

УДК 574.583

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА

© 2022 г. А. П. Новоселов^а, *, Е. Н. Имант^а, С. Н. Артемьев^а, Н. Ю. Матвеев^а, А. Д. Матвеева^а

^а Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН, Россия 163000 Архангельск, наб. Северной Двины, 23

*e-mail: alexander.novoselov@rambler.ru

Поступила в редакцию 06.04.2021 г.

После доработки 01.11.2021 г.

Принята к публикации 12.11.2021 г.

Река Северная Двина — один из крупнейших водотоков Европейского Северо-Востока России — испытывает многофакторное антропогенное воздействие, что приводит к изменению структуры водных биоценозов: изменениям видового разнообразия, численности и биомассы организмов, общему снижению водных биологических ресурсов. В работе приведены результаты комплексного изучения беспозвоночных зоопланктонных и зообентосных сообществ устьевой области р. Северная Двина. Установлено, что зоопланктонные и зообентосные сообщества характеризуются достаточно высоким таксономическим разнообразием. Согласно рыбохозяйственной классификации, уровень развития зоопланктона в нижнем течении реки позволяет отнести этот район к малокормным для рыб-планктофагов. Средние значения численности и биомассы зообентоса позволяют классифицировать исследованный участок реки как высококормный для рыб-бентофагов. Качество речных вод по показателям зоопланктона имело выраженную сезонную динамику — оно изменялось от II класса (слабо загрязненные воды) в период весеннего половодья до I класса (условно чистые воды) в иные сезоны. Исключение составляли два участка — рукав Корабельный и протока Маймакса, где нагрузка на сообщества водных организмов проявлялась и в летне-осеннюю межень. Преобладание эврибионтных видов в составе зоопланктона, вероятно, свидетельствует об антропогенной нагрузке на речную экосистему. В целом экологическое состояние обследованной части водотока по показателям зоопланктона может быть оценено как удовлетворительное.

Ключевые слова: зоопланктон, зообентос, разнообразие, продуктивность, пространственно-сезонные изменения, сапробность речных вод

DOI: 10.31857/S0367059722030088

Любые виды работ в акваториях водоемов, на их берегах или на площади водосбора влияют на водные биоценозы и часто ведут к нарушению экологического равновесия. Долговременная антропогенная нагрузка может в конечном итоге привести к трансформации водных экосистем, частично или полному их разрушению [1].

Река Северная Двина образуется при слиянии рек Сухоны и Юга и впадает в Двинской залив Белого моря. Ее общая протяженность составляет 744 км, площадь водосбора — 357 тыс. км² [2]. Здесь расположено около половины всех предприятий Архангельской области, которые загрязняют и загрязняют экосистему реки сбросами с высоким содержанием загрязняющих веществ. Более 85% загрязнителей приходилось на предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, а также на поступления загрязнителей со всей площади водосбора реки и из других источников (аэротехногенные сбросы, продукты горе-

ния, заготовка леса, сельское хозяйство). Дополнительным источником загрязнения служил вынос веществ с площадей торфоразработок, а также из донных отложений. Многолетнее проведение в прошлом молевого сплава на реках Двинского бассейна также негативно сказалось на состоянии его гидрологического и гидрохимического режимов. Таким образом, спектр антропогенных факторов, воздействующих на бассейн р. Северной Двины, широк; большинство факторов воздействуют на речную биоту опосредованно — через среду обитания гидробионтов и лишь некоторые — непосредственно на рыб [3].

Начиная с 1980-х гг. в результате ухудшения экологической обстановки в Двинском бассейне наблюдаются изменения общей структуры водных биоценозов: изменение видового разнообразия гидробионтов, численности и биомассы организмов, общее снижение продукционных процессов [3, 4]. Поэтому исследования водной

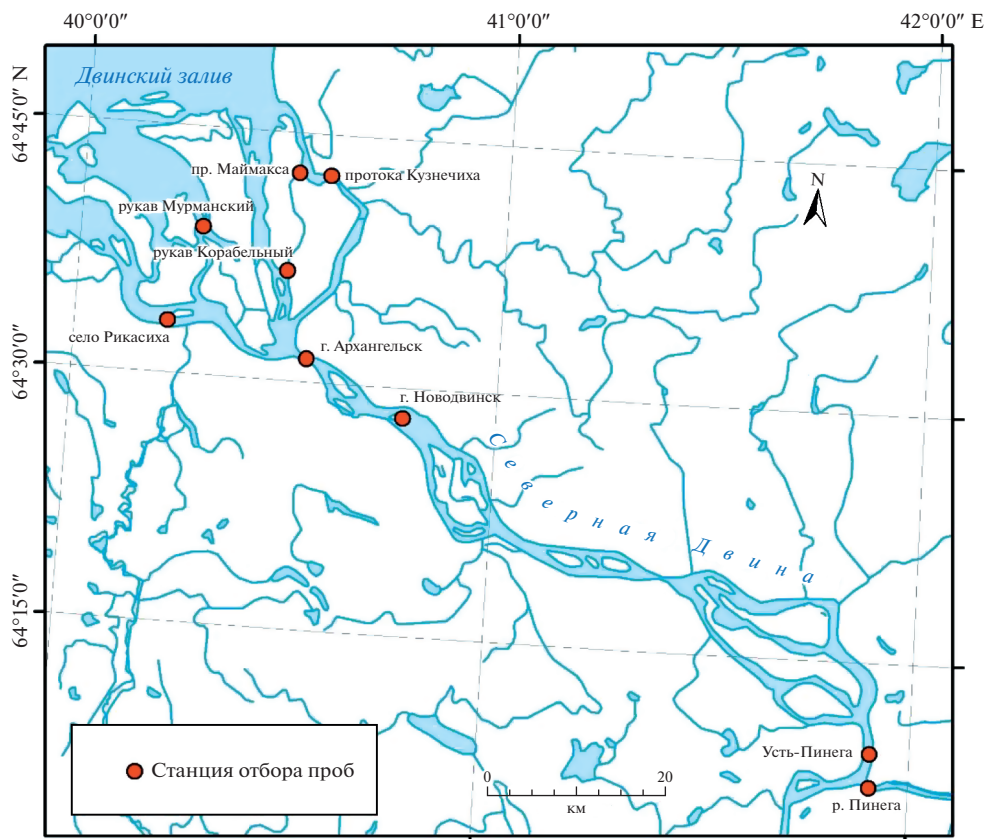


Рис. 1. Участки отбора проб в нижнем течении р. Северная Двина.

экосистемы р. Северная Двина в условиях антропогенного стресса актуальны в целях разработки рекомендаций по сохранению биоразнообразия реки и рациональному использованию ее водных биологических ресурсов.

Цель настоящей работы – оценка качественных (таксономический состав) и количественных (численность и биомасса) характеристик зоопланктонных и зообентосных сообществ устьевой области р. Северная Двина в их сезонной и пространственной динамике.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы зоопланктона отбирали в 2019 г. в р. Северная Двина (рис. 1) с поверхностного горизонта путем процеживания 100 л воды через планктонную сеть с размером ячеи 0.072 мм. Пробы фиксировали 4%-ным раствором формальдегида и обрабатывали в камеральных условиях. Всего за период исследований отобрано 104 пробы. Сбор и обработку зоопланктонных проб проводили в соответствии с руководством [5]. Численность зоопланктона пересчитывали на 1 м³; биомассу вычисляли с использованием размерно-весовых зависимостей [6]; видовую принадлеж-

ность организмов устанавливали при помощи соответствующих определителей зоопланктона [7]. Доминантные виды в сообществах выделяли по относительной численности при нижнем уровне доминирования 10%. Оценку качества речных вод проводили с использованием индекса сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека с учетом индикаторной значимости видов [5, 8].

Пробы зообентоса (всего 93) отбирали на тех же станциях с помощью дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0.025 м². Промывку собранных проб грунта проводили через мельничный газ № 23. Отобранные организмы зообентоса фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Камеральную обработку собранного материала осуществляли в лаборатории в соответствии со стандартными методиками [5]. Для определения организмов был использован стереоскопический микроскоп МБС-12, взвешивание каждой группы организмов проводили на электронных весах “KERN EW” с точностью до 0.001 г. В работе по определению донных животных использовали общепринятые идентификаторы [9–11]. Оценку качества воды осуществляли на основании руководящего документа по гидробиологическим показателям (макрозообентос) [12].

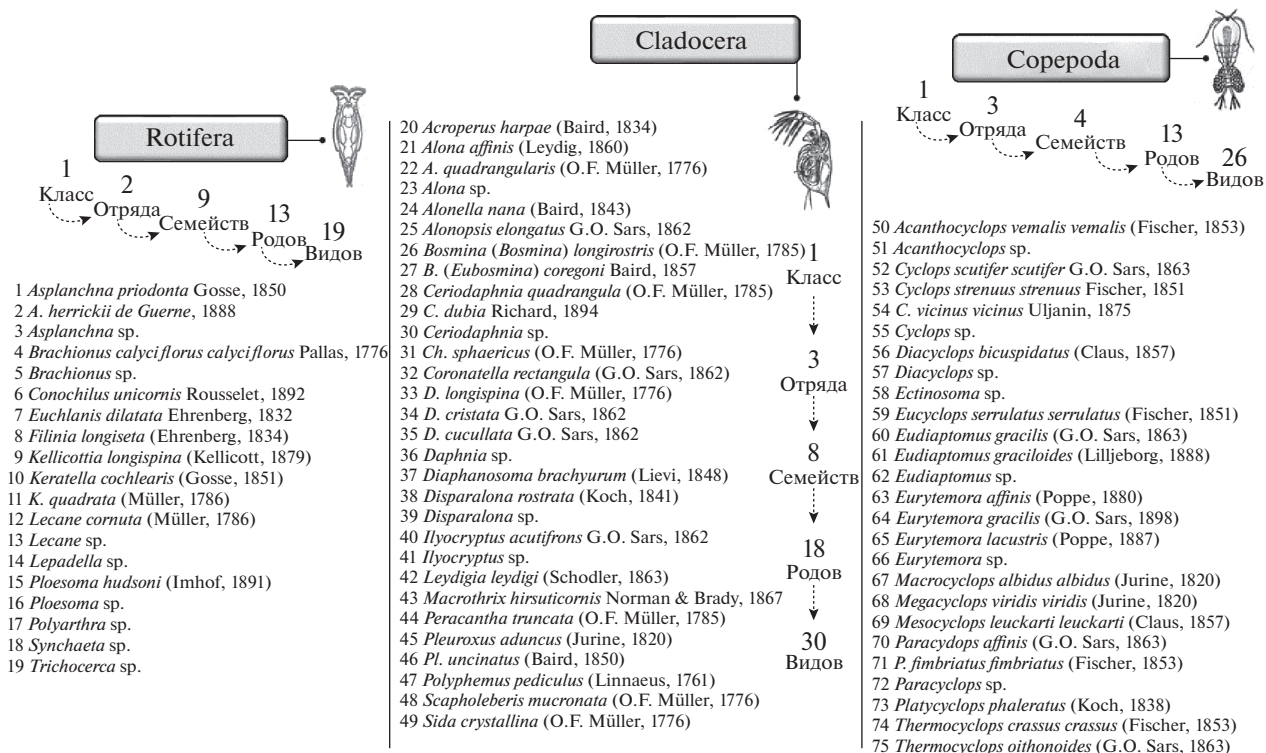


Рис. 2. Состав таксонов зоопланктона устьевой области р. Северная Двина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зоопланктон. *Таксономическое разнообразие.* Число видов в водных объектах, структура, сезонная и межгодовая динамика сообществ определяются историей формирования биоты, экотопами и трофическими условиями. Состояние зоопланктона, его видовое разнообразие и количественные характеристики определяют состояние кормовой базы для рыб, а также важно для процессов самоочищения водных объектов [13, 14].

Зоопланктон устьевой области р. Северная Двина представлен тремя крупными группами беспозвоночных: коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными – всего 75 видов, относящихся к 21 семейству. По качественному составу зоопланктонное сообщество характеризовалось как клadoцeрно-копeпoднoе, представленное как ветвистоусыми (40.0%), включавшими 30 видов из 18 родов и 8 семейств, так и веслоногими (34.7%) ракообразными (26 видов, объединенных в 13 родов 4 семейств). Четверть всех видов зоопланктонных организмов (25.3%) составляли коловратки, 19 видов которых отнесены к 13 родам и 9 семействам (рис. 2). В целом зоопланктон р. Северная Двина представлен большим числом видов, что определяет широкие рамки его приспособляемости к условиям существования.

Таксономический состав зоопланктона типичен для Северодвинского бассейна: часто встречаются представители северной фауны и виды с широким географическим распространением. В исследованной акватории происходит смешивание пресных вод с морскими, поэтому зоопланктон представлен видами разной экологической принадлежности. В частности, в сообществах есть солоноватоводные виды родов *Eurytemora*, *Ectinosoma* и другие представители отряда Harpacticoida. Преобладающая по видовому богатству группа – ветвистоусые ракообразные, субдоминанты – веслоногие.

Количественные показатели зоопланктона. Устьевые области рек приливных морей отличаются высокой пространственно-временной изменчивостью гидрологических и гидрохимических параметров. Это связано с наличием широкого спектра гармоник волн прилива, которые генерируют короткопериодные (часы–сутки) и долгопериодные (месяцы–годы) колебания [15], что влияет на вариации численности и биомассы зоопланктона, а также на его распределение по акватории. В целом численность зоопланктона изменялась в широком диапазоне – от 15 до 4785 экз/м³, биомасса – от 0.22 до 101 мг/м³. Следует отметить, что планктонное население беспозвоночных в период отбора проб отличалось низкими количественными показателями (табл. 1).

Таблица 1. Пространственные и сезонные изменения количественных показателей зоопланктона устьевой области р. Северная Двина

Пункты наблюдений	Общая численность, экз/м ³	Общая биомасса, мг/м ³	Класс качества вод (индекс сапробности)
Период весеннего половодья; слабо загрязненные воды			
Устье р. Пинега	100	1.43	II (1.71)
с. Усть-Пинега	820	15.38	II (1.66)
г. Новодвинск	1900	35.67	II (1.58)
г. Архангельск у ж/д моста	980	14.37	II (1.71)
Протока Кузнечиха	360	4.42	II (1.56)
Рукав Корабельный	800	9.80	II (1.57)
Протока Маймакса	570	7.75	II (1.57)
Рукав Никольский	640	8.1	II (1.56)
Приустьевое взморье	40	0.75	II (1.73)
В среднем в период весеннего половодья	690	10.85	II (1.56–1.73)
Период летней межени; условно чистые воды			
Устье р. Пинега	640	9.77	I (1.36)
с. Усть-Пинега	640	8.24	I (1.44)
г. Новодвинск	740	8.61	I (1.40)
г. Архангельск у ж/д моста	530	11.80	I (1.42)
Протока Кузнечиха	4785	100.52	I (1.35)
Рукав Никольский	530	10.66	I (1.46)
Период летней межени; слабо загрязненные воды			
Рукав Корабельный	100	1.34	II (1.90)
Протока Маймакса	1535	22.63	II (1.55)
В среднем в период летней межени	1188	21.69	I–II (1.35–1.90)
Осенний период; условно чистые воды			
с. Усть-Пинега	20	0.54	I (1.40)
г. Новодвинск	22	0.41	I (1.40)
г. Архангельск у ж/д моста	23	0.95	I (1.45)
Протока Кузнечиха	135	1.35	I (1.43)
Рукав Никольский	40	0.32	
Приустьевое взморье	25	0.22	I (1.26)
Осенний период; слабо загрязненные воды			
Рукав Корабельный	17	0.22	II (1.65)
Протока Маймакса	15	0.34	II (1.87)
В среднем в осенний период	37	0.54	I–II (1.26–1.87)
В целом по устьевой области	15–4785	0.22–100.52	I–II (1.26–1.90)

Ранее отмечалось [13], что в экосистемах крупных водоемов и водотоков число видов и их биомасса могут быть ниже, чем в менее крупных.

Пространственно-сезонные изменения количественных показателей. На различных участках реки количественные показатели зоопланктона заметно изменялись в разные сезоны года. В период весеннего половодья наибольшего обилия достигал ротаторный планктон, что в целом характерно для речных систем. Наибольшие значения численности и биомассы зоопланктона наблюдались на верхних участках устья р. Северная Двина, где они составляли соответственно 820 экз/м³ и 15 мг/м³ в районе с. Усть-Пинега и 1900 экз/м³ и 36 мг/м³ на участке г. Новодвинск. По мере приближения к морю показатели снижались до 40 экз/м³ и 1 мг/м³ на участке приустьевого взморья. Средняя для периода весеннего половодья численность составила 690 экз/м³, биомасса — 11 мг/м³.

Не установлено явных закономерностей изменчивости количественных показателей зоопланктона в пробах из рукавов и протоков собственно дельты Двины: наименьшие показатели наблюдали в протоках Кузнечиха (360 экз/м³ и 4 мг/м³) и Маймакса (570 экз/м³ и 8 мг/м³); более высокие параметры оказались в Никольском (640 экз/м³ и 8 мг/м³) и Корабельном (800 экз/м³ и 10 мг/м³) рукавах.

Наиболее высокие средние количественные показатели зоопланктона (1188 экз/м³ и 22 мг/м³) отмечены в летнюю межень, что соответствует типичным особенностям развития зоопланктона. В русловой части реки параметры составляли в районе с. Усть-Пинега 640 экз/м³ и 8 мг/м³; у г. Новодвинск — соответственно 740 экз/м³ и 9 мг/м³; у г. Архангельск — 530 экз/м³ и 12 мг/м³ (см. табл. 1). Как и весной, летом выявлен тренд снижения численности зоопланктона от верхних участков устья к морю. В то же время в период летней межени на части станций на фоне снижения численности зоопланктонных организмов происходило увеличение общей биомассы. Это объясняется присутствием крупных представителей ветвистоусых рода *Daphnia*, составлявших до 41.9% суммарной биомассы.

Сильно различались оценки обилия зоопланктона весной и летом на разных участках собственно дельты р. Северная Двина, где летом были зафиксированы максимальные значения численности и биомассы. Так, в протоках Кузнечиха и Маймакса численность была 4785 и 1535 экз/м³ соответственно, что превышало весенние показатели на этих же станциях в 3–13 раз. Еще более существенные колебания выявлены при сравнении

суммарных биомасс зоопланктона. В протоке Маймакса их летние показатели почти в 3 раза превысили весенние — с 8 до 23 мг/м³, а в протоке Кузнечиха — более чем в 20 раз (с 4 мг/м³ весной до 101 мг/м³ летом). В этих протоках основной вклад в численность и биомассу вносили эврибионтные первичные фильтраторы — виды рода *Bosmina* и солоноватоводные фильтраторы — виды рода *Eurytemora*. В протоке Маймакса доминировали преимущественно виды рода *Bosmina*, которые способны переносить незначительные колебания солёности; в протоке Кузнечиха — виды рода *Eurytemora*, что указывает на значительное влияние прибрежных вод на речную систему в протоках. Эти протоки отличаются по морфометрическим характеристикам по сравнению с крупными рукавами реки и в них создается благоприятный термический режим в период летней межени, что положительно сказывается на количественном развитии перечисленных выше организмов.

В осенний период наблюдали минимальные значения численности и биомассы зоопланктона, что объясняется сезонным изменением термического режима. В это время численность и биомасса почти на всех станциях были минимальными, за исключением протоки Кузнечиха. Повсеместно преобладали ветвистоусые ракообразные, кроме протоки Маймакса, где доминировали веслоногие ракообразные *Copepoda*, составлявшие 66.7% от суммарной численности и 53.2% от общей биомассы. Пространственное распределение численности и биомассы зоопланктона осенью было неоднородным, отражая разнообразие условий устьевой области реки.

Оценка качества воды по показателям зоопланктона. Видовой состав и трофическая структура зоопланктона важны для оценки состояния водных объектов. По состоянию зоопланктона можно судить о пространственных особенностях качества вод, их сезонных изменениях на всей акватории водного объекта или отдельных участках [16]. Сведения об уровне сапробности, оцененном на основании анализа индикаторных видов зоопланктона р. Северная Двина, поверхностно представлены в работе [17]. Долгое время гидролого-экологическое состояние р. Северная Двина формировалось под влиянием не только природных, но и антропогенных факторов [18, 19]. Для интегрированной оценки влияния на зоопланктонные сообщества всех воздействий используется индекс сапробности [20]. По нашим данным, качество вод по показателям зоопланктона имело сезонную динамику (см. табл. 1): в период весеннего половодья на всех участках качество вод соответствовало II классу (слабо загрязненные), в другие сезоны — I классу (условно чистые воды), за исключением двух участков (ру-

Таблица 2. Состав таксонов макрозообентоса в устьевой области р. Северная Двина

Таксон		
	COELENTERATA	
	<i>Hydrozoa</i> (1 вид)	30
1	Hydrozoa gen. sp.	31
	NEMATODA	32
	<i>Nematoda</i> (1 вид)	33
2	Nematoda gen. sp.	34
	<i>Turbellaria</i> (1 вид)	35
3	Turbellaria gen. sp.	36
	NEMERTEA (1 вид)	37
4	<i>Amphiporus lactifloreus</i> (Johnston, 1828)	38
	ANNELIDA (1 вид)	39
	Hirudinea (3 вида)	40
5	<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	41
6	<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	42
7	Hirudinea gen. sp.	43
	Oligochaeta (7 видов)	44
8	Enchytraeidae gen. sp.	45
9	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	46
10	Naididae gen. sp.	47
11	Oligochaeta gen. sp.	
12	<i>Paranais</i> sp.	
13	<i>Stylaria</i> sp.	48
14	Tubificidae gen. sp.	
	Polychaeta (6 видов)	49
15	<i>Micronephthys minuta</i> (Théel, 1879)	
16	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	50
17	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje, 1844	
18	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)	51
19	<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)	52
20	Sedentaria gen. sp.	
	MOLLUSCA	53
	Gastropoda (8 видов)	
21	<i>Admete viridula</i> (Fabricius, 1780)	
22	<i>Cryptonatica affinis</i> (Gmelin, 1791)	
23	<i>Cylichna alba</i> (T. Brown, 1827)	54
24	<i>Galba truncatula</i> (O.F. Müller, 1774)	55
25	Gastropoda gen. sp.	56
26	<i>Lymnaea tumida</i> (Held, 1836)	57
27	<i>Valvata piscinalis</i> (O.F. Müller, 1774)	
28	<i>Valvata pusilla</i> Martinson, 1961	58
	Bivalvia (19 видов)	
29	<i>Amesoda solida</i>	
59	Dixidae gen. sp.	67
	Heleidae	68
60	Dasyhelea sp.	69
		<i>Anodonta</i> sp.
		<i>Arctica islandica</i> (Linnaeus, 1767)
		<i>Astarte montagui</i> (Dillwyn, 1817)
		<i>Axinopsida orbiculata</i> (G.O. Sars, 1878)
		<i>Bivalvia</i> gen. sp.
		<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)
		<i>Ennucula tenuis</i> (Montagu, 1808)
		<i>Macoma balthica</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin, 1791)
		Pisidiidae gen. sp.
		<i>Pisidium</i> sp.
		<i>Pisidium tenuilineatum</i> Stelfox, 1918
		<i>Sphaerium solidum</i> (Normand, 1844)
		<i>Sphaerium</i> sp.
		<i>Astarte borealis</i> (Schumacher, 1817)
		<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Unio</i> sp.
		<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)
		ARTHROPODA
		Crustacea (6 видов)
		Crustacea gen. sp.
		Ostracoda
		Ostracoda gen. sp.
		Amphipoda
		<i>Gammarus</i> sp.
		Isopoda
		<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)
		Isopoda gen. sp.
		Aranei
		Aranei gen. sp.
		Insecta (22 вида)
		Diptera
		Chironomidae
		Chironomidae gen. sp.(lv)
		Chironomidae gen. sp.(pp)
		Chironomidae gen. sp.(imago)
		<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)
		Culicidea
		Dixidae
		Culicidea gen. sp.
		Trichoptera gen. sp.
		Coleoptera gen. sp.
		<i>Sphaeridium</i> sp.

Таблица 2. Окончание

Таксон			
61	Heleidae gen. sp.	70	Sphaeriidae gen. sp.
	Simuliidae		Ephemeroptera
62	Simuliidae gen. sp.	71	<i>Centroptilum luteolum</i>
	Tipulidae	72	Ephemeroptera gen. sp.
63	Tipulidae gen. sp.		Plecoptera
	Tabanidae	73	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)
64	<i>Tabanus</i> sp.	74	Plecoptera gen. sp.
65	Tanypodinae gen. sp.		Megaloptera
	Trichoptera	75	Megaloptera gen. sp.
66	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Pictet, 1834)		

Таблица 3. Численность и биомасса таксономических групп донных беспозвоночных в устьевой области р. Северная Двина в период исследования

Таксон	Численность, экз/м ²	Доля общей численности, %	Биомасса, мг/м ²	Доля общей биомассы, %
Oligochaeta	265	57.5	1349	3.0
Chironomidae	90	19.5	1792	3.0
Mollusca	59	13.0	46337	92.0
Crustacea	2	0.3	3	<0.1
Insecta, кроме Chironomidae	31	6.7	636	1.0
Прочие	15	3.0	371	1.0

кав Корабельный и протока Маймакса). Считается, что при отсутствии загрязнения доминируют стенобионтные, а при загрязнении – эврибионтные виды [13]. В наших пробах по численности преобладали эврибионтные виды, что указывает на возможное ухудшение среды обитания гидробионтов.

Зообентос – основа кормовой базы бентосоядных рыб. По уровню его развития можно судить о потенциальной рыбопродуктивности водоемов [21]. Также организмы зообентоса – биологические индикаторы, используемые при оценке качества воды [22]. Представители донной фауны характеризуются широким спектром экологических особенностей, крупными размерами, значительной продолжительностью жизни, что обуславливает способность аккумулировать загрязняющие вещества и делает их удобным объектом для мониторинга пресноводных экосистем [22, 23].

Всего обнаружено 75 таксонов донных беспозвоночных, 54 из которых характерны для пресноводных водоемов и водотоков и 21 – для морских экосистем (табл. 2). Таким образом, донные сообщества нижнего течения р. Северная Двина ха-

рактеризуются достаточно высоким общим таксономическим разнообразием. Зообентос примерно в равных долях был представлен тремя крупными таксономическими группами: Arthropoda (37.5% всех обнаруженных видов), Mollusca (36.0%) и Annelida (21.3%). Из членистоногих преобладали водные личинки насекомых (29.5% всех видов), значительно меньше было ракообразных (8.0%). Основную часть видов моллюсков составляли двустворчатые (25.3%) и меньше – брюхоногие (10.7%). Из кольчатых червей примерно равно представлены олигохеты (9.3%) и полихеты (8.0%) и меньше – пиявки (4.0%). Представители Coelenterata, Nematoda, Platyhelminthes и Nemer- tea отмечены в пробах единично.

Средние значения количественных показателей зообентоса для обследованной акватории составили: численность – 460 экз/м², биомасса – 50488 мг/м². По численности доминировали олигохеты и личинки хирономид (265 и 90 экз/м² соответственно, или 57.0 и 20.0% от общей суммарной численности). Меньший вклад в общую численность вносят моллюски (59 экз/м², или 13.0%) и насекомые (кроме личинок хирономид)

Таблица 4. Численность и биомасса ведущих групп беспозвоночных на разных участках р. Северная Двина

Таксон	Численность, экз/м ²				Биомасса, мг/м ²			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Bivalvia	—	192	34	2	—	142793	41093	582
Chironomidae	43	109	173	34	40	252	6786	90
Coleoptera	—	—	15	—	—	—	28	—
Crustacea	—	—	—	6	—	—	—	14
Culicidea	—	5	8	—	—	21	10	—
Ephemeroptera	—	2	3	—	—	18	1	—
Gastropoda	—	5	—	3	—	358	—	522
Heleidae	14	—	52	1	4	—	1592	1
Hirudinea	—	13	—	—	—	125	—	—
Hydrozoa	—	—	3	—	—	—	129	—
Nematoda	—	16	—	—	—	223	—	—
Oligochaeta	114	221	615	109	78	722	4380	214
Simuliidae	—	—	3	—	—	—	261	—
Tabanidae	—	—	3	—	—	—	320	—
Tipulidae	—	—	8	—	—	—	251	—
Trichoptera	—	9	—	—	—	36	—	—
Turbellaria	14	2	10	—	14	975	18	—

Примечание: I – с. Усть-Пинега (август), загрязненные воды; II – г. Новодвинск (март–июль), слабо загрязненные воды; III – г. Архангельск (февраль–октябрь), загрязненные воды; IV – Мурманский рукав (июль–август), грязные воды.

(31 экз/м², или 6.7%). Численность иных компонентов была невелика и изменялась от 2 до 15 экз/м² (табл. 3). По биомассе абсолютно доминировали моллюски (46337 мг/м², или 92.0% общей биомассы). Олигохеты и личинки хирономид по биомассе занимали по 3.0% каждая. Только личинки комаров и олигохеты встречены на всех без исключения станциях.

При анализе количественных характеристик макрозообентоса пробы условно сгруппировали по четырем районам, достаточно удаленным друг от друга, – от с. Усть-Пинега (самый верхний участок низовья) до Мурманского рукава уже собственно дельты (табл. 4). В этом градиенте состав зообентоса значительно изменялся. В верхней части градиента преобладали олигохеты, составляя 62.0% по численности и 57.0% по биомассе. Субдоминантной группой были личинки хирономид (23.0% по численности и 29.0% по биомассе). Иная ситуация сложилась на участке реки в черте г. Новодвинска, где по численности преобладают олигохеты (38.5%), двустворчатые моллюски (33.0%) и хирономиды (19.0%), а по биомассе 98.0% приходилось на представителей *Bivalvia*. В низовьях реки в черте г. Архангельска по численности доминируют олигохеты (66.0%), а по биомассе – двустворчатые моллюски (75.0%). При этом субдоминантной группой были представи-

тели семейства Chironomidae – 19.0% по численности и 12.0% по биомассе. В собственно дельте Двины, в районе Мурманского рукава, по численности также доминировали олигохеты (66.0%) и личинки хирономид (19.0%). По биомассе в пробах в Мурманском рукаве доминировали двустворчатые (41.0%) и брюхоногие (37.0%) моллюски и в меньшей степени олигохеты (15.0%). Еще меньше по биомассе были представлены личинки хирономид (6.0%) и ракообразные (1.0%).

Оценка качества воды по показателям зообентоса. В пространственном отношении качество вод р. Северная Двина имело II–IV классы качества. Слабо загрязненные воды отмечались вблизи г. Новодвинска (весенне-летний период), загрязненные – вблизи г. Архангельска (с февраля по октябрь) и около с. Усть-Пинега (летний период). В Мурманском рукаве в летний период наблюдались грязные воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты обследования сообществ водных беспозвоночных устьевой области р. Северная Двина свидетельствуют об их богатом составе. Таксономический список планктонной фауны включал 75 видов из 21 семейства. Зоопланктонное сообщество по качественному составу харак-

теризовалось как кладоцерно-копеподное, в равной степени представленное обеими группами ракообразных. Выявлены особенности сезонного и пространственного развития зоопланктона. Наиболее продуктивным был планктон у г. Новодвинска весной и проток Кузнечиха и Маймакса в летний сезон, что позволяет отнести их к районам с благоприятной кормовой базой для откорма водных биоресурсов. В целом, согласно рыбохозяйственной классификации [24], уровень развития зоопланктона в нижнем течении реки позволяет отнести этот район к малокормным водным объектам для рыб-планктофагов.

Преобладание эврибионтных видов в составе зоопланктона, вероятно, свидетельствует об антропогенной нагрузке на речную экосистему. Качество воды нижнего течения р. Северная Двина по показателям зоопланктона имело выраженную сезонную динамику: оно изменялось от II класса (слабо загрязненные воды) в период весеннего половодья до I класса (условно чистые воды) в последующие сезоны. Но на двух участках антропогенная нагрузка на гидробиоценоз проявлялась и в летне-осеннюю межень. В целом экологическое состояние обследованной части водотока по показателям зоопланктона удовлетворительное.

Результаты исследования зообентоса также свидетельствуют о его высоком таксономическом разнообразии. Зообентос представлен 75 таксонами беспозвоночных, 54 из которых характерны для пресноводных и 21 — для морских экосистем. В составе донного сообщества по численности доминировали малощетинковые черви и в меньшей степени личинки хирономид. Доля остального зообентоса была невелика. Основу биомассы зообентоса составили двустворчатые моллюски *Dreissena polymorpha* и *Unio pictorum*. Средние значения численности и биомассы для исследованного района в целом составили 460 экз/м² и 51 г/м², что, согласно рыбохозяйственной классификации [24], позволяет классифицировать исследованный участок реки как высокормный водоток для рыб-бентофагов. Максимальные значения численности были зафиксированы в дельте Северной Двины в черте г. Архангельска (за счет большого количества олигохет и личинок хирономид), а биомассы — в районе г. Новодвинска и дельте Северной Двины в черте г. Архангельска (за счет скоплений двустворчатых моллюсков).

Проведенные исследования закладывают основу мониторинга экосистемы р. Северная Двина в условиях происходящих климатических изменений и растущей антропогенной нагрузки.

Работа выполнена в рамках государственного задания “Исследование закономерностей формирования пресноводной ихтиофауны Европей-

ского Северо-Востока России в условиях меняющегося климата и воздействия антропогенных факторов” (тема № 0332-2019-0001) и частично проекта РФФИ № 18-05-01041 “Биогеохимические процессы на границе раздела река — море в Европейской Субарктике: экосистемный подход”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новоселов А.П., Студенов И.И. Факторы техногенного воздействия на бассейн реки Северная Двина // Вестн. Северного (Аркт.) федер. ун-та. Сер. “Естественные науки”. 2014. № 2. С. 32–40.
2. Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край. Т. 3. Л., 1972. 663 с.
3. Новоселов А.П. Экологическое состояние бассейна р. Северной Двины // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3. Тольятти, 2003. С. 206.
4. Бреховских В.Ф., Волков З.В. Проблемы качества поверхностных вод в бассейне Северной Двины. М.: Наука, 2003. 233 с.
5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. Абакумова В.А. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
6. Кононова О.Н. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона Европейского Севера России. Сыктывкар, 2018. 152 с.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. Алексеева В.Р., Цалолыхина С.Я. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.
8. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. М.: Изд-во СЭВ, 1976. Ч. III. 186 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР / Под ред. Кутикова Л.А., Старобогатова Я.И. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.
10. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. 4-е изд., испр. и доп. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. 2019 с.
11. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. Алексеева В.Р., Цалолыхина С.Я. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2016. 457 с.
12. РД 52.24.309-2016 “Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши”. М.: ГХИ, Росгидромет, 2016.
13. Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология / Под ред. Хлебовича В.В. СПб.: Наука, 2013. 343 с.
14. Имант Е.Н., Змётная М.И., Новосёлов А.П. Оценка качества вод нижнего течения реки Северная Двина на основании анализа индикаторных видов зоо-

- планктона // Проблемы региональной экологии. 2020. № 1. С. 12–20.
15. *Лещёв А.В., Мискевич И.В., Коробов В.Б.* и др. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина в зимнюю межень // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 2. С. 303.
 16. *Крылов А.В.* Зоопланктон равнинных малых рек / Отв. ред. Комов В. Т. М.: Наука, 2005. 263 с.
 17. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности ФГБУ “Северное УГМС” за 2013 год. Архангельск, 2014. 236 с.
 18. *Никаноров А.М., Иванов В.В., Брызгалов В.А.* Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. Ростов-на-Дону: НОК, 2007. 280 с.
 19. *Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С., Кондакова М.Ю.* Транспорт загрязняющих веществ по крупным рекам Европейского Севера и Сибири // *Водные ресурсы*. 2015. Т. 42. № 3. С. 279–287.
 20. *Шурганова Г.В., Тарбеев М.Л., Голубева А.В., Тарасова А.А.* Оценка качества воды малых и средних рек Нижегородского Поволжья на основании анализа индикаторных видов зоопланктона // *Вода: химия и экология*. 2011. № 10. С. 87–92.
 21. *Перова С.Н., Щербина Г.Х.* Макрозообентос Рыбинского и Горьковского водохранилищ – как кормовая база рыб-бентофагов // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах: Мат-лы Междунар. конф. Борок, 2003. С. 99–100.
 22. *Новоселов А.П., Студёнов И.И., Козьмин А.К.* и др. Видовое разнообразие и динамика показателей кормовой базы рыб оз. Лача. Ч. 2. Зообентос // *Arctic Environmental Research*. 2017. V. 17. № 3. P. 233–244.
 23. *Баканов А.И.* Использование характеристик разнообразия зообентоса в мониторинге состояния пресноводных экосистем // *Мониторинг биоразнообразия*. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции РАН, 1997. С. 278–282.
 24. *Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И.* и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // *Изв. ГосНИОРХ*. Л., 1968. Т. 67. С. 205–225.