-восточная граница заповедного участка). Ширина реки на исследуемом участке длиной около 60 м составляла 8–12 м, глубина – преимущественно 0.2–0.4 м, местами до 1.0–1.4 м. Течение сильное. Вдоль берега распространены заросли ивняка, по берегу – осоковые ассоциации. В русле реки массово развиты рдесты (курчавый, прутьевидный), ежеголовник всплывающий, вдоль берега – болотник (водяная звездочка), элодея канадская, на течении у берега – берула прямая, по урезу воды в заводях – ряска маленькая. Пробы отбирали: 1) в медиали реки на сильном течении (ритраль [Чертопруд, 2011], псаммолитореофильный биоценоз [Жадин, 1940]); 2) в рипали у обрывистого (до 1.1 м) правого берега на песке среди мелких корешков ивы (потамаль, аргиллофитореофильный биоценоз) и в левобережной заросшей мелководной рипали (ритраль, пелопсаммофитореофильный биоценоз), а также в 30 м ниже по течению – на береговом склоне в левобережной рипали на илисто-песчаном грунте без растительности с древесным опадом на дне, с умеренным течением (потамаль, пелоаргиллофитореофильный биоценоз).

Методы исследований

Для изучения макрозообентоса в пунктах обследования трижды в течение вегетационного сезона (май, июль, сентябрь) проведен отбор гидробиологического материала в объеме 13 количественных и 10 качественных проб. Качественные сборы осуществляли вручную с водных растений и кошением водным сачком по донной поверхности, водным растениям, затонувшим веткам, а также с камней. Количественные пробы зообентоса собирали ковшовым дночерпателем Петерсена с площадью охвата дна $1/40 \text{ м}^2$: по 2 выемки грунта на каждую пробу. Для определения материала использовали определители серии ЗИН РАН «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» 1999–2006 гг. в 6 томах А.Н. Поповой [1953], В.И. Попченко [1988], Е.И. Лукина [1976], В.М. Глухой [1979], Chironomidae ... [1983] и др.

При анализе зообентоса рассчитывались показатели численности и биомассы на 1 м^2 по группам и видам, выделялись массовые и широко распространенные группы и виды по относительному обилию и частоте встречаемости. Сведения по пищевой специализации видов брались из монографии А.В. Монакова [1998] и ряда отдельных



специальных статей. Типы биоценозов выделялись по В.И. Жадину [1940], типы речных местообитаний – по М.В. Чертопруду [2011], типы сообществ – по доминирующей либо двум содоминирующим значимым группам. Для выявления видов сообществ проводилось ранжирование видов по индексу плотности p [Арабина и др., 1986], названия сообществ составлялись из двух доминирующих (либо доминант+субдоминант) видов, имеющих наибольший индекс плотности. Типы и виды сообществ выделялись с учетом данных, собранных в течение всего вегетационного сезона. При описании структуры сообществ применялись индексы Шеннона и их производные (показатель выровненности, концентрации численности и биомассы, устойчивости сообществ [Гиляров, 1969; Алимов, 2000]), а также энтропийный показатель фон Форстера и индекс видового разнообразия Маргалефа [Фон Ферстер, 1964; и др.]. Данные по пищевой специализации видов взяты из монографии А.В. Монакова [1988] и определителей.

Результаты исследований

В результате исследований в 2016 г. в р. Хопер было выявлено 89 видов беспозвоночных в живом состоянии, а с учетом раковин, домиков и других производных жизнедеятельности – 123 вида из 49 семейств. Обнаружено 7 значимых групп беспозвоночных (табл. 1). Олигохет выявлено 11 видов, пиявок – 5, моллюсков – 41 (14 видов двустворчатых и 27 – брюхоногих, в живом состоянии – лишь 12 видов), ракообразных – 1 вид, клещей – 2, насекомых – 63 вида из 9 отрядов и 27 семейств.

Таблица 1
Table 1

Представленность и обилие значимых групп зообентоса р. Хопер на территории заповедника «Приволжская лесостепь» (уч. «Островцовская лесостепь») в 2016 г.
Representation and abundans of significant groups of the zoobenthos on the territory of Reserve “Privolzhskaya Forest-steppe”

Группы	Показатели	р. Хопер
1	2	3
Олигохеты (Oligochaeta)	Число видов / семейств	11/3
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	32.34/6.65
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	1.659/9.55
	Частота встречаемости (%)	69.2
Пиявки (Hirudinea)	Число видов / семейств	5/3
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	10.78/2.21
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.054/0.31
	Частота встречаемости (%)	30.8
Моллюски (Mollusca)	Число видов / семейств	19 (41)
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	138.60/28.48
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	5.743/33.05
	Частота встречаемости (%)	84.6
Двустворчатые (Bivalvia)	Число видов / семейств	7 (13)
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	77.00/15.82
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	3.101/17.84
	Частота встречаемости (%)	76.9
Брюхоногие (Gastropoda)	Число видов / семейств	12 (28)
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	61.60/12.66
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	2.643/15.21
	Частота встречаемости (%)	76.9



Окончание табл. 1

1	2	3
Ракообразные (Crustacea)	Число видов / семейств	1/1
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	1.54/0.32
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.117/0.67
	Частота встречаемости (%)	7.7
Клещи (Acari)	Число видов / семейств	2/2
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	6.16/1.27
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	2.31/0.02
	Частота встречаемости (%)	7.7
Насекомые (Insecta)	Число видов / семейств	50 (62)/27
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	297.22/61.07
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	9.801/56.40
	Частота встречаемости (%)	100
Odonata	Число видов / семейств	3/2
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	32.40/6.65
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	6.125/35.25
	Частота встречаемости (%)	76.9
Plecoptera	Число видов / семейств	1/1
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	3.08/0.63
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.008/0.04
	Частота встречаемости (%)	15.4
Ephemeroptera	Число видов / семейств	3/2
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	4.62/0.95
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.009/0.05
	Частота встречаемости (%)	23.1
Megaloptera	Число видов / семейств	1/1
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	3.08/0.63
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.025/0.14
	Частота встречаемости (%)	15.4
Heteroptera	Число видов / семейств	1/1
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	7.70/1.58
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.128/0.74
	Частота встречаемости (%)	23.1
Coleoptera	Число видов / семейств	6/5
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	23.10/4.75
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.055/0.31
	Частота встречаемости (%)	38.5
Lepidoptera	Число видов / семейств	1/1
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	3.08/0.63
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.003/0.02
	Частота встречаемости (%)	7.7
Trichoptera	Число видов / семейств	7(19)/6(7)
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	67.76/13.92
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	2.731/15.72
	Частота встречаемости (%)	53.8
Diptera	Число видов / семейств	27(28)/8
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	152.46/31.33
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.718/4.13
	Частота встречаемости (%)	92.3
В т. ч. хирономиды (Chironomidae)	Число видов / подсемейств	16/2
	Численность, N (экз./м ²) / Доля N (%)	106.26/21.9
	Биомасса, B (г/м ²) / Доля B (%)	0.088/0.001
	Частота встречаемости (%)	84.6



Наиболее разнообразными семействами в исследуемых водотоках были хирономиды (16 видов), брюхоногие моллюски из сем. Valvatidae – 6 (8) видов и Lymnaeidae – 5 (9) видов.

Общая численная плотность (в таблице – численность) макрозообентоса составила 486.2 экз./м², биомасса – 17.4 г/м².

Максимальной численной плотностью обладают насекомые (61.1%), представленные преимущественно двукрылыми (31.3%). Значимой группой двукрылых были хирономиды, на долю которых приходится 21.9% общей численности зообентоса в пробах, и 69.7% – двукрылых. Второстепенной группой были моллюски, составившие 28.5% общей численной плотности зообентоса при незначительном преобладании обилия двустворчатых. Олигохеты составили лишь 6.7% численности организмов зообентоса в пробах. Минимальную долю составляли клещи и ракообразные, отмеченные единично.

Основу биомассы макрозообентоса р. Хопер формируют насекомые – 56.4%, второстепенной группой были моллюски, представленные в основном мелкими и средними формами (33.1%) при небольшом преобладании биомассы двустворчатых за счет видов семейства Pisidiidae. Менее значимы олигохеты, составившие 9.6% биомассы зообентоса реки. В лидирующей группе значительная часть биомассы формируется стрекозами и ручейниками – 35.3% и 15.7% общей биомассы соответственно (62.5% и 27.9% от биомассы насекомых). Доля хирономид здесь очень низка – менее 0.01%.

Амфибиотические насекомые, входящие в состав зообентоса реки, представлены 55-ю видами из 7-и отрядов, что составляет 87.3% от числа видов насекомых и 44.7% видового состава макрозообентоса. Их численность в пробах составила 266.4 экз./м², биомасса – 9.6 г/м². Доля их численной плотности по отношению к зообентосу исследуемого участка реки составила 54.8%, по отношению ко всем насекомым – 89.6%. Доля биомассы амфибионтов по отношению к насекомым составила 98.2%, по отношению к зообентосу – 55.4%.

Частота встречаемости различных сравниваемых групп составила: для моллюсков – 84.6%; для олигохет – 69.2%; для пиявок – 30.8%. Насекомые встречались во всех пробах. Среди отрядов насекомых чаще встречались стрекозы, клопы, ручейники и двукрылые. Чаще других видов отмечены стрекозы *Gomphus vulgatissimus* L., 1758 (69.2%), моллюски *Cincinna ambigua* (Westerlund, 1878) (46.2%), *Pisidium inflatum* (Moulfeld in Porro, 1838) (38.5%), мокрецы *Probezzia seminigra* (Panzer, 1798) (46.1%), хирономиды *Polypedilum scalaenum* и *Cladotanytarsus gr. mancus* № 4 (по 38.5%).

Максимальной была численность мелкого вида хирономид – *P. scalaenum* (Schrank, 1803) (49.3 экз./м² или 10.1%), менее многочисленными (по 4.1–6.3%) оказались моллюски средних и мелких форм *Pisidium amnicum* (O.F. Muller, 1774) (30.8 экз./м²) и *Pisidium inflatum* (24.6 экз./м²), а также *C. ambigua* (21.6 экз./м²), ручейники *Leptocerus tineiformes* Curtis, 1834 (20.0 экз./м²) и *Potamophylax rotundipennis* (Brauer, 1857) (23.1 экз./м²), вместе составившие 34.8% общей численности в пробах. Это свидетельствует об отсутствии супердоминирования видов, а также об относительной сукцессионной зрелости исследуемого участка Хопра по сравнению с зообентосом притока Хопра – р. Селемутка.

Доминирующим видом в биомассе зообентоса была стрекоза *G. vulgatissimus* (6.0 г/м²), менее значимы – ручейники *P. rotundipennis* (2.4 г/м²), двустворчатые *P. amnicum* (1.7 г/м²) и *P. inflatum* (1.2 г/м²), брюхоногие *Lymnaea ovata* (Draparnaud, 1805) (1.1 г/м²), а также олигохеты *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) (1.5 г/м²). Они составили 80.5% общей биомассы зообентоса.

К редким находкам можно отнести 6 видов членистоногих: клеща *Hydrodroma torrenticola* (Walter, 1908), известного на территории России только из Ярославской области и Карелии [Tuzovsky, 2015] (приводится впервые для бассейна Дона), стрекозу



Calopteryx virgo L., 1758, включенную во многие региональные Красные книги России, в том числе и на территории Донского бассейна (Красная книга Воронежской области [priroda36.ru/redbook/redbook-2.html] и Красная книга Липецкой области [2006]), а также Пензенской области [Красная книга Пензенской области, 2005] (в Колышлейском районе ранее вид не регистрировался); встречающиеся в водоемах донского бассейна реофильные виды клопов *Aphelocheirus aestivalis* (Fabricius, 1794) [Красная книга Белгородской области, 2005; Силина, Прокин, 2011]; жука *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792) [Прокин, 2005]; редко встречающиеся в европейской части России виды мокрецов *Dasychelea gluchova* [Brodskaya, 1996; Силина, 2005] и *Macropseza albitarsis* Meigen, 1818 [Силина, 2004, 2014 (как *Jenkinshelea* sp.; Прокин, Дубов, 2012; Крылов и др., 2010; Чертопруд, 2011)].

В течение вегетационного периода видовое разнообразие макрозообентоса было наибольшим в летний период (46 видов), будучи почти равнозначным в весенний и осенний периоды (35 и 37 видов, соответственно). При этом видовое разнообразие амфибиотических насекомых также было максимальным в июле (23 вида). Минимум, отмеченный в сентябре (15 видов), обусловлен основным либо вторым периодом вылета имаго ручейников, поденок и мелких форм хирономид во второй половине лета и начале сентября. Общая численность зообентоса в пробах постепенно возрастала от мая к сентябрю от 420 до 545 экз./м², без выраженных пиков. Биомасса развивалась сходным образом, будучи минимальной весной – 16.4 г/м², возрастая летом до 20.1 г/м² и оставаясь осенью почти на том же уровне – 19.2 г/м².

При анализе доминантно-информационной структуры донных сообществ в исследуемых пунктах были выявлены три типа сообществ: инсектарный (в медиали и у обрывистого правобережья) и в левобережной рипали – два смешанных: моллюсочно-инсектарный (на заросшем мелководье) и инсектарно-моллюсочный (на береговом скосе ниже моста). Виды сообществ были различны во всех пунктах, однако общей чертой речных сообществ Хопра было включение в доминантный комплекс (в качестве первого либо второго доминанта) крупного хищного вида – стрекозы *G. vulgatissimus* (табл. 2). Лишь у обрывистого правобережья его статус по индексу плотности снижен до уровня субдоминантов (при высоком его значении) за счет массового развития здесь крупных ручейников-детритофагов рода *Potamophylax*. Кроме вышеупомянутых видов, доминантные комплексы слагают: в медиали – реофильный всеядный ручейник-цедитель *Hydropsyche pellucidula* (Curtis, 1834), в левобережье – фильтраторы+собиратели-горошинки (двустворчатые средних по размеру форм) из рода *Pisidium*, на мелководье – *P. amnicum*, на береговом скосе – близкий ему *P. inflatum*.

Таблица 2

Table 2

Доминантно-информационная структура макрозообентоса верховья р. Хопер в 2016 г.

Dominance-information structure of the macrozoobenthos of the Upper Koper in 2016

Пункты	Медиаля	Правобережье выше моста	Левобережье выше моста	Левобережье ниже моста
1	2	3	4	5
Тип биоценоза	псаммолито- реофильный	аргиллофито- реофильный	пелопсам- мофито- реофильный	пелоаргиллофито- реофильный
Тип сообщества	инсектарный	инсектарный	моллюсочно- инсектарный	инсектарно- моллюсочный
Вид сообщества	<i>G. vulgatissimus</i> + <i>H. pellucidula</i>	<i>P. rotundipennis</i> + <i>G. vulgatissimus</i>	<i>P. amnicum</i> + <i>G. vulgatissimus</i>	<i>G. vulgatissimus</i> + <i>P. inflatum</i>



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Виды-субдоминанты (<i>p</i>)	<i>C. ambigua</i> , <i>A. aestivalis</i> , <i>L. fontinalis</i> , <i>L. ovata</i>	<i>E. tetraedra</i> , <i>P. inflatum</i> , <i>P. amnicum</i> , <i>L. tumida</i>	<i>L. ovata</i> , <i>P. inflatum</i> , <i>C. caecutiens</i>	<i>C. ambigua</i>
Число семейств	19 (27)	21 (25)	25 (29)	11 (21)
Число видов	31 (51)	30 (45)	43 (56)	19 (45)
Численность, экз./м ²	453.33	473.33	800	266.67
Биомасса, г/м ²	12.91	22.58	29.44	9.28
Индекс Шеннона ($H \pm m_n$), бит/экз.	4.59±0.06	4.29±0.07	4.54±0.06	3.88±0.07
$H_{\max} - H_{\min}$	4.95–0.68	4.91–0.59	5.43–0.58	4.25–0.64
Выровненность, <i>V</i>	0.92	0.86	0.82	0.90
Индекс доминирования Симпсона, C_q	0.05	0.08	0.07	0.08
Индекс доминирования Симпсона, C_6	0.34	0.29	0.18	0.47
Индекс видового разнообразия Маргалефа, α	4.92	4.65	6.28	3.22
Индекс устойчивости Алимова, <i>A</i>	0.64	0.53	0.62	0.40
Показатель энтропии фон Ферстера, <i>F</i>	0.07	0.13	0.16	0.09

Субдоминантные комплексы видов заметно различаются между собой. В медиали это речные реофильные виды – хищный клоп *A. aestivalis*, брюхоногие – фильтратор+собиратель *C. ambigua*, всеядный *Lymnaea fontinalis* (Studer, 1820) и также всеядный эврибионт *Lymnaea ovata* (Draparnaud, 1805). В правобережье субдоминантный комплекс также богат и, кроме стрекоз, включает 2 вида из рода *Pisidium*: прудовика *Lymnaea tumida* (Heeld, 1836) и водного дождевого червя, обычного по урезу воды, – *E. tetraedra*. В левобережье субдоминантные комплексы значительно различаются: в зарослевом биоценозе комплекс сформирован эврибионтным и реофильным видами моллюсков (*L. ovata* и *P. inflatum*), а также личинками слепней-сапрофагов, обитателей песчаных отмелей, *Chrysops caecutiens* (L., 1758), а на береговом скосе ниже моста – единственным видом вальватид *C. ambigua*.

Разнообразие сообществ различалось как на таксономическом уровне, так и на информационном. Число семейств беспозвоночных было минимальным на береговом скосе ниже моста (11 семейств), что обусловлено биотопическим своеобразием: береговой склон с резким перепадом глубин, глинистый грунт с заилением, отсутствие макрофитов, древесный опад, затенение. Выше моста наблюдался рост числа семейств от медиали к левобережной рипали. С учетом раковин и домиков число семейств во всех пунктах находилось в пределах 21–29, в той же последовательности роста. Видовое разнообразие было максимальным в левобережной заросшей рипали выше моста (43 вида), где наблюдались и максимальные показатели численности (800 экз./м²), биомассы (29.4 г/м²), информационного разнообразия (табл. 2). Показатели Маргалефа ($\alpha=6.3$) и потенциально возможного информационного разнообразия при данном наборе видов ($H_{\max}=5.4$) здесь превышают теоретически возможные для природных экосистем (эффект экотона либо энергетической дотации). Для сообщества берегового скоса ниже моста характерны минимальное видовое разнообразие по абсолютному и информационному показателям, минимальные



численность (266.7 экз./м²) и биомасса (9.3 г/м²), однако индекс Шеннона все же превышает уровень оптимального минимума в 3.0 бит/экз. Сообщества имеют высокие показатели выровненности и устойчивости при низкой энтропии, концентрации доминирования по численности и умеренном доминировании биомассы. В целом, речные сообщества можно охарактеризовать как высокоразнообразные, информационно насыщенные, но не избыточные, высокоустойчивые, с оптимально сбалансированной структурой.

Заключение

В результате исследований макрозообентоса верховья Хопра на границе заповедника «Приволжская лесостепь» (уч. «Островцовская лесостепь») выявлено 123 вида беспозвоночных из 49 семейств. Наиболее разнообразны насекомые (63 вида) и моллюски (41 вид).

Общая численность макрозообентоса составила 486.2 экз./м², биомасса – 17.4 г/м². Лидировали группы насекомых (61.1% численности и 56.4% биомассы зообентоса), второстепенное значение имели моллюски (28.5 % и 33.1%).

Доля амфибиотических насекомых составляет 44.7% видового состава макрозообентоса, 54.8% его численности и 55.4% его биомассы.

Наиболее широко распространенными видами макрозообентоса были *G. vulgatissimus*, *C. ambigua*, *P. inflatum*, *P. seminigra*, *P. scalaenum* и *Cladotanytarsus gr. mancus* № 4. Наиболее многочисленными являлись *P. scalaenum*, в меньшей мере – *P. amnicum*, *P. inflatum*, *C. ambigua*, *L. tineiformes* и *P. rotundipennis*. В биомассе лидировали *G. vulgatissimus*, *P. rotundipennis*, *P. amnicum*, *P. inflatum*, *L. ovata*, *E. tetraedra*.

Редкими для бассейна Дона были клещ *Hydrodroma torrenticola* и насекомые *Calopteryx virgo*, *Aphelocheirus aestivalis*, *Hydroglyphus geminus*, *Dasychelea gluchov*, *Macropseza albitarsis*.

В течение вегетационного периода наблюдался летний пик разнообразия, численности и биомассы амфибиотических насекомых и зообентоса в целом.

Выявлены три типа и 4 вида донных сообществ, среди которых максимальные показатели разнообразия, численности и биомассы характерны для мелководной заросшей рипали (моллюсочно-инсектарное сообщество *P. amnicum* + *G. vulgatissimus*). По показателям доминантно-информационной структуры речные сообщества верховья Хопра в условиях заповедного режима можно охарактеризовать как высокоразнообразные, информационно насыщенные и устойчивые, с оптимально сбалансированной структурой.

Благодарности

Проверка правильности определения трудно идентифицируемых видов жуков и клопов проведена А.А. Прокиным, клещей – П.В. Тузовским (ИБВВ), короткоусых и типулоидных двукрылых – М.Г. Кривошеиной (ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцева), кровососущих двукрылых – И.А. Будаевой (ВГУ). Автор приносит глубокую благодарность этим специалистам за помощь в работе.

Большую помощь в осуществлении работы оказали руководство и сотрудники заповедника «Приволжская лесостепь» А.Н. Добролюбов, В.Ю. Дергунов, сотрудники ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцева Л.А. Неймарк, И.В. Башинский и Саратовского государственного университета им. Чернышевского А.А. Оськина. Автор очень признательна и благодарна за оказанную помощь.



Работа поддержана грантом РФФИ № 16-04-01248 «Роль бесхвостых амфибий и амфибиотических насекомых в формировании потока вещества и энергии между водными и наземными экосистемами в поймах рек».

Список литературы

References

1. Алимов А.Ф. 2000. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб., 147.
Alimov A.F. 2001. Elementy teorii funkcionirovanija vodnyh jekosistem. [Elements of aquatic ecosystem function theory]. Saint-Petersburg, 147 (in Russian with English summary)
2. Арабина И.П., Савицкий Б.П., Рыдний С.А. 1988. Бентос мелиоративных каналов Полесья. Минск, 40.
Arabina I.P., Savickij B.P., Rydney S.A. 1988. Bentos meliorativnyh kanalov Poles'ja [Benthos of the meliorative chanals in Polesye]. Minsk, 40. (in Russian)
3. Гиляров А.М. 1969. Индекс разнообразия и экологическая сукцессия. *Журнал общей биологии*, XXX (6): 652–657.
Gilyarov A.M. 1969. Index of diversity and ecological succession. *Biology Bulletin Reviews*, XXX (6): 652–657. (in Russian with English abstract)
4. Глухова В.М. 1979. Личинки мокрецов подсемейств Palpomyiinae и Ceratopogoninae Фауны СССР (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae). Л., 231.
Gluhova V.M. 1979. Lichinki mokrecov podsemejstv Palpomyiinae i Ceratopogoninae Fauny SSSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae) [Larvae of biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the fauna of the USSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae)]. Leningrad, 231. (in Russian)
5. Добролюбов А.Н., Лебяжинская И.П., Кудрявцев А.Ю., Горбушина Т.В., Добролюбова Т.В., Осипов В.В. 2013. Труды Госзаповедника «Приволжская лесостепь». Т. 4. Государственный природный заповедник «Приволжская лесостепь»: физико-географическая характеристика и биологическое разнообразие природных комплексов. Пенза, 70.
Dobrolyubov A.N., Lebyazhinskaya I.P., Kudryavtsev A.Yu., Gorbushina T.V., Dobrolyubova T.V., Osipov V.V. 2013. Trudy Goszapovednika "Privolzhskaja lesostep". T. 4. Gosudarstvennyj prirodnyj zapovednik "Privolzhskaja lesostep": fiziko-geograficheskaja harakteristika i biologicheskoe raznoobrazie prirodnyh kompleksov [Proceedings of State Reserve "Privolzhskaya forest-steppe". T. 4. State natural reserve "Privolzhskaya forest-steppe: physico-geographical characteristic and biological diversity of natural complexes"]. Penza, 70. (in Russian)
6. Жадин В.И. 1940. Фауна рек и водохранилищ. В кн.: Труды Зоологического института АН СССР. Т. V (3-4). М.-Л.: 519–919.
Zhadin V.I. 1940. Fauna of rivers and reservoirs. In: Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR. [Proceeding of the Zoological Institute, USSR Academy of Sciences]. T. V (3–4). Moscow-Leningrad: 519–919. (in Russian)
7. Красная книга Воронежской области. Т. 2. Животные. URL: <http://priroda36.ru/redbook/redbook-2.html>.
Krasnaja kniga Voronezhskoj oblasti. T. 2. Zhivotnye [The Red Book of the Voronezh Region. T. 2. Animals]. Available at: <http://priroda36.ru/redbook/redbook-2.html>. (in Russian)
8. Красная книга Липецкой области. 2006. Т. 2. Животные. Воронеж, 256.
Krasnaja kniga Lipeckoj oblasti. 2006. T. 2. Zhivotnye. [Red book of the Lipetsk Region. T. 2. Animals]. Voronezh, 256. (in Russian)
9. Красная книга Пензенской области. 2005. Т. 2. Беспозвоночные животные. Пенза, 205.
Krasnaja kniga Penzenskoj oblasti. 2005. T. 2. Bespozvonochnye zhivotnye. [Red book of the Penza Region. T. 2. Invertebrate animals]. Penza, 205. (in Russian)
10. Крылов А.В., Прокин А.А., Хлызова Н.Ю., Болотов С.Э., Петрухин Ю.К. 2010. Зарастание, зоопланктон и макрозообентос низовьев притоков Дона и Хопра и зон смешения их вод (Воронежская область). В кн.: Экология и морфология беспозвоночных континентальных водоемов. Сборник научных работ. Махачкала: 203–244.
Krylov A.V., Prokin A.A., Hlyzova N.JU., Bolotov S.JE., Petruhin Ju.K. 2010. Overgrowing, zooplankton and macrozoobenthos of downstreams the tributaries of the rivers Don and Khoper and



zones of mixing of their waters (Voronezh Region). *In: Ekologija i morfologija bespozvonocnyh kontinental'nyh vodoemov* [Ecology and morphology of invertebrates of continental bodies]. Book of scientific works. Makhachkala: 203–244. (in Russian)

11. Лукин Е.И. 1976. Фауна СССР. Пиявки. Т. 1. Пиявки пресных и солоноватых водоёмов. Л., 484.

Lukin E.I. 1976. Fauna SSSR. Pijavki. T. 1. Pijavki presnyh i solonovatyh vodojomov [Fauna of the USSR. Leeches. Vol. 1. Leeches of fresh and brackish water bodies]. Leningrad, 484. (in Russian)

12. Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных – М., 320.

Monakov A.V. 1998. Pitanie presnovodnyh bespozvonocnyh [Feeding of freshwater invertebrates]. Moscow, 320. (in Russian with English summary)

13. Подшивалина В.Н. 2014. Структура сообществ зоопланктона заселенных бобром (*Castor fiber*) степных рек государственного природного заповедника «Приволжская лесостепь» (Пензенская область) по окончании весеннего паводка. *В кн.: Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана. Материалы лекций II-й Всероссийской школы-конференции. Т. II. Ярославль: 317–320.*

Podshivalina V.N. 2014. The structure of zooplankton communities in steppe rivers, inhabited by beaver (*Castor fiber*), of the state nature reserve “Privolzhskaya forest-steppe” (Penza Region) at the end of spring flood. *In: Ekosistemy malyh rek: bioraz-noobrazie, jekologija, ohrana* [Ecosystems of small rivers: biodiversity, ecology, protection]. Materials and lectures of the II-nd All-Russian School-Conference. T. II. Yaroslavl: 317–320. (in Russian)

14. Попова А.Н. 1953. Личинки стрекоз фауны СССР (Odonata). М.–Л., 236.

Popova A.N. 1953. Lichinki strekoz fauny SSSR (Odonata) [Larvae of dragonflies of the USSR fauna (Odonata). Moscow–Leningrad, 236. (in Russian)

15. Попченко В.И. 1988. Водные малощетинковые черви Севера Европы. Л., 287.

Popchenko V.I. 1988. Vodnye malowetinkovye chervi Severa Evropy [Water Oligochaeta of the North of Europe]. Leningrad, 287. (in Russian)

16. Прокин А.А. 2005. Попытка биоиндикации состояния водных экосистем в южных районах Воронежской области по составу и структуре фауны водных насекомых (Coleoptera; Heteroptera). *В кн.: Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. Труды биологического учебно-научного центра ВГУ «Веневитиново». Вып. 19. Воронеж: 98–111.*

Prokin A.A. 2005. Attempt of bioindication of water ecosystems condition in the southern part of the Voronezh Province on the base of structure of water insects fauna (Coleoptera; Heteroptera). *In: Sostojanie i problemy jekosistem srednerusskoj lesostepi* [Condition and problems of ecosystems of the Middle Russian forest-steppe]. Proceedings of the Biological Research and Educational Center “Venevitinovo” of the Voronezh State University. Vol. 19. Voronezh: 98–111. (in Russian)

17. Прокин А.А., Дубов П.Г. 2012. Фауна и структурно-функциональная характеристика сообществ водных макробеспозвоночных агрегаций рясковых (Lemnaceae) водоемов юго-западной части Усманского бора. *В кн.: Труды Воронежского государственного заповедника. Вып. 27. Воронеж: 103–126.*

Prokin A.A., Dubov P.G. 2012. Fauna and structural-functional characteristic of water macroinvertebrates communities in duck-weed aggregations (Lemnaceae) in water bodies of the south-western part of the Usmans pine-forest. *In: Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednica* [Proceedings of the Voronezh State Reserve]. Vol. 27. Voronezh: 103–126. (in Russian)

18. Силина А.Е. 2004. Состояние донных биоценозов р. Дон в зоне влияния Нововоронежской АЭС по данным 2003 г. *В кн.: Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. Труды биологического учебно-научного центра ВГУ «Веневитиново». Вып. 17. Воронеж: 103–122.*

Silina A.E. 2004. The state of the bottom biocenoses of the river Don in the zone of influence of the Novovoronezh HPP according to 2003 data. *In: Sostojanie i problemy jekosistem srednerusskoj lesostepi* [Condition and problems of ecosystems of the Middle Russian forest-steppe]. Proceedings of the Biological Research and Educational Center “Venevitinovo” of the Voronezh State University. Vol. 19. Voronezh: 103–122. (in Russian)



19. Силина А.Е. 2005. Фауна водных макробеспозвоночных водоемов юга Воронежской области. *В кн.*: Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. Труды биологического учебно-научного центра ВГУ «Веневитиново». Вып. 19. Воронеж: 112–128.

Silina A.E. 2005. The fauna of water macroinvertebrates in the south of the Voronezh Region. *In: Sostojanie i problemy jekosistem srednerusskoj lesostepi* [Condition and problems of ecosystems of the Middle Russian forest-steppe]. Proceedings of the Biological Research and Educational Center “Venevitinovo” of the Voronezh State University. Vol. 19. Voronezh: 112–128. (in Russian)

20. Силина А.Е. 2014. К изучению макрозообентоса реки Хопер и придаточных водоемов в границах Хоперского заповедника. *В кн.*: Труды Хоперского госзаповедника. Вып. IX. Воронеж: 234–264.

Silina A.E. 2014. To the study of the macrozoobenthos of the Khoper River and the additional reservoirs within the borders of the Khopersky Reserve. *In: Trudy Hoperskogo goszapovednika* [Proceedings of the Khopersky State Reserve]. Vol. 9. Voronezh: 234–264. (in Russian)

21. Силина А.Е. Прокин А.А. 2011. Водные насекомые (Insecta: Heteroptera, Coleoptera) Природного парка «Ровеньский». *В кн.*: Изучение и сохранение естественных ландшафтов. Сборник статей Международной научно-практической конференции. М.: 65–73.

Silina A.E. Prokin A.A. 2011. Water insects (Insecta: Heteroptera, Coleoptera) of the Natural Park “Roven’skiy”. *In: Izuchenie i sohranenie estestvennyh landshaftov* [Study and preservation of natural landscapes]. Book of materials of International scientific-practical conference. Moscow: 65–73. (in Russian)

22. Труды Госзаповедника «Приволжская лесостепь». 2012. Т. 2. Биологическое разнообразие и динамика природных процессов в заповеднике «Приволжская лесостепь». Островцовская лесостепь. Пенза, 255.

Trudy Goszapovednika “Privolzhskaja lesostep”. 2012. T. 2. Biologicheskoe raznoobrazie i dinamika prirodnyh processov v zapovednike “Privolzhskaja lesostep”. Ostrovcovskaja lesostep’ [Proceedings of the State Reserve “Privolzhskaya forest-steppe”. T. 2. Biological diversity and dynamics of natural processes in the reserve “Privolzhskaya forest-steppe”. Ostrovtsovskaya forest-steppe]. Penza, 255. (in Russian)

23. Фон Ферстер Г.О. 1964. О самоорганизующихся системах и их окружении. *В кн.*: Самоорганизующиеся системы. М.: 113–139.

Von Ferster G.O. 1964. About self-organizing systems and their surroundings. *In: Samoorganizujushhiesja sistemy* [Self-organizing systems]. Moscow: 113–139. (in Russian)

24. Чертопруд М.В. 2011. Разнообразие и классификация реофильных сообществ макробентоса средней полосы европейской России. *Журнал общей биологии*, 72 (1): 51–73.

Chertoprud M.V. 2011. Diversity and classification of rheophilic communities of macrozoobenthos in middle latitudes of European Russia. *Biology Bulletin Reviews*, 72 (1): 51–73. (in Russian)

25. Шилова А.И. 1976. Хирономиды Рыбинского водохранилища. Л., 251.

Shilova A.I. 1976. Hironomidy Rybinskogo vodohraniliwa [Chironomids of the Rybinsk Reservoir]. Leningrad, 251. (in Russian)

26. Tuzovsky P.V. 2015. Water mites of the genus *Hydrodroma* Koch, 1837 (Acari: Hydrachnidia, Hydrodromidae) in Russia. *Acarina*, 23 (1): 25–39.

27. Wiederholm T. (ed.) 1983. Entomologist Scandinavica. Suppl. №19. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Vol. 1. Larvae. Lund, Sweden, 457.