

ЗООЛОГИЯ

УДК 574.5:591.524.11(282.043) (470.11)
DOI: 10.26456/vtbio183

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗООБЕНТОСА РЕКИ СОТКИ ПИНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)*

**С.Н. Артемьев¹, А.П. Новоселов¹, Н.В. Климовский¹,
Г.А. Дворянкин¹, О.С. Дурныкин²**

¹ФИЦ комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН,
Архангельск

²Государственный заповедник Пинежский, Пинега (Архангельская область)

В статье рассмотрен качественный состав (видовое и таксономическое разнообразие) и количественные показатели (встречаемость, численность и биомасса) зообентоса р. Сотка в пространственном аспекте. Выявлены участки реки с минимальной и максимальной численностью и биомассой. Определены доминирующие группы донных животных по численности (личинки хирономид и малощетинковые черви) и биомассе (двукрылые, олигохеты и двустворчатые моллюски). На основе кластерного анализа (по видовому сходству) станции отбора бентосных проб объединены в 2 группы. Качество вод оценено как условно чистое - слабо загрязненное. Проведенные исследования зообентоса в уникальной реке на территории заповедника Пинежский будут использованы при ведении комплексного мониторинга качества вод и биотической части ее экосистемы (фито- и зоопланктон, зообентос, ихтиофауна), включая и приточную систему.

Ключевые слова: *Пинежский заповедник, река Сотка, разнообразие зообентоса, качество воды.*

Введение. Государственный заповедник «Пинежский», созданный 20 августа 1974 г., является единственной особо охраняемой природной территорией (ООПТ), расположенной в таежной зоне Архангельской области в юго-восточной части Беломорско-Кулойского плато (северо-запад Русской равнины). Территория заповедника занимает более 50 000 га. Его особенностью является уникальный рельеф, образованный в результате развития карстовых процессов. Леса занимают около 90 % всей территории

* Исследование выполнено в рамках государственной темы ФНИР (№ 0332-2019-0001), № гос. регистрации – АААА-А19-119011690119-9.

заповедника. Водные экосистемы представлены реками, озерами, подземными водами и болотистыми участками. По его территории протекает семужье-нерестовая р. Сотка и расположено около 300 озер, различных по площади, морфометрии, происхождению и продуктивности.

Река Сотка является левобережным притоком р. Кулой и имеет длину водотока, равную 115 км. Впадает в нее на 235 км от устья. Площадь водосбора составляет 827 км². На нем расположено 264 озера общей площадью водного зеркала, равной 8,9 км². Сотка принимает в основное русло 44 притока общей протяженностью 106 км (Гидрологическая изученность..., 1965). Представляет собой наиболее характерную карстовую реку на территории Архангельской области (рис. 1А). Примерно 30 км она протекает в каньонообразной долине (Горная Сотка) с высотой бортов до 60 м. На своем течении прорезает уфимские красноцветы, сакмарские доломиты с прослоями гипсов и гипсовую толщу. До вступления в полосу открытых гипсов и после выхода за пределы Беломорско-Кулойского плато р. Сотка похожа на любую таежную реку с довольно низкими берегами, спокойным течением и древесными завалами (Ильина, Грахов, 1987).



А Б
Рис. 1. Река Сотка в ее верхнем (А) и нижнем (Б) течении

В пределах горного отрезка русло реки сужается до 45 м. Течение становится стремительным, с перекатами, сливами, порогами. Питание реки преимущественно подземными грунтовыми водами, в долине выявлено более 125 точек разгрузки карстовых вод. Они имеют высокую сульфатно-кальциевую минерализацию (до 1,8-2,2 г/л) и низкую температуру в пределах 2-4 °С. Температура воды в самой реке в летнюю межень понижается с 14-16 до 8-10 °С, при этом ее

минерализация повышается с 0,1-0,2 до 1,2-1,5 г/л. Максимальная высота весеннего паводка составляет 2,0-2,5 м (Малков, Шаврина, 2007).

На момент выхода последней монографии (Компоненты экосистем..., 2008) на территории заповедника были определены основные таксономические группы зоопланктонных, бентосных и дрейфовых сообществ водоемов заповедника. Организмы и сообщества зообентоса являются важнейшими объектами биологического мониторинга пресноводных водоемов (Количественные методы..., 2005). Они отвечают всем основным требованиям к группам животных - биологическим индикаторам, а именно: характеризуются повсеместной встречаемостью, достаточно крупными размерами, а также удобством сбора и обработки. Кроме того, организмы макрозообентоса сочетают в себе с одной стороны – малоподвижность и постоянство обитания в определенных биотопах, с другой – относительно долгий жизненный период для накопления в тканях и органах загрязняющих веществ. Поскольку зообентос является самой стабильной составляющей водных биоценозов, результаты исследования его качественных и количественных характеристик позволяют в целом судить о тенденциях развития исследуемых экосистем.

К сожалению, к настоящему времени на территории Пинежского заповедника, и в частности на акватории р. Сотка, зообентосные сообщества изучены в незначительной степени. Последние опубликованные научные данные по зообентосным сообществам этой реки выходили более 10 лет назад по данным 1997 г. (Студенова и др., 2008). Полученные нами результаты гидробиологических исследований представляют достаточный научный интерес, как с точки зрения изменения биологического разнообразия донных сообществ, так и использования донных организмов как кормовой базы для рыб (хариус, окунь и др.).

Методика. Отбор проб проводился в первой-второй декадах июля 2019 г. на участках Мирониха (ст. 1 и ст. 2), Красные горы (ст. 3), Моисеев Нос (ст. 4) и Филипповская (ст. 5) (рис. 2). Пробы отбирались с помощью дночерпателя Петерсена. Промывка собранных проб грунта проводилась через мельничный газ № 23. Отобранные организмы зообентоса фиксировались 4 %-м раствором формальдегида в пресной воде. Камеральная обработка собранного материала осуществлялась в лаборатории Института комплексных исследований Арктики ФИЦКИА РАН, в соответствии со стандартными методиками (Абакумов, 1992). Для таксономического определения организмов был использован стереоскопический микроскоп МБС-12, взвешивание каждой группы организмов проводилось на электронных весах «KERN

EW» с точностью до 0,001 г. В работе по определению донных животных использовались общепринятые идентификаторы (Определитель..., 2016; Чертопруд, 2011; Определитель..., 1977).

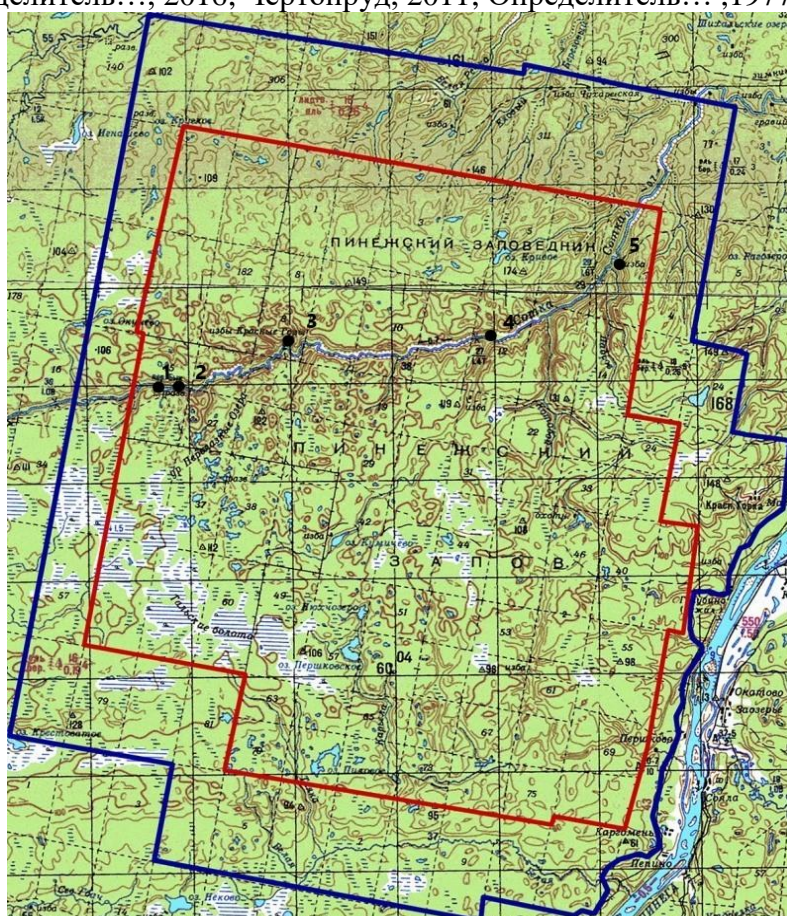


Рис. 2. Схема участков отбора проб

Математическая и статистическая обработка результатов выполнена с применением пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2013 и «ExStatR» для Windows.

Для выделения фаунистических комплексов проведен кластерный анализ методом Варда (Ward's method) с использованием коэффициента сходства Чекановского – Сьеренсена (Sørensen, 1948) в «ExStatR» - приложении поднастройки для совместного использования Microsoft Excel и программы статистической обработки «R» (Новаковский..., 2016):

$$m(R_i \cap R_k) = \frac{2m(R_i \cap R_k)}{m(R_i) + m(R_k)},$$

где R_i , R_k - число видов, обнаруженных в каждом из сравниваемых биоценозов.

Для расчета использовались следующие количественные показатели: биотический индекс Вудивисса BI (TBI), олигохетный индекс (ОИ), Biological Monitoring Working Party Index (BMWP), Average Score Per Taxon Index (ASPT), Izaak Walton League of America (IWLA) (Семенченко, 2004).

Также использовали показатель разнообразия Шеннона \bar{H} :

$$\bar{H} = -\sum P_i \log_2 P_i,$$

где p_i – отношение численности вида i к общему числу особей выборки N .

Индекс чувствителен как к числу видов, так и к неравномерности их количественной представленности в донном сообществе или пробе (Snannon, Weaver, 1949).

Оценка качества воды осуществлялась на основании руководящего документа по гидробиологическим показателям (макрозообентос) (РД 52.24.309-2016).

Результаты и обсуждение. По имеющимся в литературе сведениям, донные сообщества беспозвоночных р. Сотка представлены двумя биоценозами: псаммо- и литореофильным, характеризующимся более высоким видовым разнообразием. В начале 2000-х годов основу численности и биомассы составляли водные личинки насекомых, среди которых доминировали поденки (Ephemeroptera) и веснянки (Plecoptera). Численность донных организмов в период исследований варьировала в пределах от 2,9 до 9,4 тыс. экз./м², составляя в среднем 6,1 тыс. экз./м². Биомасса изменялась от 1,5 до 3,5 г/м², в среднем – 2,2 г/м². Для литореофильного биоценоза формирование повышенных численности и биомассы отмечалось на участках с максимальными скоростями течения и наибольшим разнообразием фракционного состава грунтов (Студенова и др., 2008).

По полученным нами в 2019 г. данным, на исследуемых створах р. Сотка, было обнаружено 26 таксонов донных беспозвоночных (организмы определены до видов и надвидовых таксонов) (табл. 1).

Таксономическое разнообразие варьировало от 5 до 9 (в среднем 7) таксонов на пробу. По частоте встречаемости в отобранных пробах доминировали комары-звонцы (семейство Chironomidae), отмеченные на всех обследованных станциях (100%), а также малощетинковые черви (класс Oligochaeta) и двустворчатые моллюски (класс Bivalvia) – на 80 % станций.

Таблица 1

Таксономический состав, численность и биомасса макрозообентоса
р. Сотка в 2019 г.

Таксономическая группа, вид	Станция 1, гл-бина 5,6м		Станция 2, гл-бина 3,5м		Станция 3, гл-бина 1,0м		Станция 4, гл-бина 1,0м		Станция 5, гл-бина 1,0м		Среднее	
	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²
Nematoda	0	0	0	0	0	0	199	0,085	0	0	40	0,02
<i>Nematoda</i>	0	0	0	0	0	0	199	0,085	0	0	40	0,02
<i>Nematoda</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	199	0,085	0	0	40	0,02
Annelida	57	0,028	85	0,085	1790	7,813	28	0,057	0	0	392	1,60
Oligochaeta	57	0,028	85	0,085	1733	6,477	28	0,057	0	0	381	1,33
<i>Oligochaeta</i> gen. sp.	0	0	85	0,085	0	0	0	0	0	0	17	0,02
<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	0	0	0	0	57	1,108	28	0,057	0	0	17	0,23
<i>Enchytraeidae</i> gen. sp.	57	0,028	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,01
<i>Naididae</i> gen. sp.	0	0	0	0	1676	5,369	0	0	0	0	335	1,07
Hirudinea	0	0	0	0	57	1,335	0	0	0	0	11	0,27
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	57	1,335	0	0	0	0	11	0,27
Arthropoda	540	0,455	113	3,097	482	5,455	2415	10,142	2612	6,307	1232	5,09
Crustacea	0	0	0	0	0	0	28	0,028	28	0,057	11	0,02
Isopoda	0	0	0	0	0	0	28	0,028	28	0,057	11	0,02
<i>Jaera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,057	6	0,01
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	28	0,028	0	0	6	0,01
Insecta	540	0,455	113	3,097	482	5,455	2387	10,114	2499	6,136	1204	5,05
Coleoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0,057	11	0,01
<i>Haliplidae</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0,057	11	0,01
Diptera	455	0,227	57	0,085	198	0,511	2330	10,057	2442	6,080	1096	3,39
Chironomidae	455	0,227	57	0,085	170	0,483	1080	0,597	1732	1,790	699	0,64
<i>Chironomidae</i> gen. sp.	455	0,227	57	0,085	170	0,483	1080	0,597	1732	1,790	699	0,64
<i>Dixidae</i>	0	0	0	0	0	0	483	4,858	426	3,864	182	1,74
<i>Dixidae</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	483	4,858	426	3,864	182	1,74
<i>Culicidea</i>	0	0	0	0	28	0,028	199	0,142	170	0,256	79	0,09
<i>Culicidea</i> gen. sp.	0	0	0	0	28	0,028	199	0,142	170	0,256	79	0,09
<i>Tipulidae</i>	0	0	0	0	0	0	568	4,460	0	0	114	0,89
<i>Tipulidae</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	568	4,460	0	0	114	0,89
<i>Simuliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	114	0,171	23	0,03
<i>Simuliidae</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	114	0,171	23	0,03
Trichoptera	85	0,227	28	2,415	28	0,057	0	0	0	0	28	0,54
<i>Beraeodes minutus</i> (Linnaeus, 1761)	0	0	28	2,415	0	0	0	0	0	0	6	0,48
<i>Limnephilidae</i> gen. sp.	57	0,142	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,03
<i>Sericostomatidae</i> gen. sp.	28	0,085	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,02
<i>Odontoceridae</i> gen. sp.	0	0	0	0	28	0,057	0	0	0	0	6	0,01
Plecoptera	0	0	0	0	0	0	57	0,057	0	0	11	0,01
<i>Plecoptera</i> gen. sp.	0	0	0	0	0	0	57	0,057	0	0	11	0,01
Ephemeroptera	0	0	0	0	256	4,886	0	0	0	0	51	0,98
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	0	0	0	0	256	4,886	0	0	0	0	51	0,98
Megaloptera	0	0	28	0,597	0	0	0	0	0	0	6	0,12
<i>Sialis lutaria</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	28	0,597	0	0	0	0	0	0	6	0,12
Aranei	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0,114	17	0,02
<i>Argyroneta aquatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,057	6	0,01

Таксономическая группа, вид	Станция 1, гл-бина 5,6м		Станция 2, гл-бина 3,5м		Станция 3, гл-бина 1,0м		Станция 4, гл-бина 1,0м		Станция 5, гл-бина 1,0м		Среднее	
	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²	N, экз/м ²	B, г/м ²
(Clerck, 1757)												
Arachnida gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0,057	11	0,01
Mollusca	28	0,028	170	0,114	85	0,057	682	5,171	28	0,085	199	1,09
<i>Bivalvia</i>	28	0,028	170	0,114	85	0,057	682	5,171	0	0	193	1,07
Sphaeriidae gen. sp.	28	0,028	170	0,114	85	0,057	0	0	0	0	57	0,04
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	682	5,171	0	0	136	1,03
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,085	6	0,02
<i>Planorbarius</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,085	6	0,02
Итого	625	0,511	368	3,295	2357	13,324	3324	15,455	2640	6,392	1863	7,80

Высокую встречаемость имели также личинки и куколки кровососущих комаров (класс Culicidea) и личинки ручейников (отряд Trichoptera) – на 60 % станций. Лишь на 40 % станций были отмечены равноногие (отряд Isopoda) и земноводные комары (личинки и куколки) (семейство Dixidae). Встречаемость остальных таксономических групп в период исследования была относительно невысока (табл. 2).

Таблица 2
Соотношение основных таксономических групп макрозообентоса на исследуемых станциях р. Сотка

Таксономическая группа, вид	Станция 1		Станция 2		Станция 3		Станция 4		Станция 5	
	N, %	B, %	N, %	B, %	N, %	B, %	N, %	B, %	N, %	B, %
<i>Nematoda</i>	-	-	-	-	-	-	6,0	0,6	-	-
<i>Oligochaeta</i>	9,1	5,6	23,1	2,6	73,5	48,6	0,8	0,4	-	-
<i>Hirudinea</i>	-	-	-	-	2,4	10,0	-	-	-	-
<i>Isopoda</i>	-	-	-	-	-	-	0,8	0,2	1,1	0,9
<i>Coleoptera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	0,9
<i>Chironomidae</i>	72,8	44,5	15,5	2,6	7,2	3,6	32,5	3,9	65,6	28,0
<i>Dixidae</i>	-	-	-	-	-	-	14,5	31,4	16,1	60,4
<i>Culicidea</i>	-	-	-	-	1,2	0,2	6,0	0,9	6,4	4,0
<i>Tipulidae</i>	-	-	-	-	-	-	17,1	28,9	-	-
<i>Simuliidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	2,7
<i>Trichoptera</i>	13,6	44,4	7,6	73,3	1,2	0,4	-	-	-	-
<i>Plecoptera</i>	-	-	-	-	-	-	1,7	0,4	-	-
<i>Ephemeroptera</i>	-	-	-	-	10,9	36,7	-	-	-	-
<i>Megaloptera</i>	-	-	7,6	18,1	-	-	-	-	-	-
<i>Aranei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	1,8
<i>Bivalvia</i>	4,5	5,6	46,2	3,4	3,6	0,4	20,5	33,5	-	-
<i>Gastropoda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

При оценке количественных параметров максимальные их значения были отмечены на наименьших глубинах (которые в точках отбора изменялись в пределах от 1,0 до 5,6 м). На участке Мирониха (ст. 1) как по численности, так и по биомассе преобладали личинки

хириноид (72,8 % по численности и 44,5 % по биомассе) и ручейников (13,6 % и 44,4 % соответственно). Также здесь были отмечены олигохеты и двустворчатые моллюски. Общая численность зообентоса на этой станции составила 625 экз./м² при наименьшей биомассе для исследуемого участка реки – 0,5113 г/м² (см. табл. 1,2). На участке Мирониха (ст. 2) по численности преобладали представители классов *Bivalvia* (46,2 %), *Oligochaeta* (23,1 %), семейства *Chironomidae* (15,5 %). Основной вклад в создание общей биомассы внесли личинки ручейников (73,3 %) и вислокрылок (18,1 %). На этой станции были отмечены минимальные значения численности (368 экз./м²) при биомассе 3,2954 г/м².

На участке Красные горы (ст. 3) основу численности и биомассы составили малощетинковые черви (73,5 % от всей численности и 48,6% от биомассы), 10,9 % от всей численности и 36,7 % от биомассы составили личинки поденок. Меньший вклад в формирование общей численности внесли хирономиды (7,2 %), а биомассы – пиявки (10,0 %). Донные сообщества участка Моисеев Нос (ст. 4) как по численности, так и по биомассе наполняли представители отряда двукрылых и двустворчатых моллюсков. На этом участке зафиксированы максимальные значения как по численности (3324 экз./м²), так и по биомассе (11,4545 г/м²). Основу численности и биомассы на участке реки в районе урочища Филипповская (ст. 5) слагали представители семейства *Chironomidae* (65,6 % по численности и 28,0 % по биомассе) и *Dixidae* (16,1 % и 60,4 % соответственно). Значения общей численности составили 2640 экз./м², при биомассе 6,392 г/м² (см. табл. 1, 2). Средние значения численности и биомассы для всего обследованного участка реки составили 1863 экз./м² и 7,795 г/м² соответственно.

В целом, на исследуемой акватории по численности доминировали личинки хирономид и малощетинковые черви, доля которых от общей численности составила 38 % и 20 % соответственно. В роли субдоминантных групп по численности выступали двустворчатые моллюски (10 %), личинки земноводных комаров (10 %), а также личинки комаров-долгоножек (6 %). Доля остального зообентоса была невелика (рис. 3).

Если рассматривать вклад отдельных таксонов в создании общей биомассы, то из данных, представленных на рисунке, видно, что в изученном районе в составе донной фауны доминировали личинки земноводных комаров. Их вклад в общую биомассу составил 22 %. На втором месте находились олигохеты с долей, равной 17 %. Двустворчатые моллюски, среди прочих, составили 14 % от общей биомассы, поденки – 13 %, комары-долгоножки – 11 %, хирономиды – 8 %. Определенный вклад в создание общей биомассы внесли также

личинки ручейников – 7 % и пиявок – 3 %. Доля прочих таксонов была невелика и не превышала 5 % (рис. 1).

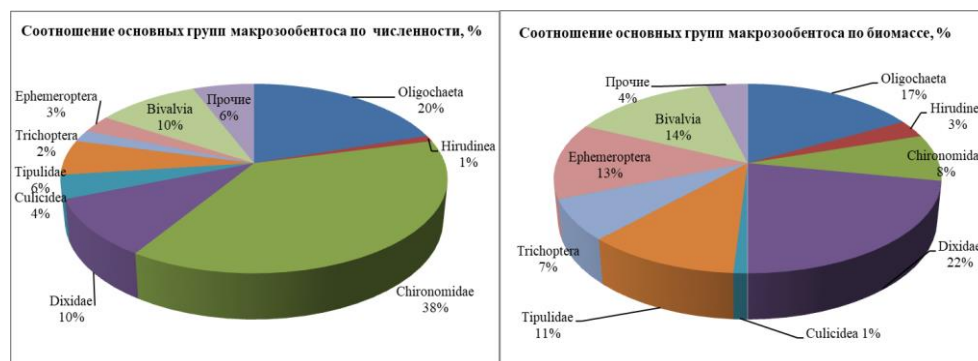


Рис. 3. Вклад основных групп макрозообентоса в формирование общей численности (N) и биомассы (B) в среднем по исследуемой акватории

Согласно иерархическому кластерному анализу на основе сходства видовых составов станций исследуемые участки реки объединены в 2 кластера: I – 1-2 станции и II – 3-5 станции. Средние численность и биомасса макрозообентоса для I кластера составили 497 экз./м² и 1,903 г/м² соответственно, для II кластера – соответственно 2774 экз./м² и 11,723 г/м².

Index: 'bray'. Binary: 'TRUE'. Agglomerative method: 'ward'

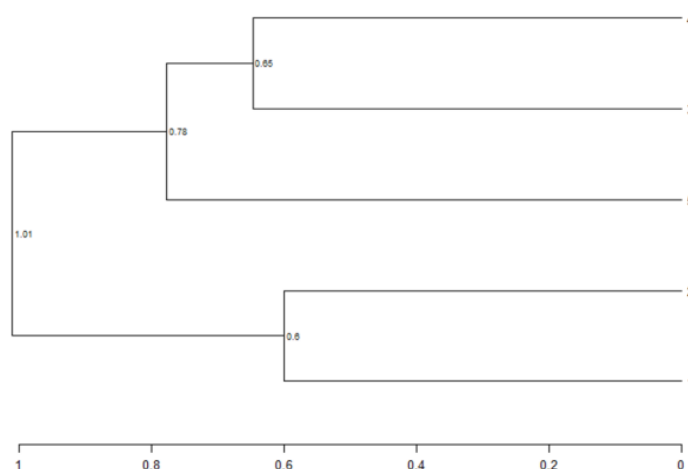


Рис. 4. Дендрограмма сходства фаун станций в районах исследуемого участка

Это может свидетельствовать о постепенной смене сообществ в пространственном аспекте, а именно – вниз по течению (рис. 4).

Также было проведено сравнение двух участков (Моисеев Нос и Филипповское), отбор которых производился в разные годы (1997 и

2019 гг.). На Филипповском участке по численности и биомассе в 1997 г. преобладали личинки поденок, в роли субдоминантов по численности выступали личинки хирономид, веснянок и мошек, по биомассе личинки ручейников.

В 2019 г. по численности преобладали личинки и куколки хирономид, субдоминантами были двукрылые, а также личинки мошек. Основу биомассы слагали двукрылые и хирономиды. Качественные характеристики основных групп донных животных за сравниваемые периоды сильно не изменились (полное таксономическое сравнение сделать невозможно из-за отсутствия данных). Количественные показатели (биомасса) в 1997 году была ниже более чем в 4 раза, а численность осталась на том же уровне (рис. 5).

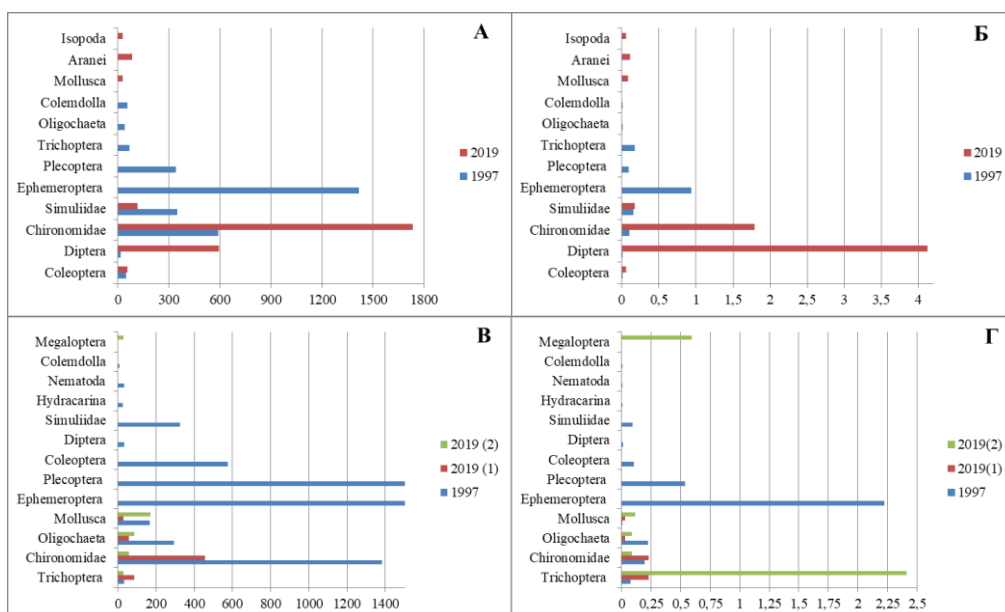


Рис. 5. Сравнение количественных характеристик Филипповского участка (А – значения численности, экз./м²; Б – биомассы, г/м²) и участка Моисеев Нос (В - значения численности, экз./м²; Г – биомассы, г/м²)

Основные группы зообентосных организмов на участке Моисеев Нос в сравниваемые периоды изменились достаточно сильно. По численности и по биомассе в 1997 г. преобладали личинки поденок, хирономид, веснянок. В 2019 г. по численности преобладали водные стадии развития хирономид, моллюски и олигохеты, а основу биомассы слагали личинки ручейников и вислокрылок. Значения численности в 1997 г. были на порядок выше показателей, полученных в 2019 г. Такие различия связаны, в первую очередь, с неодинаковым

расположением опробованных станций на исследуемом участке в разные годы, разными орудиями сбора, а также разными погодными условиями, в связи с чем прямое сопоставление данных на станциях не представляется возможным.

Для определения качества вод по составу зообентоса использовались основные индексы, пригодные для малых рек. На территории заповедника антропогенная нагрузка практически отсутствует, поэтому пробы отбирались примерно на равных расстояниях между собой. Значения биотического индекса Вудивисса (ВІ) варьировали в пределах от 4 до 7, составляя в среднем 5,20. Это соответствует II классу качества воды, а именно слабозагрязнённым водам. В свою очередь олигохетный индекс изменялся в достаточно высоких пределах – от 0 (станция 5) до 73,53 (станция 3), составляя в среднем - 21,32, что соответствует I классу качества вод, т.е. условно чистым водам (РД 52.24.309-2016) (табл. 3).

Таблица 3

Количественные показатели зообентоса на исследуемых станциях р. Сотка

Количественный показатель	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5	Среднее значение	Класс качества воды
S _{в пробе}	5	5	8	9	9	7	-
ВІ (ТВІ)	5	4	6	7	4	5,20	2 класс, слабозагрязненная вода
ОИ	9,12	23,10	73,53	0,84	0	21,32	I класс, условно чистая вода
ВМWP	23	20	35	32	30	28,00	невысокое качество воды
ASPT	4,6	4,0	4,4	3,6	3,3	4,0	посредственное
IWLA	7	10	13	16	13	11,8	посредственное, желтый цвет
ЕРТ	2	1	2	1	0	1,2	-
индекс Шеннона	1,37	1,99	1,56	2,54	2,76	2,04	-

Нами была проведена сравнительная оценка полученных показателей зообентоса как инструмента биологической индикации вод р. Сотка (Семенченко, 2004). Величины индекса ВМWP изменялись в пределах от 20 до 35, составляя в среднем 28, что соответствует невысокому качеству воды. Значения индекса ASPT в среднем составили 4,0, указывая на состояние качества воды реки Сотка как на посредственное. Также на посредственное качество воды в исследуемый период указывают значения индекса IWLA (при отборе проб вода была желтого цвета). Показатели индекса ЕРТ не имеют балльной градации по определению качества воды, но являются очень чувствительными к загрязнениям разного характера.

Средние значения этого показателя составили всего 1,2 на всем обследованном участке реки (табл. 3).

Руководствуясь РД 2016 года, который предлагает оценивать качество водотоков методами ВІ и ОІ (макрозообентос), воды р. Сотка относятся к І и ІІ классу качества вод. Опираясь же на значения других индексов (BMWP, ASPT, IWLA, EPT), качество вод может быть оценено, как среднее. В этом случае, невысокие значения индексов скорее всего связаны с высоким уровнем воды в реке, продолжительными осадками и повышенному поступлению в реку взвеси донных отложений ее притоками. Вопрос о том, может ли сокращение видового состава бентоса являться следствием сезонного повышения мутности воды (в рассматриваемом случае в период проведения исследований), является дискуссионным и продолжает оставаться открытым. При оценке собранных в 2019 г. данных, нами была принята система, основанная на РД, согласно которой качество вод р. Сотка на территории Пинежского государственного заповедника может быть отнесено к І-му и ІІ-му классам (условно чистые и слабо загрязненные воды). В то же время, нами планируется продолжение исследований по воздействию мутности воды в пресноводных водоемах (ее продолжительность и интенсивность) на донных животных.

Заключение. Видовой состав зообентоса р. Сотка достаточно широк и включает 26 таксонов донных беспозвоночных, таксономическое разнообразие варьирует в пределах от 5 до 9 (в среднем 7) таксонов на пробу. По частоте встречаемости в отобранном материале доминируют представители хирономид – на 100 % станций, а также олигохеты и двустворчатые моллюски (встречаемость на 80 % обследованных станций).

Результаты исследования выявили существенное различие в 2019 г. количественных показателей зообентоса на обследованной акватории реки. На станции 1 как по численности, так и по биомассе преобладали личинки хирономид и ручейников, при этом наименьшая биомасса зафиксирована на этом же участке. На станции 2 по численности преобладали представители классов *Bivalvia*, *Oligochaeta* и семейства *Chironomidae*. Основной вклад в создание общей биомассы здесь внесли личинки ручейников и вислокрылок. На этой станции отмечены минимальные значения численности. На станции 3 основу численности и биомассы составили малощетинковые черви и личинки поденок. Донные сообщества участка Моисеев Нос (ст. 4) как по численности, так и по биомассе наполняли представители отряда двукрылых и двустворчатых моллюсков. На этом участке зафиксированы максимальные значения как численности, так и биомассы. Основу численности и биомассы на участке реки в районе

станции 5 слагали представители семейства Chironomidae и Dixidae. В целом, на исследуемой акватории по численности доминировали личинки хирономид и малощетинковые черви. В роли субдоминантов по численности выступали двустворчатые моллюски, личинки земноводных комаров, личинки комаров-долгоножек. Доля остального зообентоса была невелика.

Анализ вклада отдельных таксонов в создание общей биомассы выявил доминирующую роль личинок земноводных комаров, вклад которых в общую биомассу составил почти четверть (22 %) всех отмеченных организмов зообентоса. В качестве субдоминантной группы выступают олигохеты с долей 17 %, двустворчатые моллюски (14 %), поденки – 13 %, комары-долгоножки – 11 %, ахирономиды – 8 %, личинки ручейников – 7 % и пиявки – 3 %. Доля прочих таксонов была невелика и не превышала в сумме 5 %. Согласно иерархическому кластерному анализу на основе сходства видовых составов станции исследуемые участки реки объединены в 2 кластера: I – 1-2 и II – 3-5. Наблюдается постепенная смена сообществ вниз по течению.

Для определения качества вод использовались основные индексы пригодные для малых рек. На данный момент нами была принята система, основанная на РД, то есть качество вод оценивается I и II классом – условно чистые и слабо загрязненные воды.

Полученные данные послужат исходным материалом при дальнейших работах на р. Сотка. Проведенные исследования зообентоса в этой уникальной реке на территории заповедника Пинежский будут использованы при ведении комплексного мониторинга качества вод и биотической части ее экосистемы (фито- и зоопланктон, зообентос, ихтиофауна), включая и приточную систему. В фаунистическом аспекте ведение ежегодного мониторинга позволит расширить сведения об ареалах обитания бентосных животных в р. Сотка в пределах заповедника.

Список литературы

- Гидрологическая изученность*. 1965. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край. Л.: Гидрометеиздат. Т. 3. 612 с.
- Ильина Л.Л., Грахов А.Н.* 1987. Реки Севера. Л.: Гидрометеиздат. 128 с.
- Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова)*. 2005 / отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. Тольятти: СаНЦ РАН. 404 с.
- Компоненты экосистем и биоразнообразия карстовых территорий Европейского Севера России (на примере заповедника «Пинежский»)*. 2008 / отв. ред.: Л.В. Пучнина и др.; М-во природ. Ресурсов и экологии Рос. Федерации, Гос. природ. заповедник «Пинежский». Архангельск. 352 с.
- Малков В.Н., Шаврина Е.В.* 2007. Сотка – Поморская энциклопедия. Т. 2.

- Природа Архангельского Севера / гл. ред. Н.М. Бызова. Архангельск: Поморский ГУ. С. 486.
- Новаковский А.Б. 2016. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. № 3 (197). С. 26-33.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентоса. 2016 / под ред. В.Р. Алексева, С.Я. Цалолихина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. 1977 / под ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. Л: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ. 510 с.
- РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992 / под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат. 318 с.
- Семенченко В.П. 2004. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Мн.: Орех. 125 с.
- Студенова М.А., Завиша А.Г., Новоселов А.П., Студенов И.И., Дворянkin Г.А. 2008. Зообентос // Компоненты экосистем и биоразнообразие карстовых территорий Европейского Севера России (на примере заповедника "Пинежский"). Архангельск. С. 309-314.
- Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. 2011. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. 4-е изд., испр. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2019 с.
- Snannon C.E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 117 p.
- Sørensen T.A. 1948. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Kgl. Dan. Videnskab. Selskab. Biol. Skr. V. 5. № 4. P. 1-34.

RESULTS OF ZOOBENTOS RESEARCH IN RIVER SOTKA, PINEZHISKY STATE RESERVE (ARKHANGELSK REGION, RUSSIA)

**S.N. Artem'ev¹, A.P. Novoselov¹, N.V. Klimovskii¹,
G.A. Dvoryankin¹, O.S. Durnykin²**

¹Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch of RAS,
Arkhangelsk

²Pinezhsky State Reserve, Pinega (Arkhangelsk Region)

The article considers the qualitative composition (species and taxonomic diversity) and quantitative indicators (occurrence, number and biomass) of zoobenthos of river Sotka in the spatial aspect. The sections of the river with the minimum and maximum abundance and biomass were identified. The

dominant groups of benthic animals were determined by their numbers (chironomid larvae and small-bristle worms) and biomass (dipterans, oligochaetes and bivalve mollusks). Comparison of quantitative indicators in the annual aspect revealed a significant increase in biomass and relative stability of abundance over a 20-year period at the Filippovskoye site, as well as a decrease in numbers and biomass at the Moiseev Nos site. Based on cluster analysis (by species similarity), benthic sampling stations are combined into 2 groups. Water quality is assessed as conditionally pure, slightly polluted. Studies of zoobenthos in a unique river in the territory of the Pinezhsky reserve will be used to conduct a comprehensive monitoring of water quality and the biotic part of its ecosystem (phyto- and zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna), including the inflow system.

Keywords: *Pinezhsky State Reserve, Sotka river, zoobenthos diversity, water quality.*

Об авторах:

АРТЕМЬЕВ Сергей Николаевич – научный сотрудник лаборатории эволюционной экологии и геномики гидробионтов ФГБУН ФИЦ Институт комплексных исследований Арктики УрО РАН, 163000, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 23, e-mail: Artemm_1988@mail.ru.

НОВОСЕЛОВ Александр Павлович – доктор биологических наук, директор ФГБУН ФИЦ Институт комплексных исследований Арктики УрО РАН, 163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 23; e-mail: alexander.novoselov@rambler.ru.

КЛИМОВСКИЙ Николай Владимирович – научный сотрудник лаборатории эволюционной экологии и геномики гидробионтов ФГБУН ФИЦ Институт комплексных исследований Арктики УрО РАН, 163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 23; e-mail: klimovskiy.nikolay@yandex.ru

ДВОРЯНКИН Геннадий Александрович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эволюционной экологии и геномики гидробионтов ФГБУН ФИЦ Институт комплексных исследований Арктики УрО РАН, 163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 23; e-mail: dga130157@gmail.com.

ДУРНЫКИН Олег Станиславович – научный сотрудник ФГБУ «Государственный заповедник Пинежский», 164610, Архангельская обл., Пинежский р-н, п. Пинега, ул. Первомайская, д. 123а.

Артемьев С.Н. Результаты исследования зообентоса реки Сотки Пинежского заповедника (Архангельская область, Россия) / С.Н. Артемьев, В.П. Новоселов, Н.В. Климовский, Г.А. Дворянкин, О.С. Дурныкин // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2021. № 1(61). С. 16-30.