

УДК 574.587

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЗООБЕНТОСА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

М. В. Бурмагин*, Н. В. Климовский

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова УрО РАН (пр. Никольский, 20, Архангельск, Россия, 163020),
98maxbur12@gmail.com

В рамках настоящего исследования в нижнем течении р. Северной Двины за летние периоды 2023–2025 гг. приведены результаты анализа количественных (численность и биомасса) и качественных (таксономический состав) показателей зообентоса, а также содержание нефтепродуктов в донных отложениях. Всего в таксономическом составе зообентоса за периоды исследований было обнаружено 28 видовых и надвидовых таксонов донных беспозвоночных. Наибольшие доли по численности и биомассе имели представители олигохет, личинок хирономид, двустворчатых и брюхоногих моллюсков. За периоды исследований и среди всех изученных участков р. Северной Двины максимальные значения количественных показателей были отмечены в черте г. Новодвинска летом 2023 г. за счет большого количества двустворчатых моллюсков. У железнодорожного моста максимальные количественные значения за три года были отмечены летом 2024 г., в районе д. Гневашево и в приустьевом взморье – летом 2023 г., в с. Усть-Пинега – летом 2025 г. Наибольшие концентрации нефтепродуктов в донных отложениях были зафиксированы в 2024 г. на участке приустьевого взморья (28,3 мг/кг) и в 2025 г. в районе железнодорожного моста (25,3 мг/кг). С 2023 по 2025 г. связь между количественными показателями зообентоса и концентрацией нефтепродуктов практически отсутствует.

Ключевые слова: нижнее течение р. Северной Двины; зообентос; таксономический состав; численность; биомасса; донные отложения; нефтепродукты

Для цитирования: Бурмагин М. В., Климовский Н. В. Структура и динамика зообентоса нижнего течения реки Северной Двины при загрязнении донных отложений нефтепродуктами // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 7. С. 155–166. doi: 10.17076/eco2308

Финансирование. Исследования проведены в ходе выполнения работ по теме ФНИР «Изучение экосистем бассейнов речных систем, а также водоемов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Европейского Севера России в условиях климатических сукцессий и воздействия антропогенных факторов» (№ гос. регистрации 125021902575-3).

M. V. Burmagin*, N. V. Klimovskiy. STRUCTURE AND DYNAMICS OF ZOOBENTHOS IN THE LOWER REACHES OF THE NORTHERN DVINA RIVER UNDER OIL POLLUTION OF SEDIMENTS

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (20 Nikolskiy Ave., 163020 Arkhangelsk, Russia),
*98maxbur12@gmail.com

The article reports the results regarding zoobenthos quantities (abundance and biomass) and taxonomic composition, as well as the oil pollution of sediments in the lower reaches of the Northern Dvina River from surveys carried out in the summer periods of 2023–2025. A total of 28 species and supraspecific taxa of benthic invertebrates were identified in the taxonomic composition of zoobenthos during the study periods. Representatives of oligochaetes, chironomid larvae, bivalves, and gastropods had the largest shares in abundance and biomass. The highest quantities across the survey periods and the studied sections of the Northern Dvina were recorded within the city of Novodvinsk in the summer of 2023 due to high abundance of bivalves. At the railway bridge, zoobenthos quantities were the highest in the summer of 2024, in the Gnevashevo village area and in the estuarine coastal area – in the summer of 2023, and in the village of Ust-Pinega – in the summer of 2025. The highest concentrations of oil products in sediments were recorded in 2024 in the estuarine area (28.3 mg/kg) and in 2025 near the railway bridge (25.3 mg/kg). Between 2023 and 2025, there was practically no correlation between zoobenthos quantities and the concentration of oil products.

Keywords: Lower reaches of the Northern Dvina River; zoobenthos; taxonomic composition; abundance; biomass; bottom sediments; oil products

For citation: Burmagin M. V., Klimovskiy N. V. Structure and dynamics of zoobenthos in the lower reaches of the Northern Dvina river under oil pollution of sediments. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 7. P. 155–166. doi: 10.17076/eco2308

Funding. The research was conducted as part of the Federal Research and Development Program “Study of the Ecosystems of River Basins and Reservoirs of Protected Areas (PAs) in northern European Russia under Climate Successions and Anthropogenic Impact” (No. 125021902575-3).

Введение

Река Северная Двина, одна из крупнейших водных артерий Европейского Севера России, играет ключевую роль в формировании экосистемы Белого моря. Нижнее течение и устьевая область данной реки испытывают значительную антропогенную нагрузку, связанную с гидромеханизированными работами, судоходством, лесосплавом, трансграничным переносом (перенос веществ по воздуху и их оседание) загрязняющих веществ и т.д. [Никаноров и др., 2010; Кузнецов, Федоров, 2014; Новоселов, Студенов, 2014]. Особую экологическую проблему представляет загрязнение водной среды нефтепродуктами, которые, обладая высокой устойчивостью и токсичностью, аккумулируются в донных отложениях, становясь постоянным источником вторичного загрязнения и оказывая долгосрочное воздействие на донные сообщества [Галинуров и др., 2011]. Загрязнение водоемов нефтепродуктами как таковое

представляет собой комплексный процесс поступления, трансформации и накопления в водной среде и донных отложениях смеси углеводородов, приводящий к стойким негативным изменениям физико-химических свойств [Коршунова, Логинов, 2019].

Донные отложения водоемов выполняют ключевую роль в функционировании водных экосистем, выступая как депо для биогенных элементов, так и средой обитания для гидробионтов. Таким образом, донные отложения под воздействием нефтепродуктов преобразуются в постоянный источник токсикантов для всей водной толщи, определяя хронический характер воздействия на экосистему [Томилина и др., 2009].

Существует несколько путей воздействия нефтепродуктов на зообентос. Например, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), попадая в водоемы, сорбируются взвешенными частицами, оседают и накапливаются в донных отложениях, что способствует включению этих соединений в трофические цепи

гидробионтов. Присутствие ПАУ в грунте и пище вызывает у донных организмов нарушения метаболизма, функций нервной системы и репродукции. Это приводит к снижению жизнеспособности гидробионтов и к вторичному загрязнению вод водоемов [Никаноров, Страдомская, 2008].

Влияние нефтепродуктов может выражаться в упрощении структуры зообентосных сообществ: снижается общее видовое богатство и таксономическое разнообразие, исчезают наиболее чувствительные виды (ручейники, моллюски). К примеру, по данным А.Ю. Клишина [Клишин, 2016], у моллюсков рода *Unio* под воздействием нефти происходили изменения внутренних органов, а именно нарушения строения эпителиальной ткани жабр, кишечника, почечного мешка. Соответственно, их место занимают таксоны, более устойчивые к загрязнению, такие как олигохеты и хирономиды [Холмогорова, 2007]. Это ведет к тому, что происходит деградация донных сообществ – снижаются их количественные показатели (численность и биомасса), нарушаются трофические связи и пространственное распределение [Константинов, 1986]. Отметим также, что согласно исследованию И.Е. Липпо [Липпо, 2025], фильтрационная способность двусторчатых моллюсков изменяется в зависимости от вида и возраста, и наибольшей устойчивостью к воздействию нефтепродуктов среди изученных видов двусторчатых моллюсков обладала *Dreissena polymorpha*.

Ухудшение состояния зообентоса происходит как при непосредственном контакте

с нефтепродуктами, накапливающимися в донных осадках, так и вследствие токсического воздействия веществ, растворенных в воде [Кириевская, 2017].

Однако, несмотря на аккумуляцию загрязнителей в грунте, донные сообщества проявляют более высокую толерантность к нефтяному загрязнению (за счет своей фильтрационной активности) по сравнению с планктоном и рыбами [Воробьев, 2006; Ларин и др., 2009].

Целью данного исследования является оценка качественных и количественных параметров сообществ зообентоса нижнего течения р. Северной Двины в условиях различной степени загрязненности донных отложений нефтепродуктами.

Отметим, что полученные результаты по оценке качественных и количественных показателей донных организмов за летний период 2023 г. в нижнем течении р. Северной Двины уже были опубликованы в рамках предыдущей статьи [Бурмагин, Матвеев, 2024]. Мы продолжили мониторинг, и в данной статье отражена динамика за 2024–2025 гг., а также оценено влияние нефтепродуктов на зообентос.

Материалы и методы

Пробы грунта отбирались с 2023 по 2025 г. в летний период (август–сентябрь) на пяти участках нижнего течения р. Северной Двины. С каждой точки брали по одной пробе, за период исследований всего отобрано и проанализировано 30 проб (рис. 1).

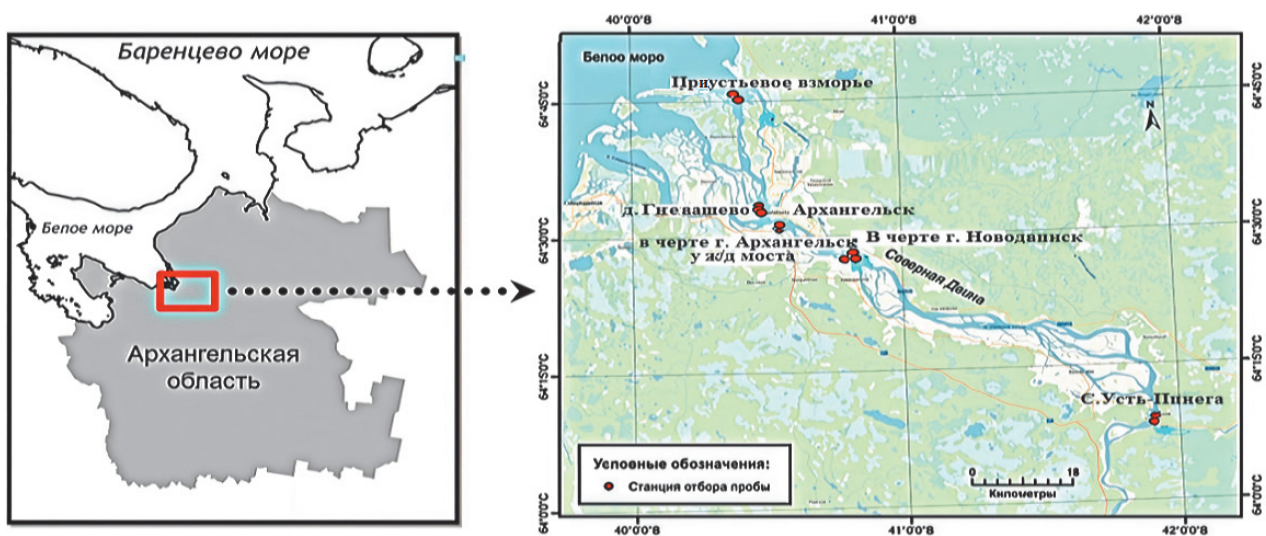


Рис. 1. Схема участков отбора проб: нижнее течение р. Северной Двины (Архангельская область)

Fig. 1. Scheme of sampling sites: lower reaches of the Northern Dvina River (Arkhangelsk Region)

Пробы грунта отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Промывка проводилась через мельничный газ № 23 с длиной стороны ячейки 0,333 мм. Отобранные организмы зообентоса фиксировались 4%-ным раствором формалина, нейтрализованным тетраборатом натрия (для большей сохранности донных организмов, имеющих кальциевые скелетные элементы). Камеральная обработка собранного материала осуществлялась в соответствии со стандартными методами [Руководство..., 1992]. Для таксономического определения организмов был использован стереоскопический микроскоп МБС-12, взвешивание каждой группы организмов проводилось на электронных весах KERN EW. В работе по определению донных животных использовались общепринятые определители [Чертопруд, Чертопруд, 2011; Определитель..., 2016]. Частоту встречаемости зообентоса в грунте определяли по методике А. И. Баканова [Баканов, 2005]. При выделении преобладающих видов учитывались численность и биомасса гидробионтов. Классификацию грунтов определяли в соответствии с ГОСТ [ГОСТ 25100-2020]. Определение массовой концентрации нефтепродуктов в донных отложениях выполняли согласно ПНД Ф 14.1:2:4.128-98; Ф 16.1:2.21-98 [Методика..., 2012а, б]. Связь численности и биомассы зообентоса с концентрацией нефтепродуктов оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r) и рассчитывали его стандартную ошибку (m).

Результаты и обсуждение

Качественный состав зообентоса

В летние периоды 2023–2025 гг. в таксономическом составе зообентоса нижнего течения р. Северной Двины было обнаружено 28 видовых и надвидовых таксонов донных организмов. Наибольшее число таксонов зообентоса было отмечено летом 2023 г. (табл. 1).

Таксономический состав донных организмов в периоды отбора был представлен тремя группами: тип Annelida (30,4% всех обнаруженных видов – 2023 г.; 31,2% – 2024 г.; 26,3% – 2025 г.), тип Arthropoda (30,4% – 2023 г.; 20% – 2024 г.; 31,6% – 2025 г.) и тип Mollusca (39,2% – 2023 г.; 43,8% – 2024 г.; 42,1% – 2025 г.).

По частоте встречаемости зообентоса в грунте летом 2023 г. к константным таксонам (встречаемость более 50%) относились олигохеты (присутствовавшие в 100% проанализированных проб) и двустворчатые моллюски

(77,8%). Личинки хирономид (44,4%) и брюхоногие моллюски (33,3%) относились к второстепенным группам (частота встречаемости в пробах 25–50%). Мокрецы (22,2%), бокоплавы (22,2%), ручейники (11,1%) и пиявки (11,1%) относились к случайным группам зообентоса (частота встречаемости менее 25%). В летний период 2024 г. к константным таксонам относились хирономиды (90,9%), олигохеты (72,7%) и двустворчатые моллюски (54,5%). Во второстепенную группу входили только мокрецы (27,3%). К случайным группам зообентоса относились брюхоногие моллюски (18,2%), бокоплавы (9,1%) и пиявки (9,1%). Летом 2025 г. константные таксоны были представлены в основном олигохетами (100,0%) и хирономидами (80,0%), второстепенные группы – двустворчатыми (60,0%) и брюхоногими (30,0%) моллюсками, а также мокрецами (30,0%), случайные группы – ручейниками (20,0%), бокоплавами (10,0%) и пиявками (10,0%).

Полученные данные по изучению таксономического состава зообентоса в нижнем течении р. Северной Двины согласуются с результатами ранее проведенных исследований 2019 г. [Новоселов и др., 2022], где зообентос р. Северной Двины был представлен тремя крупными таксономическими группами: Arthropoda (37,5% всех обнаруженных видов), Mollusca (36,0%) и Annelida (21,3%), а также с работой по обобщению данных экологического мониторинга р. Северной Двины, проведенного с 1996 по 2019 г. [Студенова и др., 2023], где в нижнем течении р. Северной Двины олигохеты и личинки хирономид встречались в пробах ежегодно (кроме 1998 г.), и их частота встречаемости составляла 94,7%.

Количественный состав зообентоса

При анализе количественных показателей отобранные пробы зообентоса были подразделены на четыре района в 2023 г. и на пять районов в 2024–2025 гг. (добавили с. Усть-Пинега).

В летние периоды 2023–2025 гг. в черте г. Новодвинска максимальные средние значения численности (1930 экз./м²) и биомассы (1160,9 г/м²) были получены летом 2023 г. за счет двустворчатых моллюсков (в основном *Dreissena polymorpha*), численность которых от общей доли составляла 53,4%, а биомасса – 86,5% [Бурмагин, Матвеев, 2024]. Летом 2024 г. основу выборки по численности составляли олигохеты (67,4% – 440 экз./м²), по биомассе – двустворчатые моллюски (87,7% – 5,7 г/м²). Летом 2025 г. наиболее многочисленной группой являлись хирономиды (62,3% – 696 экз./м²),

Таблица 1. Таксономический состав зообентоса нижнего течения р. Северной Двины в летние периоды 2023–2025 гг.

Table 1. Taxonomic composition of zoobenthos in the lower reaches of the Northern Dvina River in the summer periods of 2023–2025

№ п/п No.	Таксономические группы / Taxonomic groups	Летний период / Summer period		
		2023	2024	2025
Тип Кольчатые черви (Annelida)				
Класс Малощетинковые черви (Oligochaeta)				
1	<i>Oligochaeta</i> sp.	+	+	+
2	<i>Tubifex newaensis</i> (Michaelsen, 1903)	+	–	+
3	<i>Tubifex</i> sp.	+	+	+
4	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	–	–	+
5	<i>Tubificidae</i> sp.	+	+	–
6	<i>Naididae</i> sp.	+	+	–
7	<i>Limnodrilus</i> sp.	+	–	–
Класс Поясковые (Clitellata)				
8	<i>Hirudinea</i> sp.	+	+	–
9	<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	+
Тип Моллюски (Mollusca)				
Класс Двустворчатые (Bivalvia)				
10	<i>Sphaeriidae</i> sp.	+	–	+
11	<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–
12	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	+	+	+
13	<i>Pisidium amnicum</i> (O. F. Muller, 1774)	+	+	–
14	<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)	+	–	–
15	<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	–
16	<i>Euglesa</i> sp.	–	+	+
Класс Брюхоногие (Gastropoda)				
17	<i>Lymnaea</i> sp.	–	–	+
18	<i>Valvata</i> sp.	+	+	+
19	<i>Viviparus</i> sp.	+	–	+
20	<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	–	+	+
21	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
Тип Членистоногие (Arthropoda)				
Класс Высшие раки (Malacostraca)				
Отряд Бокоплавы (Amphipoda)				
22	<i>Gammarus</i> sp.	+	–	+
Класс Насекомые (Insecta)				
Отряд Двукрылые (Diptera)				
Семейство Комары-звонцы (Chironomidae)				
23	Chironomidae sp. lv.	+	+	+
24	<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
Семейство Мокрецы (Ceratopogonidae)				
25	Ceratopogonidae sp. lv.	+	+	+
Отряд Ручейники (Trichoptera)				
26	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	+	–	+
27	Polycentropodidae sp. lv.	+	–	+
28	Sericostomatidae sp. lv.	+	–	–
Всего таксонов / Total		23	15	19

основу биомассы составляли брюхоногие моллюски (84,2% – 88,8 г/м²), главным образом за счет *Viviparus viviparus*. Средние значения зообентоса за летние периоды составляли: численность – 887 экз./м², биомасса – 56,0 г/м². Отметим, что при расчете средних значений не учитывались данные за лето 2023 г. по причине экстремально высоких величин численности и биомассы, формируемых в основном за счет моллюсков *Dreissena polymorpha*, для которых характерно образование плотных скоплений на дне водоема и обрастание на различных субстратах, в том числе и на технических сооружениях.

В районе железнодорожного моста в летний период 2024 г. были отмечены максимальные количественные показатели (2103 экз./м² и 922,5 г/м²), где по численности преобладали олигохеты (37,8% – 568 экз./м²) и по биомассе (92,8% – 855,9 г/м²) – двустворчатые моллюски. В летние периоды 2023 и 2025 гг. основу по численности зообентоса формировали олигохеты (47,1% – 270 экз./м² и 31,5% – 312 экз./м², соответственно). По биомассе в 2023 г. преобладали брюхоногие моллюски (66,9% – 177,5 г/м²) [Бурмагин, Матвеев, 2024], тогда как в 2025 г. – двустворчатые моллюски (56,5% – 34,9 г/м²). Средние значения зообентоса составляли: численность – 1192 экз./м², биомасса – 416,5 г/м².

В районе д. Гневашево наибольшие показатели численности (1280 экз./м²) и биомассы (11,4 г/м²) отмечены летом 2023 г., где преобладающими по численности группами были олигохеты (65,6% – 672 экз./м²) и хирономиды (22,6% – 415 экз./м²), по биомассе превалировали двустворчатые моллюски (65,8% – 7,5 г/м²) [Бурмагин, Матвеев, 2024]. Летом 2024 г. по численности преобладали хирономиды (64,7% – 350 экз./м²), по биомассе (80,0% – 3,2 г/м²) – двустворчатые моллюски. Летом 2025 г. по численности (56,5% – 682 экз./м²) и биомассе (58,1% – 1,8 г/м²) доминировали хирономиды. Средние значения зообентоса составляли: численность – 1040 экз./м², биомасса – 8,4 г/м².

В районе приустьевого взморья р. Северной Двины максимальные значения численности (1742 экз./м²) и биомассы (44,9 г/м²) были получены летом 2023 г., где наибольшие доли по численности составляли олигохеты (54,4% – 947 экз./м²), по биомассе – двустворчатые моллюски (59,4% – 26,7 г/м²) [Бурмагин, Матвеев, 2024]. В летний период 2024 г. хирономиды преобладали по численности (39,4% – 682 экз./м²), а олигохеты – по биомассе (39,0% – 4,8 г/м²). Летом

2025 г. основу по численности составляли хирономиды (40% – 284 экз./м²) и олигохеты (36,1% – 256 экз./м²), по биомассе преобладали ручейники (45,0% – 2,7 г/м²). Средние значения зообентоса составляли: численность – 1463 экз./м², биомасса – 29,8 г/м².

В районе с. Усть-Пинега максимальные показатели численности (1549 экз./м²) и биомассы (3,7 г/м²) зообентоса были отмечены летом 2025 г. На данной станции в основном доминировали хирономиды, которые являлись преобладающей группой по численности (86,2% и 74,3%) и по биомассе (88,9% и 56,8%) в 2024–2025 гг. Средние значения зообентоса составляли: численность – 1390 экз./м², биомасса – 3,7 г/м² (рис. 2).

Значения численности по станциям в летний период 2023–2025 гг. варьировали в пределах от 482 экз./м² (лето 2023 г., в черте у ж/д моста) до 1930 экз./м² (лето 2023 г., район в черте г. Новодвинска). Значения биомассы изменялись от 3,1 г/м² (лето 2025 г., район д. Гневашево) до 1491,6 г/м² (лето 2023 г., район в черте г. Новодвинска).

Таким образом, наибольшие значения численности и биомассы в нижнем течении р. Северной Двины в летние периоды 2023–2025 гг. по всем исследованным станциям были отмечены в черте г. Новодвинска летом 2023 г. за счет большого количества двустворчатых моллюсков. У железнодорожного моста максимальные значения количественных показателей за периоды исследований наблюдались летом 2024 г., в районе д. Гневашево – летом 2023 г., в приустьевом взморье – летом 2023 г. и в с. Усть-Пинега – летом 2025 г.

В целом наибольшие доли по численности и биомассе за весь период исследований имели представители олигохет, личинок хирономид, двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Данные результаты сопоставляются с работами М.А. Студеновой и др. [Студенова и др., 2021, 2023] по изучению дельты и русла р. Северной Двины, где в дельте реки численность беспозвоночных с 2012 по 2018 г. варьировала в пределах от 640 экз./м² (2018 г.) до 16573 экз./м² (2014 г.), а биомасса – от 0,29 (2017 г.) до 25,3 г/м² (2014 г.). В русле р. Северной Двины (в низовьях) за период с 1996 по 2019 г. численность варьировала от 50 экз./м² (1998 г.) до 10840 экз./м² (2007 г.), биомасса от 0,01 г/м² (1998 г.) до 4,92 г/м² (1995 г.). Согласно обоим исследованиям, как по численности, так и по биомассе основную часть зообентоса составляли олигохеты и личинки хирономид.

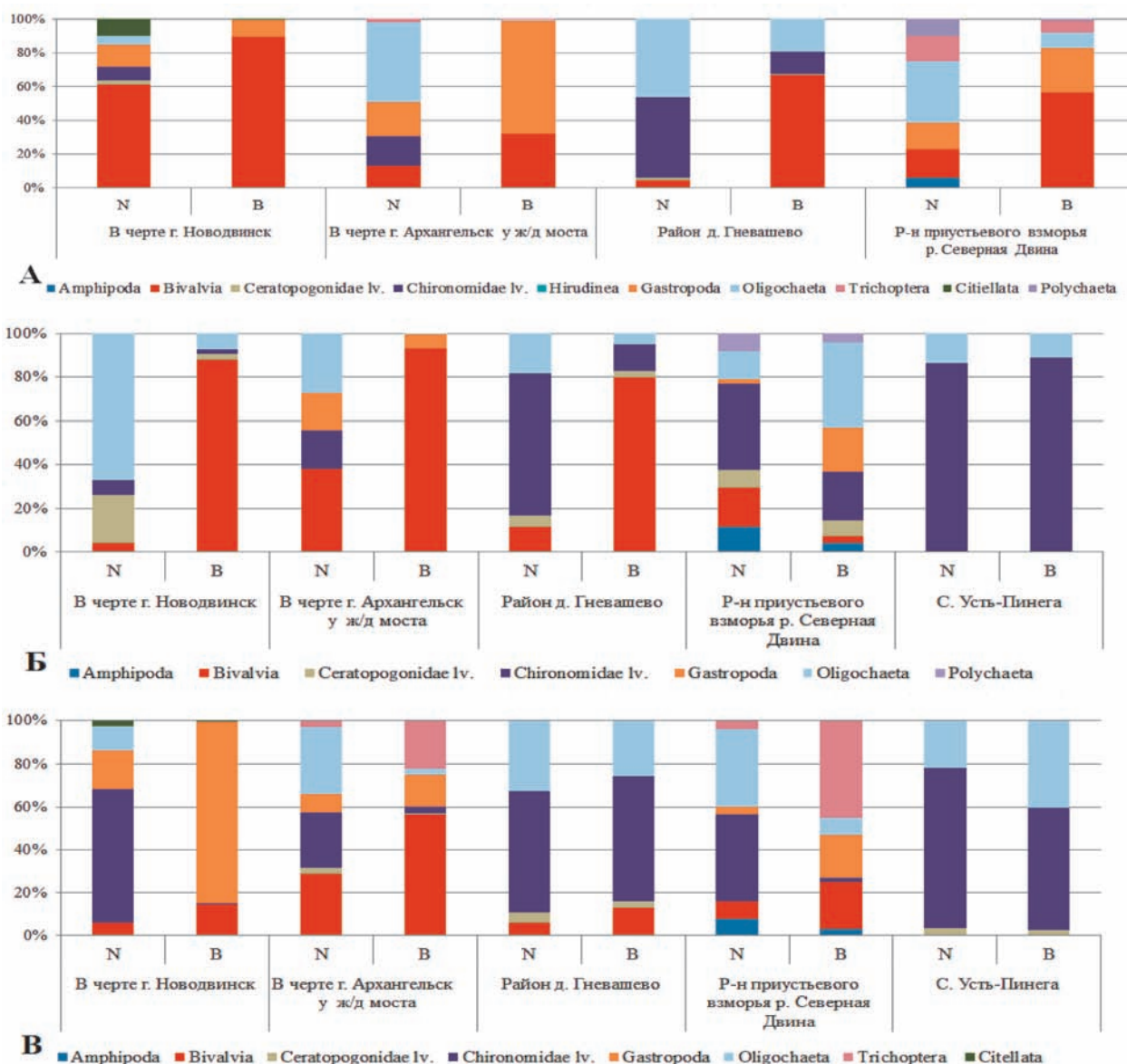


Рис. 2. Численность (N) и биомасса (B) зообентоса по станциям в нижнем течении р. Северной Двины за летние периоды 2023 (А), 2024 (Б), 2025 (В) гг.

Fig. 2. Abundance (N) and biomass (B) of zoobenthos by stations in the lower reaches of the Northern Dvina River for the summer periods of 2023 (A), 2024 (B), and 2025 (B)

Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях

Как установлено в работах [Климовский, Быков, 2020; Климовский, Матвеев, 2023], в донных отложениях нижнего течения р. Северной Двины преобладают песчаные фракции.

Донные отложения на участке в районе с. Усть-Пинега представлены однокомпонентными песчаными грунтами (содержание песка более 70%) светло-коричневого цвета. В районе г. Новодвинска грунты имеют двухкомпонентный песчано-алевритовый состав, где

содержание каждой из групп превышает 30%. На участке в районе железнодорожного моста донные отложения были представлены в виде илистого песка серого цвета [Климовский, Быков, 2020].

Следует отметить, что содержание нефтепродуктов в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется. Согласно литературным источникам [Никаноров, Страдомская, 2008], сублетальные и пороговые эффекты для гидробионтов проявляются при их концентрации в воде от 1 мкг/л; в донных отложениях – от 10 до 100 мкг/г.

Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях р. Северной Двины неоднородно. Как показали исследования, способность донных отложений к адсорбции нефти зависит от их гранулометрического состава, степени плотности, дисперсности и связности частиц [Климовский и др., 2020].

Исходя из полученных данных в 2023 г. содержание нефтепродуктов в исследуемых пробах изменялось незначительно – от 0,5 до 1,9 мг/кг.

По результатам 2024 г. концентрация данного загрязняющего вещества повысилась, и диапазон составил от 7,5 до 28,3 мг/кг. Минимальные концентрации (7,5–9,3 мг/кг) отмечались на участке в районе д. Гневашево. Станции отбора образцов были расположены на песчаной косе, прилегающей к главному фарватеру р. Северной Двины. Этот участок, ничем не защищенный, во время весеннего таяния льда и подъема уровня воды сильно подвержен разрушительному физическому влиянию движущихся ледяных масс.

По данным 2025 г. содержание загрязняющего вещества в исследуемом объекте составляло в среднем 16,7 мг/кг. Распределение нефтепродуктов в донных отложениях было однородным. Максимальное значение (25,3 мг/кг) зафиксировано в черте г. Архангельска (железнодорожный мост). Максимальные значения в данном районе отмечались и в других работах [Климовский и др., 2020; Климовский, Матвеев, 2023]. Этот район подвержен значительному техногенному влиянию, связанному с судоходством и транспортировкой грузов. Согласно литературным данным [Климовский, 2021], максимальная аккумуляция нефтепродуктов свойственна илистым грунтам, тогда как минимальная характерна для галечно-гравийных песков. Однако в 2024 г. в зоне приустьевого взморья был зафиксирован случай, выбивающийся из этой закономерности: высокая сорбция наблюдалась в пробе крупнозернистого песка. Повышенные концентрации, возможно, связаны с интенсивным судоходством на данном участке (табл. 2).

Таблица 2. Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях в нижнем течении р. Северной Двины в летний период 2023–2025 гг.

Table 2. Concentration of petroleum products in bottom sediments in the lower reaches of the Northern Dvina River in the summer periods of 2023–2025

Участок Location	№ п/п No.	Глубина, м Depth, m	Тип грунта (донные отложения) Type of bottom	Летний период / Summer period		
				2023	2024	2025
				Концентрация нефтепродуктов, мг/кг Concentration of petroleum products, mg/kg		
В черте г. Новодвинска The city of Novodvinsk	1	14	Илистый песок Silty sand	0,7	15,4	14,4
	2	7,5	Песок Sand	0,7	12,3	16,9
	3	5,5		1,0	–	–
Железнодорожный мост Railway bridge	1	12	Илистый песок Silty sand	1,9	12,1	25,3
В районе д. Гневашево The village of Gnevashevo	1	5,8	Илистый песок Silty sand	1,0	7,5	18,9
	2	2,3		0,6	8,3	19,8
	3	1,3	Песок Sand	0,9	9,3	14,8
Район приустьевого взморья The area of the pre-estuary coast	1	7,2	Крупнозернистый песок Coarse-grained sand	0,5	28,3	14,1
	2	1,6	Ил Silt	0,8	15,0	15,1
С. Усть-Пинега Ust-Pinega village	1	1,9	Илистый песок Silty sand	–	22,4	13,0
	2	11,1	Илистый песок Silty sand		12,9	–
	3	21,8	Глина-песок Clay-sand		13,2	14,9

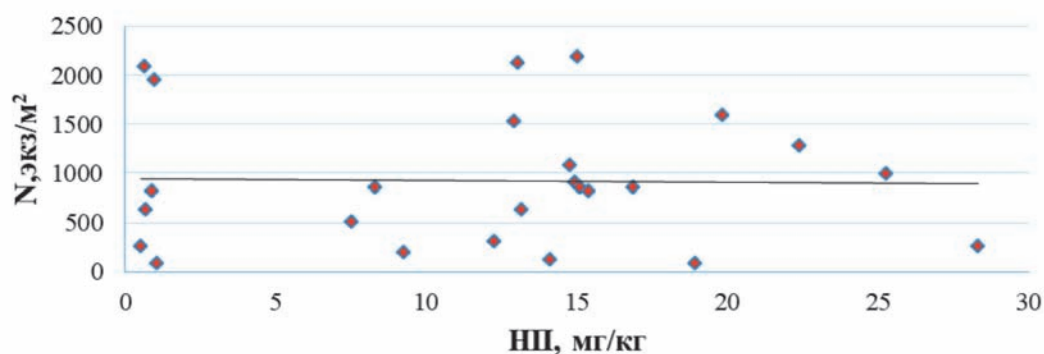


Рис. 3. Связь численности зообентоса (экз./м²) в нижнем течении р. Северной Двины с содержанием нефтепродуктов (мг/кг) в донных отложениях (2023–2025 гг.)

Fig. 3. Relationship between zoobenthos abundance (ind./m²) and petroleum products (mg/kg) in bottom sediments of the lower reaches of the Northern Dvina River (2023–2025)

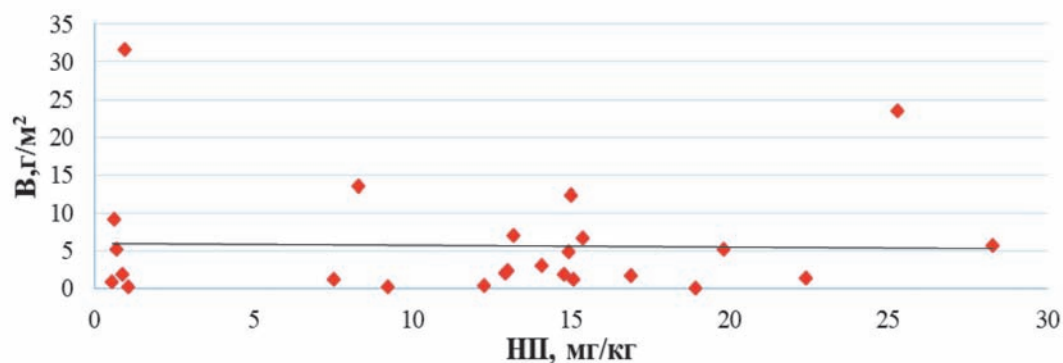


Рис. 4. Связь биомассы зообентоса (г/м²) в нижнем течении р. Северной Двины с содержанием нефтепродуктов (мг/кг) в донных отложениях (2023–2025 гг.)

Fig. 4. Relationship between zoobenthos biomass (g/m²) and petroleum products (mg/kg) in bottom sediments of the lower reaches of the Northern Dvina River (2023–2025)

Графики отражают связь количественных показателей зообентоса и содержания нефтепродуктов в донных отложениях в нижнем течении р. Северной Двины за летний период 2023–2025 гг. Отметим, что на графиках из 30 точек для анализа были отобраны 25, так как значения на 5 исключенных точках не являлись репрезентативными для большинства исследованных участков. Коэффициент корреляции Спирмена по численности составлял 0,097, его стандартная ошибка – 0,208 (рис. 3), а по биомассе – 0,103, стандартная ошибка – 0,207 (рис. 4).

Общий тренд на графиках свидетельствует о том, что за летние периоды 2023–2025 гг. практически отсутствует связь между количественными показателями зообентоса и нефтепродуктами. Отсутствие зависимости численности и биомассы зообентоса от концентрации нефтепродуктов может объясняться такими

причинами, как различная скорость ответной реакции организмов зообентоса на воздействие загрязнителя или смена с увеличением содержания нефтепродуктов в донных отложениях преобладающих групп зообентоса в составе донных биоценозов, выражающаяся в изменении численности и биомассы донных организмов. На обследованных участках по численности в основном преобладают олигохеты и личинки хирономид, согласно ранее приведенным литературным источникам, данные гидробионты более приспособлены к загрязнению нефтепродуктами, чем другие. Однако, исходя из графиков (см. рис. 3–4), даже при повышенной концентрации нефтепродуктов по биомассе преобладали моллюски, которые менее устойчивы к загрязнению, чем олигохеты и хирономиды. *Dreissena polymorpha*, как мы указывали ранее, проявляет наибольшую толерантность к воздействию

нефтепродуктов в донных отложениях, чем другие двустворчатые моллюски, но по биомассе заметную долю среди моллюсков также играли и моллюски *Unio pictorum* и *Viviparus viviparus*. Возможно, преобладание моллюсков по биомассе обусловлено типом грунта р. Северной Двины, где преобладают песчаные фракции. Данные типы субстрата являются оптимальными для прикрепления и закапывания моллюсков, а также им свойственна низкая аккумуляция нефтепродуктов.

Заключение

В нижнем течении р. Северной Двины за летние периоды 2023–2025 гг. в таксономическом составе зообентоса всего было обнаружено 28 видовых и надвидовых таксонов донных беспозвоночных (2023 г. – 23 таксона, 2024 г. – 15 таксонов, 2025 г. – 19 таксонов). Таксономический состав – три группы: Annelida, Arthropoda, Mollusca. Среди данных групп наибольшие доли по численности и биомассе за весь период исследований имели представители олигохет (также присутствовавшие в 100 % проанализированных проб в 2023 г., 72,7 % – 2024 г., 100 % – 2025 г.), личинок хирономид (44,4 % – 2023 г., 90,9 % – 2024 г., 80,0 % – 2025 г.), двустворчатых (77,8 % – 2023 г., 54,5 % – 2024 г., 60,0 % – 2025 г.) и брюхоногих (33,3 % – 2023 г., 18,2 % – 2024 г., 30,0 % – 2025 г.) моллюсков.

Значения численности по станциям варьировали в пределах от 482 экз./м² (лето 2023 г., у железнодорожного моста) до 1930 экз./м² (лето 2023 г., район в черте г. Новодвинска). Значения биомассы изменялись от 3,1 г/м² (лето 2025 г., район д. Гневашево) до 1160,9 г/м² (лето 2023 г., район в черте г. Новодвинска). Максимальные значения численности и биомассы по всем исследованным станциям были зафиксированы в черте г. Новодвинска летом 2023 г. за счет большого количества двустворчатых моллюсков. У железнодорожного моста максимальные значения количественных показателей за периоды исследований были отмечены летом 2024 г., в районе д. Гневашево – летом 2023 г., в приустьевом взморье – летом 2023 г. и в с. Усть-Пинега – летом 2025 г. Исходя из полученных данных, максимальные концентрации нефтепродуктов в донных отложениях отмечались в 2024 г. на участке приустьевого взморья (28,3 мг/кг) и 2025 г. – в районе железнодорожного моста (25,3 мг/кг). Данные участки расположены на песчаной косе и подвержены значительному техногенному влиянию, связанному с судоходством и транспортировкой грузов.

С 2023 по 2025 г. наблюдается практически полное отсутствие связи между количественными показателями зообентоса и концентрацией нефтепродуктов.

Литература

- Баканов А. И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Количественные методы экологии и гидробиологии: Сб. науч. трудов / Ред. Г. С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 37–68.
- Бурмагин М. В., Матвеев Н. Ю. Качественный и количественный состав зообентоса низовьев реки Северная Двина в 2023 году // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 3. С. 86–96. doi: 10.17076/есo1880
- Воробьев Д. С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 3. С. 42–45.
- Галинуров И. Р., Сафаров А. М., Островская Ю. В., Смирнова Т. П., Хатмуллина Р. М., Сафарова В. И. Оценка отдаленных последствий нефтяного загрязнения паводково-пойменных комплексов малых рек // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2011. № 2. 152 с.
- ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. М., 2020. 41 с.
- Кириевская Д. В. Зообентос Чукотского моря: современное состояние и тенденции антропогенной нагрузки // Принципы экологии. 2017. № 2. С. 15–27.
- Климовский Н. В. Пространственная и сезонно-годовая динамика поллютантов в воде и донных отложениях Белого моря: Дис. ... канд. геогр. наук. М., 2021. 160 с.
- Климовский Н. В., Быков В. М. Гранулометрический состав донных отложений в нижнем течении р. Северная Двина // Астраханский вестник экологического образования. 2020. № 4 (58). С. 63–66. doi: 10.36698/2304-5957-2020-19-4-63-66
- Климовский Н. В., Матвеев Н. Ю. Характеристика загрязнения поверхностных вод и донных отложений нефтяными углеводородами нижнего течения р. Северная Двина // Экологическая химия. 2023. № 32 (4). С. 199–207.
- Климовский Н. В., Матвеев Н. Ю., Новоселов А. П. Современное экологическое состояние низовьев р. Северной Двины (по материалам гидрохимической съемки 2019 г.) // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 2 (82). С. 79–92. doi: 10.23968/2305-3488.2020.25.2.79-92
- Клишин А. Ю. Нарушения органов и тканей моллюсков рода *Unio* под воздействием нефти // Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 82–86.
- Константинов А. С. Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1986. 472 с.
- Коршунова Т. Ю., Логинов О. Н. Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросферы, основные методы очистки // Экобиотех. 2019. Т. 2, № 2. С. 157–174.

Кузнецов А. Н., Федоров Ю. А. Нефтяные компоненты в устьевой области р. Дон и в Азовском море (Результаты многолетних исследований) // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 1. С. 49–59.

Ларин А. А., Павленко Л. Ф., Корпакова И. Г. Накопление загрязняющих веществ в моллюсках из юго-восточного района Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 1. С. 45–48.

Липпо И. Е. Основные аспекты использования двустворчатых моллюсков-фильтраторов в аквабиотехнологиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 8 (158). С. 1–7. doi: 10.60797/IRJ.2025.158.49

Методика ПНД Ф 14.1:2.4.128-98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2012а. 25 с.

Методика ПНД Ф 16.1:2.21-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2012б. 25 с.

Никаноров А. М., Соколова Л. П., Решетняк О. С., Кондакова М. Ю., Даниленко А. О. Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Северная Двина // Метеорология и гидрология. 2010. № 4. С. 75–84.

Никаноров А. М., Страдомская А. Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 222 с.

Новоселов А. П., Студенов И. И. Факторы техногенного воздействия на бассейн реки Северной Двины // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер. Естественные науки. 2014. № 2. С. 32–40.

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. 32–40. doi: 10.31857/S0367059722030088

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. 457 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.

Студенова М. А., Студенов И. И., Чулов Д. В. Зообентос русла реки Северная Двина // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 147–154. doi: 10.25750/1995-4301-2023-2-147-154

Студенова М. А., Студенов И. И., Чулов Д. В., Самодов А. С. Зообентос дельты реки Северная Двина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 60–65. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-060-065

Томилина И. И., Михайлова Л. В., Рыбина Г. Е., Акатьева Т. Г. Влияние загрязненных нефтепродуктами донных отложений на планктонных и бентосных ракообразных // Токсикологический вестник. 2009. № 2 (95). С. 28–31.

Холмогорова Н. В. Воздействие нефтяных углеводородов на сообщества донных беспозвоночных

малых рек Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2007. № 10. С. 47–56.

Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. 4-е изд., испр. и доп. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 185 с.

References

Abakumov V. A. (ed.). Manual on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 1992. 319 p. (In Russ.)

Alekseev V. R., Tsalolikhin S. Ya. (eds.). A key to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos. Moscow: KMK; 2016. 457 p. (In Russ.)

Bakanov A. I. Quantitative assessment of dominance in ecological communities. *Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii = Quantitative methods in ecology and hydrobiology. Proceed.* Tolyatti: SamNTs RAN; 2005. P. 37–68. (In Russ.)

Burmagin M. V., Matveev N. Yu. Qualitative and quantitative composition of zoobenthos in the lower reaches of the Northern Dvina River in 2023. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* 2024;3:86–96. (In Russ.). doi: 10.17076/eco1880

Chertoprud M. V., Chertoprud E. S. A concise guide to freshwater invertebrates of central European Russia. 4th ed., rev. and enl. Moscow: KMK; 2011. 185 p. (In Russ.)

Galinurov I. R., Safarov A. M., Ostrovskaya Yu. V., Smirnova T. P., Khatmullina R. M., Safarova V. I. Assessment of long-term consequences of oil pollution in floodplain and terrace complexes of small rivers. *Oil and Gas Business: Electronic Scientific Journal.* 2011;2:152. (In Russ.)

GOST 25100-2020. Soils. Classification. Moscow; 2020. 41 p. (In Russ.)

Kholmogorova N. V. Impact of petroleum hydrocarbons on benthic invertebrate communities in small rivers of Udmurtia. *Bulletin of Udmurt University. Ser. Biology. Earth Sciences.* 2007;10:47–56. (In Russ.)

Kirievskaya D. V. Zoobenthos of the Chukchi Sea: current state and trends of anthropogenic impact. *Principles of Ecology.* 2017;2:15–27. (In Russ.)

Klimovskii N. V. Spatial and seasonal-interannual dynamics of pollutants in water and bottom sediments of the White Sea: PhD (Cand. of Geogr.) thesis. Moscow; 2021. 160 p. (In Russ.)

Klimovskii N. V., Bykov V. M. Grain-size composition of bottom sediments in the lower reaches of the Northern Dvina River. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2020;4(58):63–66. (In Russ.). doi: 10.36698/2304-5957-2020-19-4-63-66

Klimovskii N. V., Matveev N. Yu. Characteristics of surface water and bottom sediment pollution by petroleum hydrocarbons in the lower reaches of the Northern Dvina River. *Ecological Chemistry.* 2023;32(4):199–207. (In Russ.)

Klimovskii N. V., Matveev N. Yu., Novoselov A. P. Current ecological state of the lower reaches of the

Northern Dvina River (based on hydrochemical survey data of 2019). *Water and Ecology: Problems and Solutions*. 2020;2(82):79–92. (In Russ.). doi: 10.23968/2305-3488.2020.25.2.79-92

Klishin A. Yu. Disorders of organs and tissues of bivalves of the genus *Unio* under oil exposure. *Proceedings of VNIRO*. 2016;162:82–86. (In Russ.)

Konstantinov A. S. General hydrobiology. Moscow: Vysshaya Shkola; 1986. 472 p. (In Russ.)

Korshunova T. Yu., Loginov O. N. Oil pollution of the aquatic environment: features, impact on various components of the hydrosphere, main remediation methods. *Ecobiotech*. 2019;2(2):157–174. (In Russ.)

Kuznetsov A. N., Fedorov Yu. A. Petroleum components in the Don River estuary and the Sea of Azov (results of long-term studies). *Water Resources*. 2014;41(1):49–59. (In Russ.)

Larin A. A., Pavlenko L. F., Korpakova I. G. Accumulation of pollutants in molluscs from the southeastern area of the Sea of Azov. *Environmental Protection in the Oil and Gas Sector*. 2009;1:45–48. (In Russ.)

Lippo I. E. Key aspects of using filter-feeding bivalves in aquabiotechnology. *International Research Journal*. 2025;8(158):1–7. (In Russ.). doi: 10.60797/IRJ.2025.158.49

Nikanorov A. M., Sokolova L. P., Reshetnyak O. S., Kondakova M. Yu., Danilenko A. O. Anthropogenic impact on the estuary of the Northern Dvina River. *Metecology and Hydrology*. 2010;4:75–84. (In Russ.)

Nikanorov A. M., Stradomskaya A. G. Problems of oil pollution of freshwater ecosystems. Rostov-on-Don: NOK; 2008. 222 p. (In Russ.)

Novoselov A. P., Studenov I. I. Factors of technogenic impact on the Northern Dvina River basin. *Bulletin of*

the Northern (Arctic) Federal University. Series "Natural Sciences". 2014;2:32–40. (In Russ.)

Novoselov A. P., Imant E. N., Artem'ev S. N., Matveev N. Yu., Matveeva A. D. Current state of planktonic and benthic communities in the estuary of the Northern Dvina River. *Russian Journal of Ecology*. 2022;60(3):32–40. (In Russ.). doi: 10.31857/S0367059722030088

Procedure PND F 14.1:2:4.128–98. Procedure for measuring the mass concentration of petroleum products in samples of natural, drinking, and waste water by the fluorimetric method using a Fluorat-02 liquid analyser. Moscow; 2012a. 25 p. (In Russ.)

Procedure PND F 16.1:2.21–98. Procedure for measuring the mass fraction of petroleum products in soil and sediment samples by the fluorimetric method using a Fluorat-02 liquid analyser. Moscow; 2012b. 25 p. (In Russ.)

Studenova M. A., Studenov I. I., Chupov D. V. Zoobenthos of the main channel of the Northern Dvina River. *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;2:147–154. (In Russ.). doi: 10.25750/1995-4301-2023-2-147-154

Studenova M. A., Studenov I. I., Chupov D. V., Samodov A. S. Zoobenthos of the Northern Dvina River delta. *Theoretical and Applied Ecology*. 2021;2:60–65. (In Russ.). doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-060-065

Tomilina I. I., Mikhailova L. V., Rybina G. E., Akiatieva T. G. Effect of bottom sediments contaminated with petroleum products on planktonic and benthic crustaceans. *Toxicological Review*. 2009;2(95):28–31. (In Russ.)

Vorob'ev D. S. Effect of oil and petroleum products on macrozoobenthos. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Tomsk Polytechnic University*. 2006;309(3):42–45. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 06.02.2026; принята к публикации / accepted: 14.04.2026.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бурмагин Максим Валентинович

стажер-исследователь лаборатории
эволюционной экологии и геномики гидробионтов

e-mail: 98maxbur12@gmail.com

Климовский Николай Владимирович

канд. геогр. наук, старший научный сотрудник лаборатории
эволюционной экологии и геномики гидробионтов

e-mail: klimovskiy.nikolay@yandex.ru

CONTRIBUTORS:

Burmagin, Maksim

Trainee Researcher

Klimovskiy, Nikolai

Cand. Sci. (Geog.), Senior Researcher