

## Зоопланктон, зообентос, зооперифитон

УДК 581.526. (268.46)

### СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ НИКОЛЬСКОГО УСТЬЯ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2022 ГОДА

Е. В. Медведева\*, В. А. Горенко, М. И. Зметная

Северный филиал "ВНИРО",

163002 г. Архангельск, ул. Урицкого, 17, e-mail: \*medvedeva@severniro.ru

Поступила в редакцию 25.04.2023

Работа является частью экологического мониторинга Никольского устья р. Северная Двина, выполненного в 2022 г. с целью комплексных исследований водных биологических ресурсов и среды их обитания. Получены сведения о видовом разнообразии и структуре планктонных сообществ исследуемого объекта, относящегося к водосборному бассейну р. Северная Двина. Показан таксономический состав фитопланктона и зоопланктона в осенний период 2022 г. Оценено видовое разнообразие с использованием индекса Шеннона, основанного на относительном обилии видов, индекса Менхиника, определяющего видовое богатство, выявлены средние показатели численности и биомассы фитопланктона Никольского устья. Рассчитан индекс сапробности Пантле-Букка для оценки загрязнения природных вод. По данным наблюдений зарегистрировано 53 таксона водорослей рангом ниже рода и 21 таксон зоопланктонных организмов. Установлено, что основу альгофлоры составляли диатомовые водоросли. Основу зоопланктонного сообщества составляли веслоногие ракообразные. Новые данные о состоянии фитопланктонного и зоопланктонного сообществ могут служить информационной и методической основой для разработки программ экологического мониторинга водных экосистем региона.

*Ключевые слова:* альгоценоз, фитопланктон, зоопланктон, видовое разнообразие, индекс Шеннона, индекс Менхиника, Никольское устье.

DOI: 10.47021/0320-3557-2023-55-64

#### ВВЕДЕНИЕ

Река Северная Двина, в частности ее устьевая область, испытывает огромную антропогенную нагрузку от многочисленных источников загрязнения, расположенных вдоль ее притоков и непосредственно в низовье реки. Никольское устье – особый географический объект, охватывающий район смешения морских распресненных вод Двинского залива Белого моря и пресных вод р. Северная Двина. Также он подвержен сильному антропогенному влиянию от деятельности промышленных объектов и хозяйственно-бытовых стоков, находящихся в городе Северодвинск. Фитопланктон является начальным звеном трофической цепи и первым реагирует на изменения состояния водной среды и автотрофом с высокой скоростью воспроизводства, участвует в формировании качества воды, биоты водотока и может служить индикатором, отражающим состояние всей водной экосистемы [Абакумов, 1983 (Abakumov, 1983)]. Изучение организации и функционирования фитопланктонных сообществ в условиях значительной антропогенной нагрузки давно стало неотъемлемой частью гидробиологического мониторинга [Шуберт, 1988 (Schubert, 1988)]. Однако фитопланктон Никольского устья, расположенного в городской черте, исследован крайне слабо. В связи с этим изучение структурной организации водорослевых сообществ усть-

своей акватории позволит внести определенный вклад в понимание закономерностей формирования и функционирования планктонных альгоценозов как ключевого элемента в процессах биотического круговорота и самоочищения вод в условиях повышенного антропогенного воздействия. Зоопланктон является основным промежуточным звеном между первичными продуцентами и рыбами. Сообщество зоопланктонных организмов также служит характеристикой состояния водной среды [Абакумов, 1992 (Abakumov, 1992); Арашкевич, 2021 (Arashkevich, 2021)].

Основу гидрографической сети дельты р. Северная Двина составляют три рукава: Никольский, Мурманский и Корабельный, впадающие в море. Рукава имеют типичное эстуарийное расширение русла, именуемое устьем. Никольский рукав при впадении формирует основное Пудожемское устье и небольшое, самое западное, Никольское устье, ширина которого на створе 2 км, глубина варьируется от 3 м до 15 м. Современный облик устья приобрело в конце суббореального времени, когда уровень Белого моря стабилизировался. Поверхность коренных берегов является древним абразионным уступом послеледникового моря, местами имея обрывистый характер, местами характер пологого склона. В узкой полосе побережья, а также по дну прибрежья

распространены пески, иногда с примесью гальки и валунов. Почти повсюду берега окаймлены песчаной или песчано-каменистой полосой осушки [Лебедева, Алабян, 2016 (Lebedeva, Alabyan, 2016); Зотин и др., 1965 (Zotin et al., 1965); Artemyev, Romankevich, 1988]. Никольское устье р. Северная Двина является приливным, период приливных колебаний со-

ставляет около 12.5 ч, что в свою очередь влияет на гидробиологические характеристики.

Целью данной работы является выявление особенностей таксономической структуры фитопланктонного и зоопланктонного сообществ и оценка качества смешанных вод Никольского устья р. Северная Двина в период мониторинга 2022 г.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для изучения послужили результаты исследований четырех проб фитопланктона и четырех проб зоопланктона, отобранных в ноябре 2022 г. с 4 заданных точек (станции № Ф1, № Ф2, № 1 и № 2).

Гидробиологический материал для исследования фитопланктона отбирали пластиковым пробоотборником объемом 1 л с глубины 0.1–2 м и фиксировали 40%-ным формалином до слабого запаха в соответствии с общепринятыми для альгологических исследований методами [Садчиков, 2003 (Sadchikov, 2003); Абакумов, 1992 (Abakumov, 1992)]. Ступение осуществляли осадочным способом. Обработку собранного материала проводили камерально путем визуализации с использованием лабораторного микроскопа Микмед-6. Видовую принадлежность выявляли с помощью определителей и базы данных Интернет-ресурса (WoRMS) и Algaebase [Криштович, 1949 (Krishtovich, 1949); Комаренко, Васильева 1975 (Komarenko, Vasilyeva, 1975); Голлербах, Полянский, 1953 (Gollerbach, Polyansky, 1953); Прошкина-Лавренко, 1951 (Proshkina-Lavrenko, 1951); Киселев, 1980 (Kiselev, 1980)].

Зоопланктон для получения количественных и качественных показателей собирали планктонной сетью Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и мельничным газом № 38 методом тотального облова всего столба воды от дна до поверхности. Пробы зоопланктона фиксировали 4%-ным нейтральным рас-

твором формалина. Обработку проводили по стандартной методике [Абакумов, 1992 (Abakumov, 1992)] камерально путем визуализации с использованием микроскопа МБС-10 и Биомед-6 ПР2. Количественную обработку проб проводили с использованием счетной камеры Богорова. Видовую принадлежность определяли с помощью определителей и базы данных Интернет-ресурса (WoRMS) [Алексеев, Цалолихин, 2010 (Alekseev, Tsalolikhin, 2010); Гаевская, 1948 (Gaevskaya, 1984); Цетлин и др., 2010 (Cetlin et al., 2010)]. Биомассу планктонных организмов рассчитывали по их средним весам. Биомассу и численность зоопланктона рассчитывали на 1 м<sup>3</sup> профильтрованной воды [Кононова, Фефилова, 2018 (Kononova, Fefilova, 2018); Кособокова, 2012 (Kosobokova, 2012); Трошков, 2005 (Troshkov, 2005)].

Проведен сравнительный анализ количественных показателей (численность, биомасса) разных систематических групп фитопланктона и зоопланктона. Для оценки устойчивости сообществ использовали индекс Шеннона, рассчитанный как по численности, так и по биомассе [Шитиков, 2003 (Shitikov, 2003)]. Для определения степени загрязненности воздействовали индекс сапробности по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека [Абакумов, 1992 (Abakumov, 1992)]. Все этапы вычислений и построение графических таблиц выполнены с использованием программы MO Excel.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В составе фитопланктона исследованной акватории выявлено 53 таксона микроводорослей, 49 из которых были идентифицированы до видового уровня. По своему систематическому положению все исследованные планктонные водоросли относились к пяти отделам: Bacillariophyta (диатомовые водоросли) – 90%, Chlorophyta (зеленые водоросли) – 4%, Euglenophyta (эвгленовые водоросли), Cyanophyta (сине-зеленые водоросли) и Dinophyta (динофитовые водоросли) – по 2% (табл. 1). Основу фитоценоза в исследованном водотоке составляли представители пресноводной флоры. Наибольший вклад в видовое бо-

гатство (94%) привнесли диатомовые и зеленые микроводоросли, что характерно для северных водоемов [Гецен, 1985 (Heczen, 1985)].

Во всех пробах доминирующие позиции по численности и биомассе занимали диатомовые микроводоросли – *Aulacoseira granulata* (49% общей численности и 33% общей биомассы) и *Fragilaria crotonensis* (12% общей численности и 2% общей биомассы), в роли субдоминантов выступала колониальная диатомовая *Melosira moniliformis* (7% общей численности и 31% общей биомассы) и *Thalassionema nitzschioides* (7% общей численности и 3% общей биомассы). Таким образом,

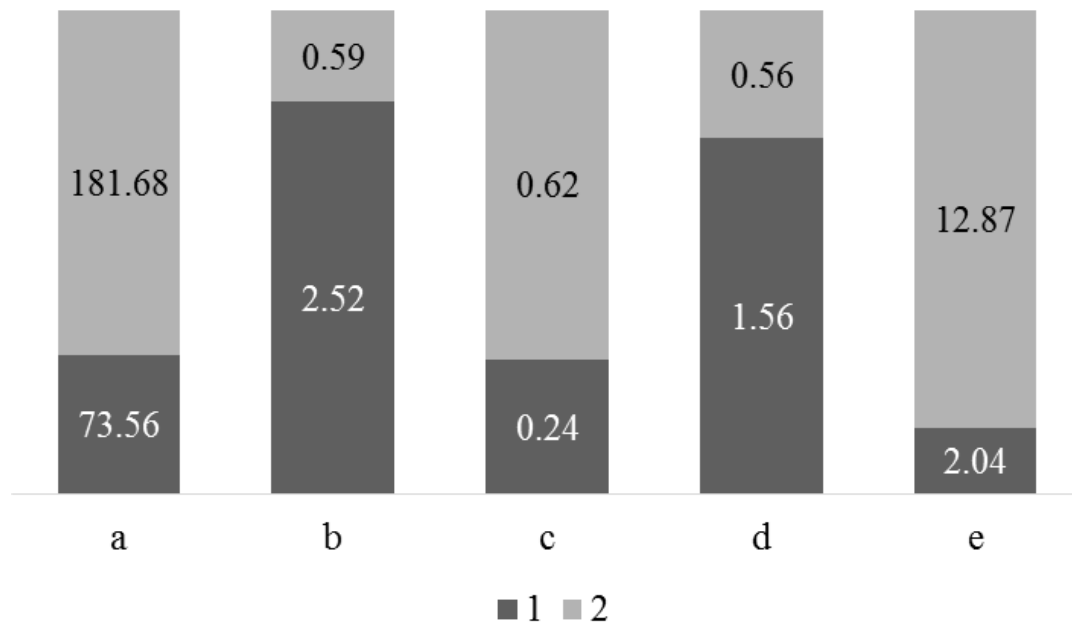
диатомовые водоросли играют важнейшую роль в формировании видового состава, они являются абсолютными доминантами по чис-

ленности и биомассе в планктоне устьевого участка реки (рис. 1).

**Таблица 1.** Распределение видов фитопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 1.** Distribution of phytoplankton species in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022

Отделы Phylum	Всего за период исследований (%) Total for the research period	Количество видов Number of types			
		Станция / Station			
		№ 1	№ 2	№ Ф1	№ Ф2
Vacillariophyta (Диатомовые)	90	25	19	22	17
Chlorophyta (Зеленые)	4	2	1	1	1
Cyanophyta (Сине-зеленые водоросли)	2	–	1	–	–
Dinophyta (Динофитовые)	2	–	1	–	1
Euglenophyta (Эвгленовые)	2	–	1	–	1
Всего:	100	27	23	23	20
Total:					



**Рис. 1.** Общая численность и биомасса по отделам микроводорослей в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г. Буквами обозначены отделы микроводорослей: а – Vacillariophyta; б – Chlorophyta; с – Euglenophyta; д – Cyanophyta; е – Dinophyta; 1 – численность (млн кл./м³); 2 – биомасса (мг/м³).

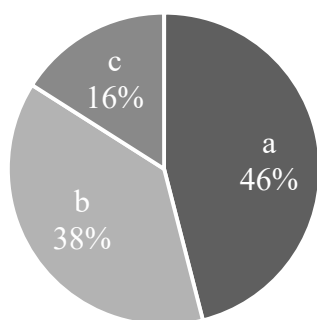
**Fig. 1.** The total number and biomass by microalgae departments in the area of the Nikolsky mouth of the Severnaya Dvina River, in November 2022, the following microalgae departments are indicated by letters: a – Vacillariophyta; b – Chlorophyta; c – Euglenophyta; d – Cyanophyta; e – Dinophyta; 1 – Number (million cells/m³); 2 – Biomass (mg/m³).

Доминирующие виды *Aulacoseira granulata* и *Fragilaria crotonensis* являются широко распространенными в планктоне пресных и слегка солоноватых вод. Микроводоросли *Melosira moniliformis* и *Thalassionema nitzschioides* типичные представители морских и солоновато-водных акваторий [Криштович, 1949 (Krishtovich, 1949); Комаренко, 1975 (Komarenko, 1975)]. Среди всех рассмотренных видов микроводорослей большинство могут обитать как в морских, так и пресных водах. Наименьшее

количество представителей морской экосистемы представлено на рисунке 2.

В исследуемых пробах значения численности и биомассы находились в диапазонах: 15.72–24.24 млн кл./м³ и 42.8–53.9 мг/м³, что соответствует осенним значениям количественных показателей фитопланктона (табл. 2).

Общая средняя численность и биомасса фитопланктона в районе Никольского устья составили 19.98 млн кл./м³ и 49.07 мг/м³ соответственно.



**Рис. 2.** Процентное распределение экологических групп фитопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г. (а – виды, широко распространенные в морских, солоноватых и пресных водах; б – пресноводные виды; с – морские виды).

**Fig. 2.** Percentage distribution of phytoplankton ecological groups in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022 (a – species widespread in marine, brackish and fresh waters; b – freshwater species; c – marine species).

Оценка  $\alpha$ -разнообразия фитопланктонного сообщества Никольского устья показала относительно высокий индекс биоразнообразия

**Таблица 2.** Количественные характеристики фитопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 2.** Quantitative characteristics of phytoplankton in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022

Показатели Indicators	Станции отбора проб / Sampling stations №			
	Станция Station № 1	Станция Station № 2	Станция Station № Ф1	Станция Station № Ф2
Численность / Size, млн кл. /м <sup>3</sup>	16.56	24.24	15.72	23.4
Биомасса / Biomass, мг/м <sup>3</sup>	46.8	53.9	42.8	52.8
Количество видов / Number of types, экз.	27	23	23	20

**Таблица 3.** Значения индексов биологического разнообразия и гидробиологический индекс сапробности фитопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 3.** Values of biological diversity indices and hydrobiological index of phytoplankton saprobity in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022

Станции отбора проб Sampling stations №	Индекс Шеннона / Shannon Index (H')		Индекс Менхиника Index Menhinika (DMn)	Индекс Сапробности Index Saprobities (I)
	По численности By number	По биомассе By biomass		
№ 1	3.50	3.46	2.29	1.82
№ 2	2.83	2.45	1.61	1.82
№ Ф1	2.91	2.64	2.01	1.52
№ Ф2	3.04	2.94	1.43	1.7
Среднее: Average:	3.07	2.87	1.83	1.71

Также из всех обнаруженных микроводорослей 28 видовых таксонов (53%) являлись видами-индикаторами органического загрязнения воды и относились к девяти группам сапробионтов. Доминировали  $\beta$ -мезосапробионты, включающие 12 видов и составляющие 43% общего числа видов-

зия (H'), его средние значения составляют по численности – 3.07, по биомассе – 2.87 [Шитиков, 2005 (Shitikov, 2005)]. Это свидетельствует о средней сложности структуры сообщества и довольно благополучном состоянии микроводорослей. Также был рассчитан индекс Менхиника (DMn), среднее значение которого составило 1.83, что говорит о невысоком видовом разнообразии (табл. 3).

Для определения уровня органического загрязнения и степени антропогенной нагрузки на биогеоценозы Никольского устья р. Северная Двина проведен сапробиологический анализ [Козина, 1977 (Kozina, 1977); Лурье, 1971 (Lurie, 1971)]. Значения индексов сапробности по Пантле и Букку в зависимости от станции исследования изменялись от 1.52 до 1.82. Среднее значение индекса сапробности составило  $1.71 \pm 0.05$ , что соответствует III классу качества вод (умеренно загрязненные) (табл. 3) [Абакумов, 1992 (Abakumov, 1992)].

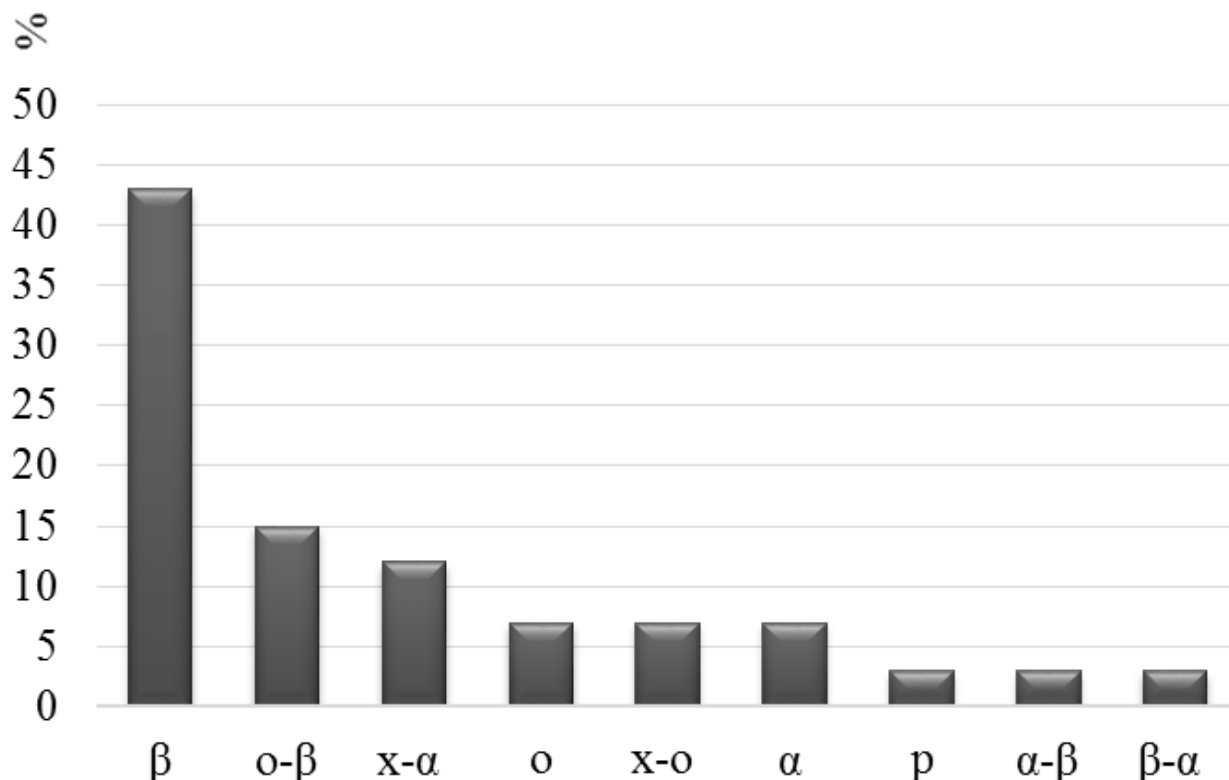
индикаторов (рис. 3). Это позволяет отнести исследуемые природные (морские) воды к  $\beta$ -мезосапробной зоне самоочищения. Микроводоросли, предпочитающие чистые воды (олигосапробионты) и загрязненные ( $\alpha$ -мезосапробионты), составляли по 7%. Виды, избирающие максимально загрязненные воды

(полисапробианты), – 3%. На переходные формы приходится в совокупности 40% [Барина, 2006 (Barinova, 2006)].

Состав зоопланктона исследованной акватории представлен 21 таксоном зоопланктонных организмов: Copepoda – 67.1%, Clado-

cera, Polychaeta, Gastropoda, Bivalvia, Bryozoa, Appendicularia и Mysidacea – по 4.7% (табл. 4).

Количественные показатели исследованного зоопланктонного сообщества были невысоки, общая средняя численность и общая средняя биомасса составляли 1005.5 экз./м<sup>3</sup> и 16.64 мг/м<sup>3</sup> соответственно (табл. 5).



**Рис. 3.** Сапробиологическая структура фитопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г. Группы индикаторов: β – β-мезосапробные; o-β – олиго-β-мезосапробные; x-α – ксено-α-мезосапробные; o – олигосапробные; x-o – ксено-олигосапробные; α – α-мезосапробные; p – полисапробные; α-β – α-β-мезосапробные; β-α – β-α-мезосапробные.

**Fig. 3.** Saprobiological structure of phytoplankton in the area of the Nikolsky mouth of the Severnaya Dvina River in November 2022. Groups of indicators: β – β-mesosaprobic; o-β – oligo-β-mesosaprobic; x-α – xeno-α-mesosaprobic; o – oligosaprobic; x-o – xeno-oligosaprobic; α – α-mesosaprobic; p – polysaprobic; α-β – α-β-mesosaprobic; β-α – β-α-mesosaprobic.

**Таблица 4.** Распределение зоопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 4.** Distribution of zooplankton species in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022

Таксон Taxon	Станции отбора проб / Sampling stations №			
	№ Ф1	№ Ф2	№ 1	№ 2
<b>Copepoda</b>				
<b>Calanoida</b>				
<i>Acartia (Acanthacartia) bifilosa</i> (Giesbrecht, 1881)	–	–	–	+
<i>A. (Acartiura) longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+	+	+
<i>A. spp. (cop.)</i>	+	+	+	+
<i>Calanus glacialis</i> (Jaschnov, 1955)	–	–	–	+
<i>Copepoda nauplii</i>	+	+	+	+
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe, 1880)	+	+	+	+
<i>Eurytemora spp. (cop.)</i>	+	+	+	+
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Krøyer, 1845)	+	+	+	–
<i>Temora longicornis</i> (Muller, 1785)	+	+	+	+
<i>Calanoida spp. (cop.)</i>	+	+	+	+

Таксон Taxon	Станции отбора проб / Sampling stations №			
	№ Ф1	№ Ф2	№ 1	№ 2
<b>Цyclopoida</b>				
<i>Oithona similis</i> (Claus, 1866)	+	+	+	+
<i>Triconia borealis</i> (Sars, 1918)	+	+	+	+
<b>Нарpacticoida</b>				
<i>Harpacticoida</i> spp. (cop.)	+	+	+	+
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1865)	+	+	+	+
<b>Branchiopoda</b>				
<b>Cladocera</b>				
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (Muller, 1785)	+	–	–	–
<b>Polychaeta</b>				
<i>Polychaeta</i> spp. (larvae)	–	–	+	+
<b>Gastropoda</b>				
<i>Gastropoda</i> spp. (larvae)	–	–	–	+
<b>Bivalvia</b>				
<i>Bivalvia</i> spp. (larvae)	+	–	+	–
<b>Bryozoa</b>				
<i>Bryozoa</i> spp. (larvae)	+	–	+	–
<b>Appendicularia</b>				
<i>Fritillaria borealis</i> (Lohmann, 1896)	–	–	+	–
<b>Mysida</b>				
<i>Mysidae</i> spp.	–	–	+	–

Самые низкие показатели отмечены на фоновой станции № Ф1. Основу зоопланктонного сообщества здесь составляли: распространенный почти повсеместно вид *Oithona similis* – 48.1% по численности (124 экз./м<sup>3</sup>), 11.7% по биомассе (0.42 мг/м<sup>3</sup>); младшие копепоидитные стадии *Eurytemora* spp. – 19.4% (50 экз./м<sup>3</sup>) и 28.2% (1.03 мг/м<sup>3</sup>); *E. affinis* 10.9% по численности (28 экз./м<sup>3</sup>) и 34.4% по биомассе (1.26 мг/м<sup>3</sup>). В фоновом пункте мониторинга № Ф2 видовой состав представлен только веслоногими рачками: доминантом также являлся вид *Oithona similis* – 77.6% по численности (1009 экз./м<sup>3</sup>) и 44.1% по биомассе (5.39 мг/м<sup>3</sup>); boreальный вид *Temora longicornis* – 6.3% (82 экз./м<sup>3</sup>) и 21.1%

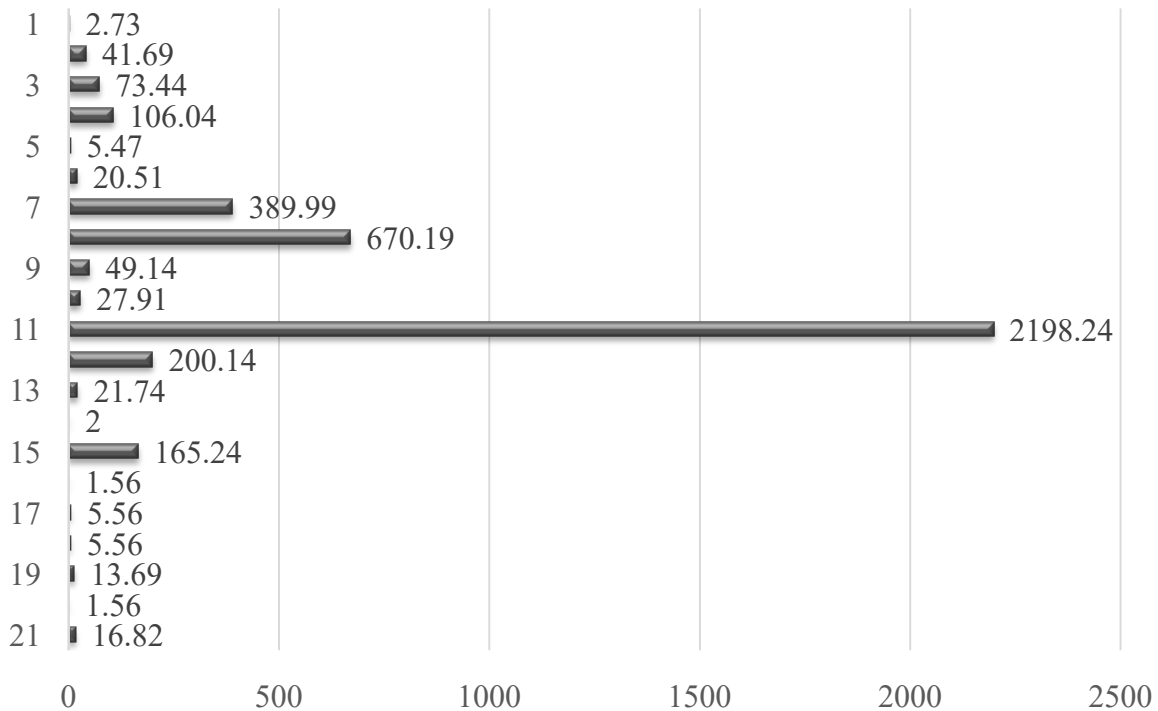
(2.58 мг/м<sup>3</sup>); копепоидитные стадии *Eurytemora* spp. – 4.2% (55 экз./м<sup>3</sup>), 12.5% (1.52 мг/м<sup>3</sup>). Невысокие показатели численности (467 экз./м<sup>3</sup>) наблюдались на станции № 1. Основу зоопланктонного сообщества здесь составляли *Eurytemora* spp. и *E. affinis*. Существенный вклад в биомассу внесли молодые особи рода *Mysis* – 23.4% (3.51 мг/м<sup>3</sup>). Самые большие показатели численности и биомассы оказались на станции № 2 – 1998 экз./м<sup>3</sup> и 35.6 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Наибольший вклад в численность внесла мелкая Copepoda *Oithona similis* – 48%. Ведущая роль в формировании общей биомассы принадлежала *Eurytemora affinis* (32.5%) и младшим копепоидитным стадиям *Eurytemora* spp. (27.9%).

**Таблица 5.** Количественные показатели зоопланктона Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 5.** Quantitative indicators of zooplankton near the Nikolsky mouth of the Severnaya Dvina River in November 2022

Станция Station №	Глубина Depth, м	Кол-во таксонов Number of taxa	Числ-ть, экз./м <sup>3</sup> Number ind./m <sup>3</sup>	Биомасса мг/м <sup>3</sup> Biomass, mg/m <sup>3</sup>	Доминирующие таксоны Dominant taxa	% численности of the number	% биомассы of biomass
№ Ф1	10	15	258	3.66	<i>Oithona similis</i>	48.1%	11.7%
					<i>Eurytemora</i> spp. (cop.)	19.4%	28.2%
					<i>E. affinis</i>	10.9%	34.4%
					<i>Triconia borealis</i>	4.7%	2.1%
					<i>Calanoida</i> spp. (cop.)	3.9%	6%
					<i>Acartia</i> spp. (cop.)	3.1%	2.2%
№ Ф2	11	12	1299	12.23	<i>Oithona similis</i>	77.6%	44.1%
					<i>Temora longicornis</i>	6.3%	21.1%
					<i>Eurytemora</i> spp. (cop.)	4.2%	12.5%
					<i>Triconia borealis</i>	2.8%	1.9%
					<i>Pseudocalanus minutus</i>	1.4%	5.2%
					<i>Calanoida</i> spp. (cop.)	1.4%	2.6%
					<i>Eurytemora affinis</i>	1.4%	6.7%

Станция Station №	Глубина Depth, м	Кол-во таксонов Number of taxa	Числ-ть, экз./м <sup>3</sup> Number ind./m <sup>3</sup>	Биомасса мг/м <sup>3</sup> Biomass, mg/m <sup>3</sup>	Доминирующие таксоны Dominant taxa	% числен- ности of the number	% био- массы of biomass
№ 1	12.8	17	467	15.05	<i>Eurytemora</i> spp. (cop.) <i>E. affinis</i> <i>Oithona similis</i> <i>Triconia borealis</i> <i>Temora longicornis</i>	33.3% 23.9% 22.9% 9.1% 2.4%	25.5% 39.2% 3.7% 2% 2.3%
№ 2	7.3	15	1998	35.6	<i>Oithona similis</i> <i>Eurytemora</i> spp. (cop.) <i>E. affinis</i> <i>Triconia borealis</i> <i>Calanoida</i> spp. (cop.) <i>Temora longicornis</i>	48% 20.6% 11.7% 5.5% 3.4% 3.4%	14.1% 27.9% 32.5% 2.0% 5.8% 6.3%
Средние значения Average values	10.27	14	1005.5	16.64	–	–	–



**Рис. 4.** Общая численность представителей зоопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г., экз./м<sup>3</sup>.

**Fig. 4.** The total number of zooplankton representatives in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River, in November 2022, ind./m<sup>3</sup>. 1 – *Acartia (Acanthacartia) bifilosa*; 2 – *Acartia (Acartiura) longiremis*; 3 – *Acartia* spp. (cop.); 4 – *Calanoida* spp. (cop.); 5 – *Calanus glacialis*; 6 – *Copepoda nauplii*; 7 – *Eurytemora affinis*; 8 – *Eurytemora* spp. (cop.); 9 – *Harpacticoida* spp. (cop.); 10 – *Microsetella norvegica*; 11 – *Oithona similis*; 12 – *Triconia borealis*; 13 – *Pseudocalanus minutus*; 14 – *Bosmina (Bosmina) longirostris*; 15 – *Temora longicornis*; 16 – *Fritillaria borealis*; 17 – *Bivalvia* (larvae); 18 – *Bryozoa* (larvae); 19 – *Gastropoda* (larvae); 20 – *Mysidae* spp.; 21 – *Polychaeta* (larvae).

Оценка  $\alpha$ -разнообразия зоопланктонного сообщества Никольского устья показала относительно высокий индекс биоразнообразия ( $H'$ ), его средние значения составляют по численности – 3.10, по биомассе – 3.25. Что указывает на среднюю сложность структуры сообщества (табл. 6).

Зоопланктонное сообщество Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г. можно охарактеризовать как копеподное. Доминантом по численности является мелкая Соперода *Oithona similis*. Субдоминантом являются *Eurytemora affinis* и младшие копеподитные стадии *Eurytemora* spp. (рис. 4).

**Таблица 6.** Значения индексов биологического разнообразия зоопланктона в районе Никольского устья р. Северная Двина в ноябре 2022 г.

**Table 6.** Values of zooplankton biological diversity indices in the area of the Nikolsky estuary of the Severnaya Dvina River in November 2022

Станция / Station №	Индекс Шеннона / Shannon Index (H')	
	По численности / By number	По биомассе / By biomass
№ Ф1	3.28	3.64
№ Ф2	2.31	2.97
№ 1	3.63	3.13
№ 2	3.19	3.27
Среднее Average:	3.10	3.25

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов выполненных единовременных исследований, альгофлора Никольского устья в осенний период 2022 г. характеризуется доминированием представителей отдела Bacillariophyta (диатомовые) по уровню развития соответствующих стадиям сукцессионного цикла фитопланктонных сообществ – осень (ноябрь). Анализ значений индексов показал среднюю сложность структуры и видового богатства альгоценоза с преобладанием широко распространенных планктонных видов микроводорослей. Воды устья соответствуют III классу качества (удовлетворительной чистоты) и  $\beta$ -мезосапробной зоне.

В результате проведенных исследований установлено, что сообщество зоопланктона Никольского устья р. Северная Двина пред-

ставлено 21 таксоном зоопланктонных организмов, характеризуется доминированием представителей Copepoda. Количественные показатели зоопланктонного сообщества были невысоки, общая средняя численность и биомасса составляли 1005.5 экз./м<sup>3</sup> и 16.64 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Наибольший вклад в численность внесла мелкая Copepoda *Oithona similis*. Ведущая роль в формировании общей биомассы принадлежала *Eurytemora affinis* и младшим копепоидитным стадиям *Eurytemora* spp.

Для более глубокого изучения экологического состояния водотока необходимо продолжить исследования видового разнообразия, структуры, сезонной и межгодовой динамики планктонных сообществ Никольского устья на регулярной и долгосрочной основе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
- Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
- Алексеев В.Р., Цалолихин С.Я. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
- Арашкевич Е.Г. Зоопланктон Баренцева моря // Система Баренцева моря. М.: ГЕОС, 2021. С. 331–351.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды // Ботанический журн. 2006. Т. 93, № 6. С. 957–958.
- Гаевская Н.С. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. М.: Совет. наука, 1948. 740 с.
- Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 97 с.
- Голлербах М.М., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1953. Вып. 2. 652 с.
- Зотин М.И., Серебряков Т.А., Алпатова Т.А. Гидрология устьевой области Северной Двины. М.: Гидрометеиздат, 1965. 323 с.
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Л.: Наука, 1980. Т. 2. 396 с.
- Лебедева С.В., Алабян А.М. Наводнения в устьевой области Северной Двины: моделирование и прогноз // Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики. М.: Лига-Вент, 2016. Т. 2. С. 146–160.
- Козина Л.С. Унифицированные методы исследования качества вод: Методы химического анализа вод. М.: Управление делами Секретариата СЭВ, 1977. Кн. 3. 90 с.
- Комаренко Л.Е., Васильева И.И. Пресноводные диатомовые и сине-зеленые водоросли водоемов Якутии. М.: Наука, 1975. 286 с.
- Кононова О.Н., Фефилова Е.Б. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона Европейского Севера России. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2018. 151 с.
- Кособокова К.Н., Перцова Н.М. Зоопланктон арктического бассейна. Структура сообществ, экология, закономерности распределения. М.: ГЕОС, 2012. 250 с.



- Криштович А.Н. Диатомовый анализ. М.: Изд-во геолог. Литер, 1949. Т. 2. С. 258–271.
- Криштович А.Н. Диатомовый анализ. М.: Изд-во геолог. Литер, 1949. Т. 3. 394 с.
- Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1971. 375 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Совет. наука, 1951. Вып. 4. 619 с.
- Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Университет и школа, 2003. С. 155–157.
- Трошков В.А. Веса некоторых макропланктеров Белого моря // Проблемы изучения рационального использования и охраны ресурсов Белого моря: материалы IX Междунар. конф. Петрозаводск. 2005. С. 305–309.
- Цетлин А.Б., Жадан А.Э., Марфенин Н.Н. Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 470 с.
- Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М.: Наука, 2005. Кн. 2. 231 с.
- Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 348 с.
- Artemyev V.E., Romankevich E.A. Seasonal variations in the transport of organic matter in North Dvina estuary // Transport of carbon and minerals in major world rivers. Hamburg: Mitt. Geol.-Palaont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband, 1988. Н. 66. Р. 177–184.
- Listing the World's Algae. <https://www.algaebase.org/> [Электронный ресурс].
- WoRMS (World Register of Marine Species. 2018-12-09. DOI: 10.14284/170) [Электронный ресурс].

#### REFERENCES

- Abakumov V.A. Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 318 p. (In Russian)
- Abakumov V.A. Scientific foundations in the system of quality control of surface waters. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. L.: Hydrometeoizdat, 1983. 239 p. (In Russian)
- Alekseev V.R., Tsalolihin S.Y. Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water of European Russia. *Zooplankton*. M., Tovarishchestvo nauchnykh izdanij KMK, 2010, vol. 1. 495 p. (In Russian)
- Arashkevich E.G. Barents Sea system. *Zooplankton Barentseva morya* [Zooplankton of the Barents Sea]. M., GEOS, 2021, pp. 331–351. (In Russian)
- Artemyev V.E., Romankevich E.A. *Seasonal variations in the transport of organic matter in North Dvina estuary*. Transport of carbon and minerals in major world rivers. Hamburg: Mitt. Geol.-Palaont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband, 1988, vol. 66, pp. 177–184.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Biodiversity of algae-indicators surrounding area. *Botanical Zhurn.*, 2006, vol. 93, no. 6, pp. 957–958. (In Russian)
- Cetlin A.B., Zhadan A.E., Marfenin N.N. Flora and Fauna of the White Sea: illustrated atlas. M., Tovarishchestvo nauchnykh izdanij KMK, 2010. 471 p. (In Russian)
- Gaevskaya N.S. Determinant of fauna and flora of the northern seas of the USSR. M., Sovet. nauka, 1948. 740 p. (In Russian)
- Gezen M.V. Algae in the ecosystems of the Far North. L., Nauka, 1985. 97 p. (In Russian)
- Gollerbah M.M., Polyanskiy V.I. Determinant of freshwater algae of the USSR. M., Sov. nauka, 1953, vol. 2. 652 p. (In Russian)
- Kiselev I.A. Plankton of seas and continental waters. Distribution, seasonal dynamics, nutrition and significance. L., Nauka, 1980, vol. 2. 396 p. (In Russian)
- Komarenko L.E., Vasilyeva I.I. Fresh diatoms and blue-green algae of Yakutia. M., Science, 1975. 286 p. (In Russian)
- Kononova O.N., Fefilova E.B. Methodical guidance on the definition of dimensional-weight characteristics of zooplankton organisms in the European North of Russia. Syktyvkar, Komi NZ UrO RAS, 2018. 152 p. (In Russian)
- Kosobokova K.N., Pertsova N.M. Zooplankton of the Arctic basin. Community structure, ecology, distribution laws. M., GEOS, 2012. 250 p. (In Russian)
- Kozina L.S. Unified methods of water quality research: Methods of chemical analysis of waters. M., Department of Affairs of the CMEA Secretariat, 1977, vol. 3. 90 p. (In Russian)
- Krishtovich A.N. Diatomic analysis. M., Izd-vo geologist. Liter, 1949, vol. 2, pp. 258–271 p. (In Russian)
- Krishtovich A.N. Diatomic analysis. M.: Izd-vo geologist. Liter, 1949, vol. 3. 394 p. (In Russian)
- Lebedeva S.V., Alabyan A.M. The changing climate and socio-economic potential of the Russian Arctic. *Navodneniya v ust'evoy oblasti Severnoj Dviny: modelirovanie i prognoz* [Floods in the mouth area of the Northern Dvina: modeling and forecast]. M., Liga-Vent, 2016, vol. 2, pp. 146–160. (In Russian)
- Listing the World's Algae. <https://www.algaebase.org/> [Электронный ресурс].
- Lurie Yu.Yu. Unified methods of water analysis. M., Chemistry, 1971. 375 p. (In Russian)
- Proshkina-Lavrenko A.I. Determinant of freshwater algae of the USSR. M., Council. Science, 1951, vol. 4. 619 p. (In Russian)
- Sadchikov A.P. Methods of studying freshwater phytoplankton: methodical guidance. M., University and School, 2003, pp. 155–157. (In Russian)
- Schubert R. Bioindication of pollution of terrestrial ecosystems. M., Mir, 1988. 348 p. (In Russian)

- Shitikov V.K. Quantitative hydroecology: methods of system identification. Togliatti, IEUB RAS, 2003. 463 p. (In Russian)
- Shitikov V.K. Quantitative hydroecology: methods, criteria, solutions. M., Science, bd. 2, 2005. 231 p. (In Russian)
- Troshkov V.A. Weights of some macro-players of the White Sea. *Problems of studying the rational use and protection of the resources of the White Sea: materials of the IX International Conference* [Problemy izucheniya racional'nogo ispol'zovaniya i ohrany resursov Belogo morya: materialy IX Mezhdunar. konf.]. Petrozavodsk, 2005, pp. 305–309. (In Russian)
- WoRMS (World Register of Marine Species. 2018-12-09. doi: 10.14284/170) [Электронный ресурс].
- Zotin M.I., Serebryakov T.A., Alpatova T.A. Hydrology of the estuary region of the Northern Dvina. M., Gidrometeoprv, 1965. 323 p. (In Russian)

## THE CURRENT STATE OF PLANKTON COMMUNITIES OF THE NIKOLSKY ESTUARY OF THE SEVERNAYA DVINA RIVER IN 2022

**E. V. Medvedeva<sup>\*</sup>, V. A. Gorenko, M. I. Zmetnaya**

*Northern Branch of VNIRO,*

*163002 Arkhangelsk, Uritskogo str., 17, e-mail: \*medvedeva23@pinro.ru*

Revised 25.04.2023

The work is part of the environmental monitoring of the Nikolskaya estuary. Severnaya Dvina, carried out in 2022, with the aim of comprehensive research of aquatic biological resources and their environment. Information was obtained on the species diversity and structure of plankton communities of the studied object belonging to the drainage basin of the Severnaya Dvina River. The taxonomic composition of phytoplankton and zooplankton in the navigation period of 2022 is shown. Species diversity was assessed using the Shannon index, based on the relative abundance of species, the Menhinik index, which determines species richness, the average abundance and biomass of phytoplankton of the Nikolsky Estuary were determined. The Pantle-Bukka saprobity index was calculated to assess the pollution of natural waters. According to observations, 53 algae taxa with a rank below the genus and 21 zooplankton organisms have been registered. It was found that the basis of algoflora was diatoms. Copepoda copepods formed the basis of the zooplankton community. New data on the state of phytoplankton and zooplankton communities can serve as an informational and methodological basis for the development of environmental monitoring programs for aquatic ecosystems in the region.

*Keywords:* algocenosis, phytoplankton, zooplankton, species diversity, Shannon index, Menhinik index, Nikolskoye estuary