

СТАТЬЯ

УДК 504.454

DOI 10.17513/use.38468

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНКТОННОГО И БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (НА ПРИМЕРЕ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ)

¹Котова Е.И., ²Змётная М.И., ¹Махнович Н.М.,
³Малхасян Ю.В., ¹Лохов А.С., ¹Мосеев Д.С.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт океанологии им. П.П. Ширинова Российской академии наук»,
Москва, Российская Федерация, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,
Архангельск, Российская Федерация;

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова
Уральского отделения Российской академии наук», Архангельск, Российская Федерация

Устьевое взморье реки Северная Двина в силу концентрации в прибрежной части промышленных предприятий и объектов транспортной инфраструктуры подвержено интенсивной промышленной нагрузке, которая непосредственно влияет на сообщества гидробионтов данного района. Цель исследования – изучение гидробиологических характеристик сообществ устьевой области реки Северная Двина в летний период при проведении дноуглубительных работ и оценка влияния данных работ на основные характеристики сообществ. Изучены основные гидробиологические характеристики, такие как видовой состав, численность и биомасса сообществ. Исследования показали, что в данном районе фитопланктон представлен 47 видами и надвидовыми таксонами, зоопланктонное сообщество – 35 видами и надвидовыми таксонами, макрозообентос – 4 видами и надвидовыми таксонами. В фитопланктонном сообществе доминирующее положение занимали цианопрокариоты, основу качественного состава зоопланктона формировали представители отряда веслоногих, в сообществе макрозообентоса доминировали моллюски и полихеты. Исследования показали высокую устойчивость планктонного сообщества к кратковременному увеличению мутности, вызванному дноуглубительными работами. Его отклик является минимальным и не приводит к долгосрочным структурным перестройкам. Напротив, бентосные сообщества подвержены более сильному локальному влиянию, что приводит к их деградации в зоне прямого воздействия и временным изменениям в прилегающих акваториях, хотя эти изменения являются обратимыми благодаря процессам естественного восстановления.

Ключевые слова: зоопланктон, фитопланктон, макрозообентос, Северная Двина, устьевое взморье, дамппинг грунта

INVESTIGATION OF THE HYDROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANKTON AND BENTHOS COMMUNITIES AND ASSESSMENT OF THE IMPACT OF DREDGING ON THEIR MAIN CHARACTERISTICS (USING THE EXAMPLE OF THE NORTHERN DVINA RIVER ESTUARY)

¹Kotova E.I., ²Zmetnaya M.I., ¹Makhnovich N.M.,
³Malkhasian Yu.V., ¹Lokhov A.S., ¹Moseev D.S.

¹Federal State Budgetary Scientific Institution «P.P. Shirshov Institute of Oceanology
Russian Academy of Sciences», Moscow, Russian Federation, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²The Northern Directorate for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,
Arkhangelsk, Russian Federation;

³ Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center
for the Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Arkhangelsk, Russian Federation

The estuary of the Northern Dvina River is subject to intensive industrial load due to the concentration of industrial enterprises and transport infrastructure in the coastal area, which directly impacts the communities of hydrobionts in this region. The purpose of the study is to study the hydrobiological characteristics of communities in the mouth of the Severnaya Dvina River during summer dredging and to assess the impact of these works on the main characteristics of communities. The main hydrobiological characteristics investigated include species composition, abundance, and biomass of the communities. The research showed that in this area, phytoplankton comprises 47 species and higher taxonomic groups, zooplankton 35 species and higher taxonomic groups, and macrozoobenthos 4 species and higher taxonomic groups. Cyanoprocaryotes dominated the phytoplankton community, representatives of the order copepods formed the basis of the qualitative composition of zooplankton, and mollusks and polychaetes dominated the macrozoobenthos community. Studies have shown a high resistance of the plankton community to a short-term increase in turbidity caused by dredging operations. Its response is minimal and does not lead to long-term structural changes. On the contrary, benthic communities are subject to a stronger local influence, which leads to their degradation in the zone of direct impact and temporary changes in adjacent water areas, although these changes are reversible due to natural restoration processes.

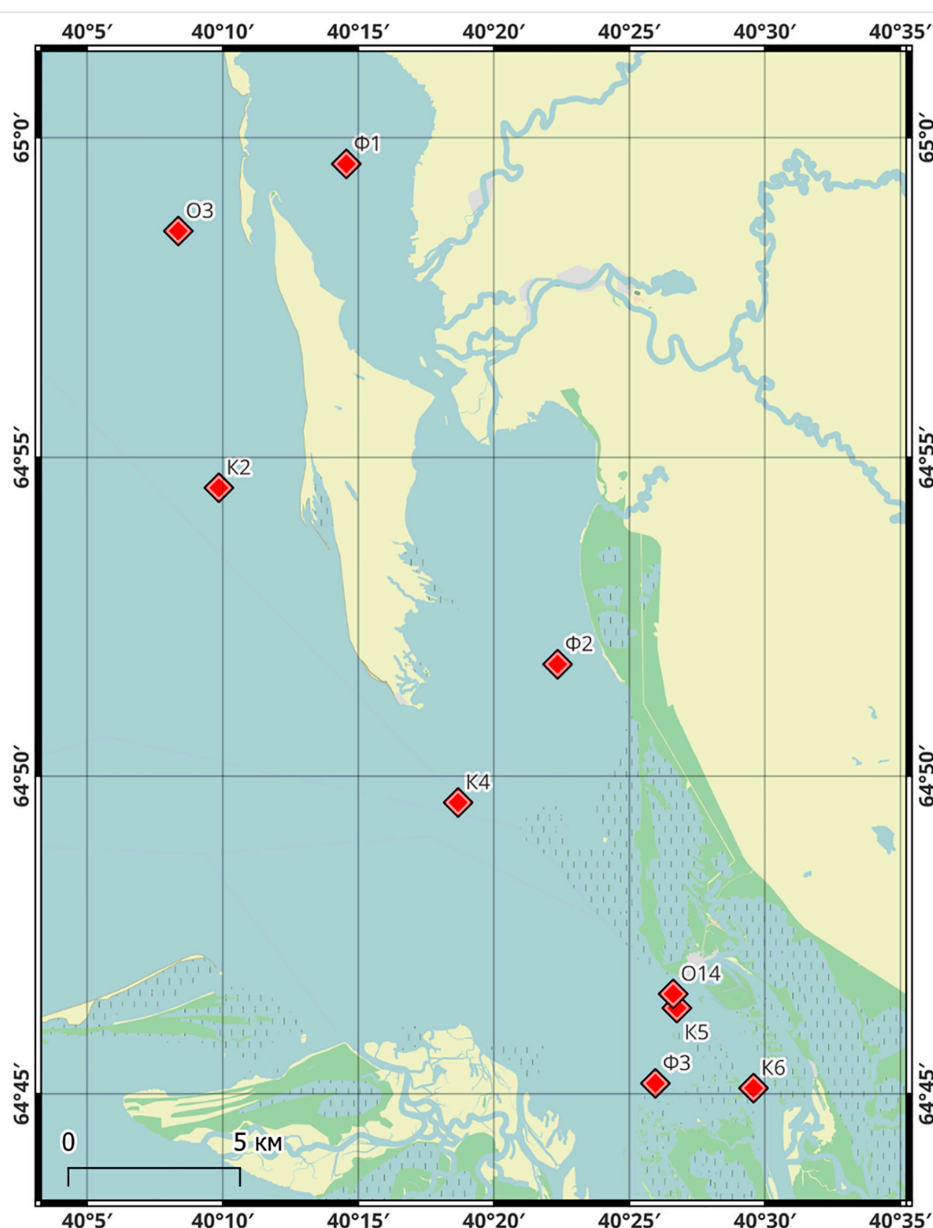
Keywords: zooplankton, phytoplankton, macrozoobenthos, Northern Dvina, estuarine seashore, soil dumping

Введение

Устьевая область реки Северная Двина с многорукавной дельтой и с приглубым устьевым взморьем занимает вершину Двинского залива Белого моря и включает устьевой участок реки длиной 150 км и устьевое взморье – часть Двинского залива южнее условной линии – м. Куйский (зимний берег Белого моря) – м. Толстик (летний берег Белого моря) [1; 2, с. 132]. Концентрация устьевой области реки промышленных предприятий и объектов транспортной инфраструктуры вносит существенный вклад в жизнедеятельность гидробионтов данного района [3], что подтверждается наличием большого коли-

чества работ по данной тематике [4; 5]. Эксплуатация и реконструкция объектов транспортной инфраструктуры, а также работы по поддержанию в должном состоянии каналов судоходства имеют непосредственное влияние на гидробиологические показатели сообществ [6]. В морском порту Архангельск дноуглубительные работы проводятся ежегодно в течение безледного периода [7].

Цель исследования – изучение гидробиологических характеристик сообществ устьевой области реки Северная Двина в летний период при проведении дноуглубительных работ и оценка влияния данных работ на основные характеристики сообществ.



Карта-схема размещения станций контроля

Материалы и методы исследования

Исследования сообществ гидробионтов проводились в летний период 2025 г. в точках контроля при проведении дноуглубительных работ морского порта Архангельск (рисунок): канал Мудьюгских башен (K2), Устьяновский канал (K4), Чижовский канал (K6), Лапоминский канал (K5), отвал 144А и отвал севернее отвала 144А (O3), отвал в районе д. Лапоминка (O14), фоновые точки (Ф1, Ф2, Ф3). Всего было собрано и обработано 9 проб на качественный и количественный состав зоопланктона, фитопланктона и бентосных организмов. Фоновая точка (станция Ф1) наиболее удалена от судоходных объектов и отвалов грунта. Сбор и камеральную обработку материала по показателям для фитопланктонного сообщества осуществляли в соответствии со стандартными методами [8, с. 6]. Фиксацию фитопланктона производили кислым раствором Утермеля. Численность (тыс. кл./л) фитопланктона в единице объема воды определяли с использованием камеры Фукса – Розенталя (глубина 0,2 мм), расчет биомассы (мг/л) проводили счетно-объемным стереометрическим методом [9, с. 14]. За счетную единицу принималась клетка. Доминантные виды в сообществах выделялись по относительной численности при нижнем уровне доминирования не менее 10%. Отбор зоопланктона проводился планктонной сетью Джели с диаметром входного отверстия 36 см путем вертикального протягивания в слое воды дно-0 м, с последующей фиксацией 4%-ным формалином [10, с. 68]. Обработка материала проводилась визуально с использованием стереоскопического микроскопа. Видовая принадлежность устанавливалась с помощью определителей зоопланктона для европейских и морских вод [11]. Биомасса устанавливалась с помощью методического пособия [12].

Отбор проб макрозообентоса производился по стандартным методикам [9, с. 333; 13]. Применяли коробчатый дночерпатель ДАК-250. В отобранном грунте относительно крупных животных выбирали вручную, далее грунт промывали через сита с размером отверстий 0,5-1 мм. Полученный материал просчитывали, обнаруженных животных фиксировали 85% этиловым спиртом. В местах отбора проб отмечался характер донных отложений. Гидробионты из всех проб макробентоса просчитаны тотально под бинокуляром Bresser. При обработке материалов обнаруженные организмы определяли до вида или более крупных таксонов,

также находили численность и биомассу гидробионтов. Вес донных животных после их обсушивания до исчезновения влажных пятен на фильтровальной бумаге определяли в лаборатории на аналитических весах Adventurer Ohaus RV214. В дальнейшем количественные показатели обилия макрозообентоса пересчитывали на площадь, равную 1 м². Систематика животных приведена по атласу «Флора и фауна Белого моря» [14].

Результаты исследования и их обсуждение

Фитопланктон. Видовой состав фитопланктона в устьевой области р. Северной Двины за данный период представлен 47 видами и надвидовыми таксонами (табл. 1), принадлежащими пяти отделам микроводорослей: диатомовые (Bacillariophyta) – 24 вида, зеленые (Chlorophyta) – 14, цианопрокариоты (Cyanoprokaryota) – 5, золотистые (Chrysophyta) – 2, динофитовые (Dinophyta) – 1 вид. На всех станциях исследования отмечено доминирование цианопрокариот *Anabaena spiroides* и *Microcystis aeruginosa* за исключением станции K2, где в роли доминанта выступила только *Anabaena spiroides*. Основной вклад в развитие численности фитопланктона привнесли цианопрокариоты, основу биомассы составляли диатомовые, зеленые микроводоросли и цианопрокариоты.

Численность изменялась от 603,75 (канал Мудьюгских башен, станция K2) до 3106,25 тыс. кл./л (Лапоминский канал, станция O14). Высокие значения численности обусловлены развитием колониальных цианопрокариот *Anabaena spiroides* и *Microcystis aeruginosa*. Биомасса варьировала от 0,094 (станция Ф1) до 0,369 мкг/л (Лапоминский канал, станция K5).

На фоновой станции Ф1 обнаружено 15 видовых и надвидовых таксонов, основу составили диатомовые водоросли (8 видов), в меньшей степени представлены зеленые водоросли и цианопрокариоты. Наибольший вклад в численность фитопланктона внесли цианопрокариоты (86% численности). Биомасса сформирована за счет цианопрокариот и диатомовых водорослей (47% и 36% соответственно). Численность составила 1060 тыс. кл./л, биомасса – 0,094 мг/л.

В канале Мудьюгских башен (станции K2, O3) видовой состав представлен 19 видами и надвидовыми таксонами, относящимися к 3 отделам микроводорослей (табл. 2): диатомовые (Bacillariophyta) – 12 видов, зеленые (Chlorophyta) – 3, цианопрокариоты (Cyanoprokaryota) – 4.

Таблица 1

Таксономический состав и встречаемость фитопланктона
в точках контроля при проведении дноуглубительных работ
морского порта Архангельск в летний период 2025 г.

№ п/п	Таксон	Станции отбора								
		Ф1	К2	О3	Ф2	К4	Ф3	К5	К6	О14
	Bacillariophyta									
1	<i>Amphora ovalis</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+
2	<i>Asterionella formosa</i>	-	-	-	+	-	+	+	-	+
3	<i>Aulacoseira granulata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	<i>Chaetoceros borealis</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
5	<i>Cocconeis placentula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
6	<i>Coscinodiscus rothii</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-
7	<i>Cymatopleura solea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
8	<i>Diploneis ovalis</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-
9	<i>Epithemia sorex</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	-
10	<i>Fragilaria construens</i>	+	+	+	+	+	-	-	+	-
11	<i>Fragilaria crotonensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-
12	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-
13	<i>Melosira moniliformes</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-
14	<i>Melosira varians</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-
15	<i>Navicula sp.</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+
16	<i>Nitzschia acicularis</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+
17	<i>Nitzschia holsatica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+
19	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
20	<i>Nitzschia sp.</i>	+	-	+	-	+	-	+	+	-
21	<i>Nitzschia tryblionella</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
22	<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-
23	<i>Rhopalodia gibba</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-
24	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	+
25	<i>Synedra acus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	-
27	<i>Thalassiosira sp.</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	-
28	<i>Tropidoneis lepidoptera</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-
	Chlorophyta									
29	<i>Actinastrum hantzschii</i>	-	-	-	+	-	+	+	+	-
30	<i>Closterium acutum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-
31	<i>Closterium moniliferum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-
32	<i>Coelastrum astroideum</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	+
33	<i>Coelastrum microporum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-
34	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	+	+	-	-	-	+	-	+	+
35	<i>Oocystis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
36	<i>Pediastrum boryanum</i>	+	-	-	-	-	+	+	-	-
37	<i>Pediastrum duplex</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	-
38	<i>Pediastrum tetras</i>	+	+	+	-	-	-	-	+	+
39	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-

Окончание табл. 1

№ п/п	Таксон	Станции отбора								
		Ф1	К2	О3	Ф2	К4	Ф3	К5	К6	О14
40	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
41	<i>Tetraedron incus</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-
42	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Cyanoprokaryota										
43	<i>Anabaena spiroides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	-	+	+	-	-	+	+	+	+
45	<i>Gloeocapsa turgida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+
46	<i>Merismopedia glauca</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	+
47	<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Chrysophyta										
45	<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-
46	<i>Mallomonas sp.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Dinophyta										
47	<i>Peridinium sp.</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-

Примечание: составлено авторами на основе данных, полученных в ходе исследования.

Таблица 2

Количественные показатели фитопланктона в точках контроля
при проведении дноуглубительных работ
морского порта Архангельск в летний период 2025 г.

Станция отбора	Численность, тыс. кл./л	Биомасса, мг/л	Количество видов, шт.
Ф1	1060,00	0,094	15
К2	603,75	0,101	16
О3	1002,50	0,126	15
Ф2	1586,25	0,334	16
К4	2171,25	0,133	18
Ф3	1748,75	0,330	18
К5	2415,00	0,369	23
К6	2901,25	0,337	20
О14	3106,25	0,274	24

Примечание: составлено авторами на основе данных, полученных в ходе исследования.

Наибольший вклад в численность фитопланктона внесли цианопрокариоты (79% численности). Основу биомассы составили диатомовые (79% биомассы) за счет крупной *Rhopalodia gibba* и *Tropidoneis lepidoptera*. Численность составила от 603,75 до 1002,5 тыс. кл./л, что было меньше фоновых значений из-за отсутствия колониальной цианопрокариоты *Microcystis aeruginosa*. Значения биомассы значительно не отличались от фоновых и варьировали от 0,101 до 0,126 мг/л.

В Устьяновском канале (станции – К4, Ф2) видовой состав представлен 25 видами и надвидовыми таксонами, отно-

сящимися к 4 отделам микроводорослей: диатомовые (Bacillariophyta) – 19 видов, зеленые (Chlorophyta) – 3, цианопрокариоты (Cyanoprokaryota) – 2, золотистые (Chrysophyta) – 1 вид. Наибольший вклад в численность фитопланктона внесли цианопрокариоты (от 85 до 91% численности). Основу биомассы составили диатомовые (от 50 до 62% биомассы) за счет крупной *Tropidoneis lepidoptera* и колониальных *Chaetoceros borealis*, *Aulacoseira granulata*, *Thalassiosira sp.*, *Melosira moniliformes*. Численность составила от 1586,25 до 2171,25 тыс. кл./л, биомасса – от 0,133 до 0,334 мг/л.

В Чижовском канале (К6) обнаружено 20 видовых и надвидовых таксонов, основу составили диатомовые (Bacillariophyta) и зеленые (Chlorophyta) водоросли (9 и 7 видов соответственно), в меньшей степени представлены цианопрокариоты (Cyanoprokaryota) и динофитовые (Dinophyta) микроводоросли. Наибольший вклад в численность фитопланктона внесли цианопрокариоты (91% численности). Основу биомассы составили диатомовые водоросли (43% биомассы) за счет крупной *Coscinodiscus rothii* и колониальных *Aulacoseira granulata* и *Nitzschia holsatica*. Вклад цианопрокариот в общую биомассу составил 23%. Численность составила 2901,25 тыс. кл./л, что было выше фоновых значений из-за большей численности колониальной цианопрокариоты *Anabaena spiroides*. Биомасса составила 0,337 мг/л и не отличалась от фоновых значений.

В районе Лапоминского канала (станции – К5, Ф3, О14) сообщество фитопланктона представлено 36 видовыми и надвидовыми таксонами (табл. 3), принадлежащими пяти отделам микроводорослей: диатомовые (Bacillariophyta) – 17 видов, зеленые (Chlorophyta) – 12, цианопрокариоты (Cyanoprokaryota) – 5, золотистые (Chrysophyta) – 1, динофитовые (Dinophyta) – 1 вид.

Основу биомассы составили зеленые (от 32 до 42% биомассы) за счет колониальных представителей рода *Pediastrum*, а также диатомовые (от 34 до 47% биомассы) водоросли за счет крупных *Cymatopleura solea*, *Nitzschia sigmaidea* и колониальных *Aulacoseira granulata*, *Nitzschia holsatica*. На станции О14 основу биомассы также составляли цианопрокариоты (45% биомассы) за счет колониальных *Anabaena spiroides* и *Microcystis aeruginosa*. Численность составляла от 1748,75 до 3106,45 тыс.кл./л, биомасса от 0,274 до 0,369 мг/л.

Зоопланктон. При проведении исследований сообществ зоопланктона всего в данном районе выявлено 35 видовых и надвидовых таксонов, относящихся к пяти систематическим группам: подклассу Copepoda (веслоногие рачки), надотряду Cladocera (ветвистоусые рачки), классу Rotifera (коловратки), подклассу Cirripedia (уконогие), классу Ostracoda (ракушковые раки). Также в пробах отмечалась личиночная стадия морских моллюсков – класс Bivalvia. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса Copepoda, которые представлены 21 видом и надвидовым таксоном, Cladocera (ветвистоусые рачки) представлены – 11 видами, Rotifera,

Ostracoda и подкласс Cirripedia представлены 1 видом.

Численность зоопланктона варьировала от 219 экз./м³ (Устьяновский канал) до 11 818 экз./м³ (Лапоминский канал), максимальная биомасса составляла 289,33 мг/м³ (Лапоминский канал), минимальная 5,96 мг/м³ (Устьяновский канал).

Основу качественного и количественного состава формировали представители отряда веслоногих ракообразных Calanoida с явным доминированием типичного морского бореального теплолюбивого вида *Acartia longiremis*, который вносил наибольший вклад в общую численность и биомассу на всех точках контроля и составлял в зависимости от участка 59,6–90,4% от общей численности и 44,0–86,1% от общей биомассы. Максимальная величина вклада данного вида в общую численность (90,4%) и биомассу (86,1%) наблюдается на станции Ф2 – Устьяновский канал.

Видовой состав зоопланктона на фоновой станции (Ф1) преимущественно сформирован типично морскими бореальными видами (*Acartia longiremis*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus minutus*), единично встречаются пресноводные виды (*Ceriodaphnia quadrangula*, *Sida crystallina*, *Acanthocyclops vernalis* *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*). Всего выявлен 21 вид и надвидовой таксон зоопланктона, относящийся к 3 систематическим группам: подклассу Copepoda (веслоногие рачки), надотряду Cladocera (ветвистоусые рачки), подклассу Cirripedia (уконогие). Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса Copepoda, которые представлены 14 видовыми и надвидовыми таксонами, Cladocera (ветвистоусые рачки) представлены 6 видами, подкласс Cirripedia 1 видом.

Основу качественного и количественного состава формировали представители отряда веслоногих ракообразных Calanoida, с доминированием вида *Acartia longiremis*. Вклад в общую численность и биомассу данного вида составляет 87,8 и 75,1% соответственно. Общая численность зоопланктона составляет 2391 экз./м³, биомасса – 68,01 мг/м³.

В канале Мудьюгских башен (станции – К2, О3) существенных изменений в видовом составе зоопланктона на станции К2, по сравнению с фоновой станцией канала (Ф1), не наблюдается. Видовой состав зоопланктона преимущественно сформирован также типично морскими бореальными видами (*Acartia longiremis*, *Temora longicornis*,

Pseudocalanus minutus), единично встречаются пресноводные виды (*Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Asplanchna priodonta*). Всего выявлено 23 видовых и надвидовых таксона зоопланктона, относящихся к 4 систематическим группам: подклассу Copepoda (веслоногие рачки), надотряду Cladocera (ветвистоусые рачки), классу Rotifera (коловратки), подклассу Cirripedia (уконогие). Отмечалась личиночная стадия морских моллюсков – класс Bivalvia. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса Copepoda, которые представлены 15 видами и надвидовыми таксонами, Cladocera (ветвистоусые рачки) представлены 5 видами, класс Rotifera, подкласс Cirripedia и класс Bivalvia – по 1 виду.

Основу качественного и количественного состава также формировали представители отряда веслоногих ракообразных Calanoida с доминированием вида *Acartia longiremis*. Вклад в общую численность и биомассу данного вида составляет 59,6 и 66,1% соответственно. Однако общая численность и биомасса ниже, чем на станции Ф1, и составляет от 1484 до 331 экз./м³, биомасса – от 40,44 до 7,71 мг/м³ соответственно. Уменьшение значений данных показателей происходит преимущественно за счёт снижения численности всех видов, в том числе доминирующего вида *Acartia longiremis* (табл. 3).

В Устьяновском канале (станции – К4, Ф2) видовой состав зоопланктона преимущественно сформирован типично морскими бореальными видами (*Acartia longiremis*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*), единично встречаются пресноводные виды (*Ceriodaphnia quadrangula*, *Sida crystallina*, *Acanthocyclops vernalis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*). Всего выявлено 27 видовых и надвидовых таксонов зоопланктона, относящихся к 4 систематическим группам: подклассу Copepoda (веслоногие рачки), надотряду Cladocera (ветвистоусые рачки), подклассу Cirripedia (уконогие), классу Ostracoda (ракушковые раки). Также в пробах отмечалась личиночная стадия морских моллюсков – класс Bivalvia. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса Copepoda, которые представлены 18 видами и надвидовыми таксонами, Cladocera (ветвистоусые рачки) представлены 6 видами, подкласс Ostracoda и подкласс Cirripedia, класс Bivalvia представлены 1 видом.

Основу качественного и количественного состава формировали представители отряда веслоногих ракообразных Calanoida, с доминированием вида *Acartia longiremis*. Вклад в общую численность и биомассу данного вида составляет 90,4 и 86,1% соответственно. Общая численность зоопланктона составляет от 220 до 1868 экз./м³, биомасса от 5,96 до 53,49 мг/м³.

В Чижовском канале (К6) выявлены 2 систематические группы – подкласс Copepoda (веслоногие рачки) и надотряд Cladocera (ветвистоусые рачки). Видовой состав зоопланктона преимущественно сформирован также типично морскими бореальными видами (*Acartia longiremis*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus minutus*), встречаются, хоть и в меньшем количестве по сравнению с фоновой станцией, пресноводные виды (*Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops scutifer*). Всего выявлено 19 видов и надвидовых таксонов зоопланктона. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса Copepoda, которые представлены 14 видовыми и надвидовыми таксонами, Cladocera (ветвистоусые рачки) представлены 5 видами.

Основу качественного и количественного состава также формировали представители отряда веслоногих ракообразных Calanoida с доминированием вида *Acartia longiremis*. Вклад в общую численность и биомассу данного вида составляет 72,5 и 70,8% соответственно. Однако общая численность и биомасса существенно ниже, чем на станции Ф1, и составляет 365 экз./м³, биомасса – 9,82 мг/м³. Уменьшение значений данных показателей происходит преимущественно за счёт снижения численности всех видов, в том числе доминирующего вида *Acartia longiremis*.

Видовой состав зоопланктона Лапоминского канала (станции – К5, Ф3, О14) преимущественно сформирован типично морскими бореальными видами, а также видами-космополитами (*Acartia longiremis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Bosmina* (*Eubosmina*) *coregoni*), широко представлены пресноводные виды (*Ceriodaphnia quadrangula*, *Sida crystallina*, *Acanthocyclops vernalis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris*, *Daphnia longispina*). Всего выявлено 28 видовых и надвидовых таксонов зоопланктона, относящихся к 3 систематическим группам: подклассу Copepoda (веслоногие рачки), надотряду Cladocera (ветвистоусые рачки), классу Ostracoda (ракушковые раки).

Таблица 3

Видовой состав зоопланктона в точках контроля при проведении дноуглубительных работ морского порта Архангельск в летний период 2025 г.

№ п/п	Таксон	Станции отбора								
		Ф1	К2	О3	Ф2	К4	Ф3	К5	К6	О14
Copepoda										
1	<i>Acanthocyclops vernalis</i>	+	–	–	–	–	+	+	–	+
2	<i>Acartia juv</i>	–	–	–	+	–	–	–	–	–
3	<i>Acartia longiremis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	<i>Calanoida sp.</i>	+	+	+	+	+	–	+	+	–
5	<i>Calanus glacialis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	<i>Centropages hamatus</i>	–	–	+	+	–	–	–	–	+
7	<i>Copepoda nauplii</i>	+	+	+	+	–	–	+	+	–
8	<i>Cyclops furcifer</i>	+	–	+	+	–	–	+	+	+
9	<i>Cyclops scutifer</i>	–	–	–	+	–	–	–	+	+
10	<i>Cyclops strenuus</i>	+	–	+	+	+	+	–	–	+
11	<i>Ectocyclops phaleratus</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–
12	<i>Eurytemora affinis</i>	+	+	+	+	–	+	+	+	+
13	<i>Harpacticoida sp.</i>	–	–	–	–	+	–	–	+	–
14	<i>Mesocyclops leuckarti</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	<i>Metridia longa</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–
16	<i>Microcyclops varicans</i>	–	+	–	–	–	+	–	+	–
17	<i>Microsetella norvegica</i>	+	+	+	+	–	+	+	+	+
18	<i>Oithona similis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	<i>Pseudocalanus minutus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	<i>Temora longicornis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	<i>Triconia borealis</i>	+	–	+	+	–	–	+	–	+
Cladocera										
22	<i>Alona quadrangularis</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–
23	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i>	+	+	+	+	+	–	+	+	+
24	<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i>	+	–	–	–	–	+	–	+	+
25	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	+	–	+	+	–	+	+	+	+
26	<i>Chydorus sphaericus</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	–
27	<i>Cladocera juv.</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–
28	<i>Daphnia cucullata</i>	–	–	+	+	–	–	+		+
29	<i>Daphnia longispina</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–
30	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31	<i>Podon leuckarti</i>	+	+	–	+	–	–	–	–	–
32	<i>Sida crystallina</i>	+	–	–	+	–	+	–	–	+
Rotatoria										
33	<i>Asplanchna priodonta (Gosse)</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–
Cirripedia										
34	<i>Verruca stroemia</i>	+	+	–	+	+	–	–	–	–
Ostracoda										
35	<i>Boreostoma variabile</i>	–	–	–	+	–	+	–	–	+
Bivalvia										
36	<i>Bivalvia sp.</i>	–	+	–	+	–	–	+	+	–
	<i>Всего таксонов</i>	21	18	18	23	15	21	18	19	21

Примечание: составлено авторами на основе данных, полученных в ходе исследования.

Также в пробах отмечалась личиночная стадия морских моллюсков – класс *Bivalvia*. Наибольшее видовое разнообразие принадлежало представителям подкласса *Copepoda*, которые представлены 18 видами и надвидовыми таксонами, *Cladocera* (ветвистоусые рачки) представлены 9 видами, класс *Ostracoda* и *Bivalvia* – 1 видом.

Основу качественного и количественного состава формировали представители отряда веслоногих ракообразных *Calanoida* с доминированием вида *Acartia longiremis*. Вклад в общую численность и биомассу данного вида составляет 87,7 и 83,4% соответственно. Общая численность зоопланктона составляет от 800 до 11818 экз./м³, биомасса – от 26,84 до 289,33 мг/м³ (табл. 4).

Таблица 4

Значения численности и биомассы зоопланктона в точках контроля при проведении дноуглубительных работ морского порта Архангельск в августе 2025 г.

Станция	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³
Ф1	2391	68,01
К2	331	7,71
О3	1484	40,44
Ф2	1868	53,491
К4	220	5,96
Ф3	11818	289,33
К5	800	26,84
К6	365	9,82
О14	1501	31,36

Примечание: составлено авторами на основе данных, полученных в ходе исследования.

Существенное увеличение значений гидробиологических показателей на станции Ф3, происходит за счёт наличия, наравне с морскими, большого количество пресноводных видов, что объясняется её местоположением в эстуарной фронтальной зоне смешения морских и пресных вод.

Макрозообентос. За период исследования было обнаружено 4 вида и надвидовых таксона в бентофауне, среди которых два вида полихет и два вида моллюсков. Встреченные организмы относились к двум типам (кольчатые черви *Annelida*, моллюски *Mollusca*) и двум классам (многощетинковые черви *Polychaeta*, двустворчатые моллюски *Bivalvia*). Численность макрозообентоса составила от 1,33 до 21 экз./м², составив

в среднем 7,42 экз./м², биомасса характеризовалась показателями от 0,04 до 2,35 г/м², составив в среднем 0,81 г/м². Обследованные станции отличаются по типам грунтов, хотя и незначительно. Средне- и мелкозернистые песчаные, илисто-песчаные и глинистые грунты с примесью ракушки, гниющей органики накладывают отпечаток на развитие сообществ животных, среди которых наиболее распространенными являются виды, живущие в верхнем слое грунта.

Видовой состав макрозообентоса на фоновой станции (Ф1) представлен многощетинковыми червями *Polychaeta* gen. spp. Выявлен один надвидовой таксон. Грунты представлены заиленным песком и глиной. Общая численность составляет 1,43 экз./м², биомасса – 0,92 г/м².

В канале Мудьюгских башен (станции – К2, О3) существенных изменений в видовом составе макрозообентоса на станциях по сравнению с фоновой станцией канала (Ф1) не наблюдается. Видовой состав сформирован также многощетинковыми червями *Polychaeta* gen. spp. Общая численность составляет 5,65 экз./м², биомасса – 1,08 г/м². На станции К2 грунты представлены неплотным илом, в составе бентосного сообщества обнаружен один вид – молодь *Macoma balthica*, общая численность составляет 21 экз./м², биомасса – 0,13 г/м².

В Устьяновском канале (станции – К4, Ф2) видовой состав несколько богаче, выявлено 3 видовых и надвидовых таксона.

На станции К4 грунты представлены илом и среднезернистым песком, в составе бентосного сообщества обнаружено два вида – молодь *Macoma balthica*, *Polychaeta* gen. spp. Общая численность составляет 15,96 экз./м², биомасса – 1,64 г/м².

На станции Ф2 грунты представлены мелкозернистым песком, в составе бентосного сообщества обнаружено два вида моллюсков – молодь *Macoma balthica* и *Mya arenaria*, общая численность составляет 6,65 экз./м², биомасса – 0,75 г/м².

В Чижевском канале (К6) выявлен один вид полихет – *Phyllodoce maculata*. Грунты представлены илом с остатками гниющей растительности. Общая численность составляет 4,04 экз./м², биомасса – 0,21 г/м².

Видовой состав макрозообентоса Лапоминского канала (станции – К5, Ф3, О14) преимущественно сформирован двустворчатыми моллюсками. На станции К5 грунты представлены илом с остатками гниющей древесины. В составе бентосного сообщества обнаружен моллюск – молодь

Macoma balthica, общая численность составляет 8,08 экз./м², биомасса – 2,35 г/м². На станции Ф3 грунты представлены мелкозернистым песком, в составе бентосного сообщества обнаружено два вида полихет – *Phyllodoce maculata* и *Polychaeta* gen. spp. Общая численность составляет 2,66 экз./м², биомасса – 0,04 г/м². На станции О14 грунты представлены илом, в составе бентосного сообщества обнаружен моллюск – молодь *Macoma balthica*. Общая численность составляет 1,33 экз./м², биомасса – 0,21 г/м².

В таблице 5 указаны значения численности и биомассы макрозообентоса в точках контроля при проведении дноуглубительных работ морского порта Архангельск в августе 2025 г.

Таблица 5

Значения численности и биомассы макрозообентоса в точках контроля при проведении дноуглубительных работ морского порта Архангельск в августе 2025 г.

Станция	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
Ф1	1,43	0,92
К2	21,00	0,13
О3	5,65	1,08
Ф2	6,65	0,75
К4	15,96	1,64
Ф3	2,66	0,04
К5	8,08	2,35
К6	4,04	0,21
О14	1,33	0,21

Примечание: составлено авторами на основе данных, полученных в ходе исследования.

Приведенные показатели биомассы и численности макрозообентоса согласуются с данными других авторов и расчетами средней продуктивности для разных участков Белого моря [15; 16].

Закключение

Сообщество фитопланктона в основном представлено пресноводными и солоноватоводными видами прибрежных ценозов. Несмотря на то, что на всех станциях отбора проб в основе видового состава выступали диатомовые водоросли, доминировали по численности и биомассе виды цианопрокариот *Anabaena spiroides* и солоноватоводный вид – *Microcystis aeruginosa*, за исключением станции К2, где в роли

доминанта выступила только *Anabaena spiroides*. Минимальные значения численности и биомассы зафиксированы в районе канала Мудьюгских башен на станции К2, максимальные значения в районе Лапоминского канала на станции О14 и К5 соответственно. На всех станциях отбора проб, за исключением станции К2 – значения численности и биомассы выше относительно фоновой станции. Стоит отметить, что наличие доминирующих вышеперечисленных видов водорослей, обнаруженных в ходе проведения исследования, обуславливает «цветение воды», а также свидетельствует об умеренном загрязнении вод. Таким образом, для понимания факторов развития цианопрокариот в данном районе следует обратить внимание на динамику содержания органических и биогенных веществ в исследуемых водах, а также на ряд других гидрохимических показателей. Сообщество зоопланктона на всех станциях отбора представлено как типичными морскими видами, так и пресноводными, с явным доминированием характерного для данного района морского бореального теплолюбивого вида – *Acartia longiremis*, который вносил наибольший вклад в общую численность и биомассу на всех станциях. На всех станциях, за исключением станции Лапоминского канала – Ф3, значения гидробиологических показателей – численности и биомассы были ниже, чем на фоновой станции. Минимальные значения численности и биомассы зафиксированы в районе Устьяновского канала на станции К4, максимальные в районе Лапоминского канала на станции Ф3. Установлено также, что видовой состав на станциях отбора проб существенно не отличался от выявленного видового состава фоновой станции. Видовое разнообразие остаётся идентичным или несущественно снижается относительно фоновой станции. При этом обнаруженные морские виды являются характерными для зоопланктонного сообщества прибрежных вод Двинского залива Белого моря, а выявленные пресноводные виды – типичными представителями устьевой области р. Северная Двина. Таким образом, можно говорить о том, что работы по углублению канала влияют на видовой состав незначительно, наибольшее их влияние связано с уменьшением значений численности и биомассы. В ходе работ выявлено, что состав макрозообентоса характеризуется низким видовым и таксономическим разнообразием (четыре таксона,

относящихся к двум классам – Polychaeta и Bivalvia). Численность и биомасса также незначительны, что связано с антропогенной нагрузкой на этот участок реки.

Представленные данные обладают значительным потенциалом для комплексной оценки экологического ущерба, а также для анализа воздействия различных форм водопользования в активно эксплуатируемой акватории Северной Двины. Данные исследований могут быть использованы специалистами при проведении рыбохозяйственного мониторинга, который демонстрирует экологические последствия негативного антропогенного воздействия. Данные о биомассе сообществ гидробионтов используются при расчёте последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания. Эти материалы могут быть интегрированы в научные исследования, направленные на изучение биогеохимических процессов в устье реки.

Список литературы

1. Кравцова В.И., Вахнина О.В., Лебедева С.В., Харьковец Е.Г., Чалова Е.Р. Современная динамика дельты Северной Двины: исследование по разновременным космическим снимкам // Водные ресурсы. 2023. Т. 50. № 1. С. 3–14. DOI: 10.31857/S0321059623010108.
2. Лоща Белого моря (№ 1110). СПб.: ГУНМО МО РФ, 2021. 411 с.
3. Коробов В.Б., Шевченко В.П., Котова Е.И. Нерешенные задачи исследования устьевой области Северной Двины // Океанологические исследования. 2022. Т. 50. № 2. С. 125–138. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(2).6.
4. Торцев А.М. Система факторов антропогенного воздействия на иктюфауну бассейна реки Северная Двина // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. № 4. С. 606–619. DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-606-619.
5. Имант Е.Н., Новоселов А.П. Динамика состава зоопланктона нижнего течения реки Северная Двина и некоторые факторы, определяющие его численность // Экология. 2021. № 1. С. 40–50 DOI: 10.31857/S0367059721010042.
6. Новоселов А.П., Имант Е.Н., Артемьев С.Н., Матвеев Н.Ю., Матвеева А.Д. Современное состояние планктонных и бентосных сообществ устьевой области реки Северная Двина // Экология. 2022. Т. 60, № 3. С. 211–220. DOI: 10.31857/S0367059722030088.
7. Иглин С.М., Алабян А.М., Коробов В.Б. Особенности штормовой заносимости канала Мудьюгских башен в морском порту Архангельск в устье Северной Двины // Океанология. 2022. Т. 62. № 4. С. 648–659. DOI: 10.31857/S0030157422040037.
8. Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского планктона: учебно-методическое пособие для студентов биологических специальностей университетов. М.: Мордвинцев, 2010. 60 с. URL: <https://docs.yandex.ru/docs?type=docx> (дата обращения: 10.12.2025). ISBN: 978-5-904480-03-5.
9. Методы гидробиологических исследований внутренних вод / под ред. А.В. Крылова. Ярославль: Филигрань, 2024. 592 с. URL: <https://www.ibiw.ru/download/4222116.PDF>. (дата обращения: 10.12.2025). ISBN: 978-5-6052860-0-4.
10. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. Ленинград: Гидрометеониздат, 1980. 192 с. URL: <https://djvu.online/file/wS3bYNNVpnCLmo> (дата обращения: 10.12.2025).
11. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. Товарищество научных изданий КМК. Т. 1. 2010. 495 с. URL: <https://djvu.online/file/017r3VusguUHO>. (дата обращения: 10.12.2025). ISBN 978-5-9907572-4-0.
12. Кононова О.Н., Фефилова Е.Б. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона Европейского Севера России. Сыктывкар, 2018. 152 с. ISBN: 978-5-89606-572-2.
13. Илюшин Д.Г., Исаченко А.И., Шабалин Н.В., Мокиевский В.О. Современные методы исследования донных сообществ // Инженерные изыскания. 2014. № 9–10. С. 95–101. EDN: TEGEYN.
14. Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас / Под ред. А.Б. Цетлина, А.Э. Жадан, Н.Н. Марфенина. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 471 с. URL: <https://www.cnsb.ru/content/2024/04340833.pdf> (дата обращения: 10.12.2025). ISBN: 978-5-87317-672-4.
15. Артемьев С.Н., Новоселов А.П., Левицкий А.Л. «Таксономическое и видовое разнообразие макрозообентоса в Двинском заливе Белого моря» // Arctic Environmental Research. 2017. Vol. 17. № 4. Р. 302–320. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.4.308.
16. Студенова М.А., Студенов И.И., Чупов Д.В., Самодов А.С. «Зообентос дельты реки Северная Двина» // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 34–39. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-060-065.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.