

Современное гидрохимическое состояние вод Кольского залива в прибрежной зоне Мурманска

М. Ю. Меньшакова¹, М. В. Светлова^{1✉}, Д. В. МIRONЮК¹, К. К. Москвин^{1,2}

¹Мурманский арктический государственный университет, Российская Федерация
(183038, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, 15)

²Мурманский морской биологический институт РАН, Российская Федерация
(183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 7)

Аннотация. Цель – определение гидрохимического состояния поверхностного слоя вод Кольского залива в прибрежной зоне Мурманска.

Материалы и методы. Отбор проб осуществлялся с поверхностного слоя вод залива по сезонам в течение года на пяти участках, выбранных для исследования. С помощью оксиметра Hanna HI 9142, инфракрасного анализатора АН-2, инверсионного вольтамперометрического анализатора Та-Lab и системы капиллярного электрофореза Капель-105 М определены концентрации O_2 , Zn, Cd, Pb, Cu, Hg, нефтепродуктов, аммонийного азота, нитратов, нитритов, сульфатов, сульфидов, хлоридов.

Результаты и обсуждение. В ряде районов обнаружено превышение предельно допустимых концентраций (для рыбохозяйственных водоемов) кадмия, свинца, меди, ртути, нефтепродуктов, соединений азота, соединений серы (сульфидов) и хлоридов. Также зарегистрировано содержание кислорода ниже нормативно-допустимого значения. Предельно допустимые концентрации цинка и сульфатов не превышены. По ряду химических веществ (Zn, Pb, Hg, нитриты, сульфаты, сульфиды) на всех участках отбора проб наблюдается сезонная динамика колебаний концентраций, свидетельствующая об активизации плоскостного смыва в весенний период, особенно по ртути.

Выводы. По результатам анализа проб в ряде районов выявлены превышения ПДК_{рх} Cd, Pb, Cu, Hg, нефтепродуктов, соединений азота, сульфидов и хлоридов, а также содержания кислорода ниже нормативно допустимого значения. Наиболее загрязненным районом является «Зеленый мыс (Северные причалы морского порта)», где в течение года отмечается недостаток кислорода и превышения ПДК_{рх} по большинству загрязнителей. Во всех случаях основным фактором, определяющим интенсивность загрязнения в исследуемый период времени, является хозяйственная деятельность.

Ключевые слова: гидрохимическое состояние вод, загрязнение морских вод, Кольский залив, Баренцево море, Мурманск.

Для цитирования: Меньшакова М. Ю., Светлова М. В., МIRONЮК Д. В., Москвин К. К. Современное гидрохимическое состояние вод Кольского залива в прибрежной зоне Мурманска // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2024, № 4, с. 114-122. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/114-124>

ВВЕДЕНИЕ

Российская Арктика – стратегически значимая зона России, охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности которой отнесены к числу основных направлений реализации государственной политики России в Арктике [12].

Одним из наиболее стратегически значимых, крупных и экономически развитых российских арктических регионов является Мурманская область, отличающаяся выгодным географическим положением, характеризующимся возможностью круглогодичной морской навигации с прямым выходом в Мировой океан, богатым природно-ресурсным потенциалом, наличием мощного промышленно-индустриального комплекса и близостью к промышленно развитым регионам России и Европы. Северное побережье Мурманска омывается Баренцевым морем, освоение богатейших биологических и минерально-сырьевых ресурсов, акватории

риальных пространств которого обеспечивает базу для социально-экономического развития не только Мурманской области, но и России в целом.

В то же время прибрежная зона Баренцева моря отличается высокой степенью антропогенной нагрузки при слабой устойчивости к ней высокоширотных приморских и морских экосистем, связанной с низкими темпами их самоочищения в условиях низких температур при длительной продолжительности холодного периода года.

Особую озабоченность вызывает проблема загрязнения Кольского залива Баренцева моря, часть акватории которого примыкает к Мурманску – административному центру Мурманской области, крупнейшему городу Арктики, городу-порту, отправной точке Северного морского пути. Побережье и акватория залива испытывают значительный антропогенный прессинг, здесь развиты морские отрасли хозяйства (морской транспорт, в т.ч. морские порты, рыбопромысловые и рыбоперерабаты-

вающие отрасли), в части береговой зоны залива, находящейся в муниципальном ведении Мурманска, расположены объекты железнодорожной и автотранспортной отраслей, промышленности и городского хозяйства.

Одним из инструментов решения проблем загрязнения Кольского залива является развитие системы экологического мониторинга в его акватории, в том числе мониторинга качества вод по гидрохимическим показателям.

Согласно данным, представленным в ежегодниках качества морских вод по гидрохимическим показателям и ежегодных докладах о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области, отбор проб воды в Кольском заливе осуществляется с поверхностного слоя и только на одном водном посту, расположенном в Мурманском морском торговом порту (ММТП) [5, 6]. В то же время ряд факторов (курсирование судов и плавсредств по всей акватории залива, затонувшие и брошенные суда, речной сток Колы и Туломы, плоскостной смыв и эоловый снос с береговой зоны, сброс промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод) способствует загрязнению морских вод за пределами акватории порта. Это обуславливает необходимость отбора проб и проведение мониторинга и в других районах Кольского залива, в частности, прибрежной акватории Мурманска.

Цель нашего исследования – определение гидрохимического состояния поверхностного слоя вод Кольского залива в прибрежной зоне Мурманска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашем исследовании определялись концентрации O_2 , Zn, Cd, Pb, Cu, Hg, нефтепродуктов, аммонийного азота, нитратов, нитритов, сульфатов, сульфидов, хлоридов в поверхностном слое вод прибрежной акватории Кольского залива, примыкающей к Мурманску. Концентрация кислорода определялась в момент отбора проб электрохимическим методом с помощью оксиметра Hanna HI 9142. Содержание нефтепродуктов определялось с помощью фотометрического метода на инфракрасном анализаторе АН-2, содержание металлов – на инверсионном вольтамперометрическом анализаторе Та-Lab, содержание других анионов и катионов – с помощью системы капиллярного электрофореза Капель-105 М. Картографирование мест отбора проб осуществлялось при помощи геоинформационного метода в программной среде ArcGIS 10.8.5.

Отбор проб морских вод проводился в осенний (05.10.2019), зимний (17.01.2020), весенний (15.04.2020) и летний (20.07.2020) периоды года. Места отбора проб представлены точками на карте (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кольский залив – узкий, глубоко врезающийся в сушу (длина около 57 км) фьорд Баренцева моря, русло (и акватория) которого, в соответствии с геоморфологическими особенностями строения, делится на три колена: северное, среднее и южное. В основании рельефа ле-



Рис. 1. Места отбора проб: 1 – Мост через Кольский залив (восточный берег), 2 – Мост через Кольский залив (западный берег), 3 – Абрам-мыс, 4 – Авторынок «Прибрежный», 5 – Зеленый мыс (Северные причалы морского порта Мурманск)
[Fig. 1. Sampling locations: 1 – Bridge across the Kola Bay (eastern shore), 2 – Bridge across the Kola Bay (western shore), 3 – Abram-Cape, 4 – Coastal Car Market, 5 – Green Cape (Northern berths of the seaport Murmansk)]

жит Балтийский щит – выход на дневную поверхность кристаллического фундамента древней Восточно-Европейской платформы. Территория водосбора залива приурочена к металлогеническим зонам [1], в рудных формациях которых содержатся медь, никель, железо, кобальт, алюминий, а также свинец, цинк и кадмий. Юго-западная часть акватории Баренцева моря, включая Кольский залив, не замерзает, что обусловлено влиянием ветвей теплого Северо-Атлантического течения на климат мурманского баренцевоморского побережья. В сопряженную с южным коленом вершину залива впадают малые (длиной менее 100 км) реки – Кола и Тулома, что оказывает влияние на распределение его вод с максимумом в его кутовой части и повышением солёности по мере приближения к устью. Режим солёности залива, помимо влияния речного стока, обусловлен также снеготаянием, выпадением осадков, интенсивностью водообмена с водами открытой акватории Баренцева моря и перемешивания, в т.ч. приливно-отливного [8].

Кольский залив является водоемом высшей рыбохозяйственной категории (по нему проходит миграционный путь атлантического лосося на нерест), его прибрежные зоны выступают как иерархические элементы уникального биотопа Мурманского региона [16]. Здесь выходят на поверхность древние докембрийские по-

роды, в рельефе имеются следы последнего древнего ледника (бараний лбы, в т.ч. геологический памятник природы «Бараний лоб» у озера Семеновское, эрратические валуны и борозды, и др.); северная тайга достигает северного предела произрастания, встречаются редкие и исчезающие виды растений [9], в частности непосредственно в местах отбора проб произрастает валериана бузинолистная, внесенная в Красную книгу Мурманской области; обитает большое количество различных видов птиц [3, 14], что, в свою очередь, дает возможность для развития туризма, в т.ч. экологического и образовательного, в частности нового вида туризма – бердуотчинга, прокладки эколого-образовательных маршрутов [10].

С позиций устойчивого развития высокоширотных приморских городских территорий большое значение имеет как сохранение чистоты экосистем для здоровья населения [17, 18], так и развитие и оптимизация городского пространства Мурманска, в т.ч. в береговой зоне (обустройство прибрежных парковых зон, зон рекреации и отдыха и др.) [4, 11, 19, 20].

Результаты анализа отобранных проб вод залива сведены в таблицу (табл. 1). В таблице также представлены значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{РХ}) [5, 13].

Таблица 1

Гидрохимические показатели качества вод Кольского залива
[Hydrochemical indicators of water quality in the Kola Bay]

Осень (05.10.2019) / Autumn (05.10.2019)						
Показатели, мг/л / Indicators, mg/l	Абрам-мыс / Abram-Cape	Мост через Кольский залив (западный берег) / Bridge over the Kola Bay (west bank)	Мост через Кольский залив (восточный берег) / Bridge over the Kola Bay (eastern shore)	Авторынок / Car market	Зеленый мыс. Северные причалы / Cape Verde. Northern berths	ПДК _{РХ} , мг/л / MPC _{РХ} , mg/l
O ₂	6.3±0.56	6.3±0.45	6.6±0.38	7.2±0.65	4.3±0.34	6.0 (min)
Zn	0.03317 ±0.002	0.000367 ±0.0002	0.0000357 ±0.000002	0.000387±0.000041	0.00137±0.00011	0.05
Cd	0.000103 ±0.00001	0.00275±0.00018	0.00275±0.00019	0	0.000345±0.000021	0.01
Pb	0.000135 ±0.00001	0.000246±0.000015	0	0	0.0459±0.0023	0.01
Cu	0	0.00413±0.00031	0	0.00389±0.00022	0.0071±0.00029	0.005
Hg	0.00003±0.000001	0.00005 ±0.00001	0.00003±0.000006	0.00135 ±0.0001	0.00056±0.000034	0.0001
Нефте-продукты	0.0066 ±0.005	0.0009 ±0.0001	0.0016 ±0.0001	0.0035±0.00041	0.056±0.0037	0.05
Аммоний-ный азот	2.34±0,02	5.34±0,65	1.52±0,06	7.1±0.82	13.34±2.31	2.9 при 13-34 ‰
Нитраты	25.14±1.81	32.65±2,93	52.67±4.87	27.56±3.12	62.67±5.61	40
Нитриты	1.52±0.12	2.01±0.18	1.21±0.011	3.02±0.15	5.72±0.92	0.08
Сульфаты	12.85±1.81	13.11±0.7	18.85±2.56	21.58±1.89	25.62±3.41	3500 при 12-18 ‰
Сульфиды	1.5±0.02	6.4±0.82	5.84±0,49	3.82±0.41	2.81±0.15	0.01
Хлориды	14192 ±1201	13953 ±1192	12135 ±1384	12569 ±1102	17382 ±985	11900 при 12-18 ‰

Зима (17.01.2020) / Winter (17.01.2020)						
Показатели, мг/л / Indicators, mg/l	Абрам-мыс / Abram-Cape	Мост через Кольский залив (западный бе- пер) / Bridge over the Kola Bay (west bank)	Мост через Кольский залив (восточный бепер) / Bridge over the Kola Bay (eastern shore)	Авторынок/ Car market	Зеленый мыс. Се- верные причалы/ Cape Verde. Northern berths	ПДК _{РХ} , мг/л / МРС _{ФН} , mg/l
O ₂	5.6±0.2	6.6±0.3	6.2±0.2	6.8±0.4	5.1±0.4	6.0 (min)
Zn	0.00127 ±0.0001	0.0045± 0.0002	0.00031± 0.00001	0.0013± 0.0001	0.000142 ±0.00001	0.05
Cd	0.0003± 0.00001	0.0009± 0.00001	0.005± 0.0002	0.0043± 0.0003	0.015± 0.001	0.01
Pb	0.0012± 0.0001	0.00023± 0.00001	0.0034± 0.0002	0.0002± 0.0001	0,043± 0,003	0.01
Cu	0.0001± 0.00001	0.0013± 0.0001	0.0021± 0.0003	0.00012± 0.00001	0.471±0.03	0.005
Hg	0.000031± 0.0000002	0.00001± 0.000002	0.00003± 0.000001	0.00001± 0.000001	0.000071± 0.000003	0.0001
Нефте- продукты	2.71± 0.0005	0.0021± 0.0002	0.0032± 0.0002	0.00012± 0.00001	2.91±0.13	0.05
Аммоний- ный азот	7.42±0.56	2.46±0.34	12.67±1.3	11.45±1.3	23.31± 2.11	2.9 при 13-34 ‰ ₀₀
Нитраты	27.38±3.1	15.31±1.2	17.36±2.1	19.562± 2.11	75.39± 6.81	40
Нитриты	1.11±0.12	0.91±0.1	1.15±0.1	0.9±0.01	2.11±0.13	0.08
Сульфаты	12.573 ±1.12	8.45±0.76	9.67±0.72	7.23±0.65	19.472± 2.11	3500 при 12- 18 ‰ ₀₀
Сульфиды	0.8±0.01	1.1±0.01	1.45±0.11	0.9±0.01	3.2±0.31	0.01
Хлориды	15362 ±983	12231 ±974	13271±876	13473±873	17568 ±845	11900 при 12- 18 ‰ ₀₀
Весна (15.04.2020) / Spring (15.04.2020)						
Показатели, мг/л / Indicators, mg/l	Абрам-мыс / Abram-Cape	Мост через Кольский залив (западный бе- пер) / Bridge over the Kola Bay (west bank)	Мост через Кольский залив (восточный бепер) / Bridge over the Kola Bay (eastern shore)	Авторынок/ Car market	Зеленый мыс. Се- верные причалы/ Cape Verde. Northern berths	ПДК _{РХ} , мг/л / МРС _{ФН} , mg/l
O ₂	7.2±0.68	8.6±0.72	8.5±0.76	8.2±0.72	5.2±0.45	6.0 (min)
Zn	0.00414 ±0.0003	0.00313 ±0.0001	0.004± 0.0003	0.000387± 0.000031	0.0231± 0.0015	0.05
Cd	0.003± 0.0001	0.00162± 0.00012	0.00175± 0.000143	0.00012± 0.00001	0.00545± 0.00041	0.01
Pb	0.0145± 0.0012	0.00346± 0.00023	0.0042± 0.00031	0.0041± 0.0003	0.949 ±0.11	0.01
Cu	0.035± 0.003	0.0413± 0.00031	0.039 ±0.0018	0.00415± 0.00034	0.211± 0.029	0.005
Hg	0.0004± 0.00001	0.0006± 0.00001	0.0004± 0.00005	0.00045± 0.0001	0.0091± 0.000051	0.0001
Нефте- продукты	0.078± 0.006	0.0034± 0.0004	0.0021 ±0.0001	0.0015± 0.00031	2.634 ±0.31	0.05
Аммоний- ный азот	3.42±0.2	4.31±0.48	4.53±0.41	4.12±0.74	17.61± 1.61	2.9 при 13-34 ‰ ₀₀
Нитраты	38.31± 2.45	36.79± 4.93	41.71±3.91	19.37±2.09	73.45± 3.41	40
Нитриты	2.12±0.18	3.17±0.23	2.63±0.023	2.18±0.19	6.02±0.56	0.08
Сульфаты	17.93± 1.81	15.19± 0.86	21.13±2.23	25.12±2.34	31.71± 3.92	3500 при 12- 18 ‰ ₀₀
Сульфиды	3.5±0.09	8.1±0.56	6.23±0.51	5.16±0.45	8.85±0.79	0.01
Хлориды	13250 ±1315	13145 ±1201	12005 ±1265	11573 ±1191	16567 ±1001	11900 при 12- 18 ‰ ₀₀

Лето (20.07.2020) / Summer (20.07.2020)						
Показатели, мг/л / Indicators, mg/l	Абрам-мыс / Abram-Cape	Мост через Кольский залив (западный бе- рег) / Bridge over the Kola Bay (west bank)	Мост через Кольский залив (восточный берег) / Bridge over the Kola Bay (eastern shore)	Авторынок/ Car market	Зеленый мыс. Се- верные причалы/ Cape Verde. Northern berths	ПДК _{РХ} , мг/л / МРС _{ФН} , mg/l
O ₂	6.7±0.6	7.5±0.68	8.2±0.67	7.5±0.66	5.5±0.39	6.0 (min)
Zn	0.00127 ±0.0001	0.0045± 0.0002	0.00031± 0.00001	0.0013± 0.0001	0.000142 ±0.00001	0.05
Cd	0.0002± 0.00001	0.0012± 0.0001	0.005 ±0.0001	0.0003± 0.00001	0.009± 0.0008	0.01
Pb	0.0031± 0.0002	0.00019± 0.00001	0.0012 ±0.0002	0.0003± 0.00001	0.0093± 0.0011	0.01
Cu	0.0003± 0.00001	0.0009± 0.0001	0.0028 ±0.0003	0.00009± 0.00001	0.381± 0.028	0.005
Hg	0.000031± 0.0000002	0.00002± 0.0000002	0.0003± 0.00001	0.00002± 0.000001	0.00012± 0.000003	0.0001
Нефте- продукты	0.21± 0.012	0.03± 0.0027	0.0015± 0.00011	0.0009± 0.00001	1.82±0.15	0.05
Аммоний- ный азот	5.38±0.49	1.12±0.14	3.42±0.31	6.12±0.39	13.11± 1.19	2.9 при 13-34 ‰
Нитраты	14.42±1.5	10.23±1.2	13.15±1.21	13.145± 1.21	25.17± 1.83	40
Нитриты	1.11±0.12	0.91±0.1	1.15±0.1	0.9±0.01	2.11±0.13	0.8
Сульфаты	8.341± 0.79	6.23±0.56	7.54±0.56	5.53±0.45	13.371± 1.4	3500 при 12- 18 ‰
Сульфиды	0.01± 0.001	0.0981 ±0.001	0.32±0.02	0.6±0.003	2.1±0.19	0.01
Хлориды	16342 ±045	12892 ±1019	13962 ±893	12977 ±975	16998 ±985	11900 при 12- 18 ‰

Примечание. Значения показателей указаны как среднее ± стандартное отклонение
[Note: Indicator values are indicated as mean ± standard deviation]

Поступление в Кольский залив химических веществ осуществляется посредством трансграничного переноса водами Северо-Атлантического течения (и сопутствующего ему воздушного переноса), в частности, одной из его ветвей – Нордкапского течения, переходящего в Мурманское течение у северного побережья Мурманской области, а также речного стока, плоскостного смыва и эолового сноса с побережья, с атмосферными осадками.

Содержание в поверхностных водах залива химических веществ во многом определяется расположением в береговой зоне антропогенных источников загрязнений, основная часть которых расположена на побережье его южного колена, в т.ч. в пределах береговой зоны Мурманска [7, 15]. Так, мост через Кольский залив (точки отбора проб №1 и №2) является участком автодорожной сети города Мурманска с транспортными развязками в береговой зоне. Кроме того, на восточном (правом) берегу залива в районе моста расположен выход одной из ветвей системы водоотвода талых и дождевых вод с городской территории. В районе поселка Абрам-мыс (точка отбора проб №3) расположен терминал «Абрам-мыс» для складирования и хранения, а также строительства, ремонта и техни-

ческого обслуживания судов и плавучих конструкций. Здесь также расположен причал для небольших морских пассажирских катеров. Рядом, в пос. Минькино, расположены рыбоперерабатывающие предприятия компании Norebo. В районе авторынка «Прибрежный» (в настоящее время не работает) расположены автосалоны, павильоны по продаже моторных масел и автоаксессуаров. К территории авторынка со стороны города примыкают автотранспортные (ул. Подгорная) и железнодорожные пути. Район «Зеленый мыс (Северные причалы морского порта Мурманск)» (точка отбора проб №5) значительно антропогенно нагружен. Здесь расположен Мурманский Балкерный Терминал по перевалке минеральных удобрений, апатитового и железорудного концентрата, окатышей и генеральных грузов, судоразделочная база. Рядом проходит Нижнеростинское шоссе – ветка автотранспортной сети Мурманска. В донной зоне акватории залива, примыкающей к данному району, расположено кладбище брошенных затонувших судов [2, 7].

Значимую роль в поступлении химических веществ в акваторию залива играет также водоотведение сточных вод, большая часть которых сбрасывается без очистки.

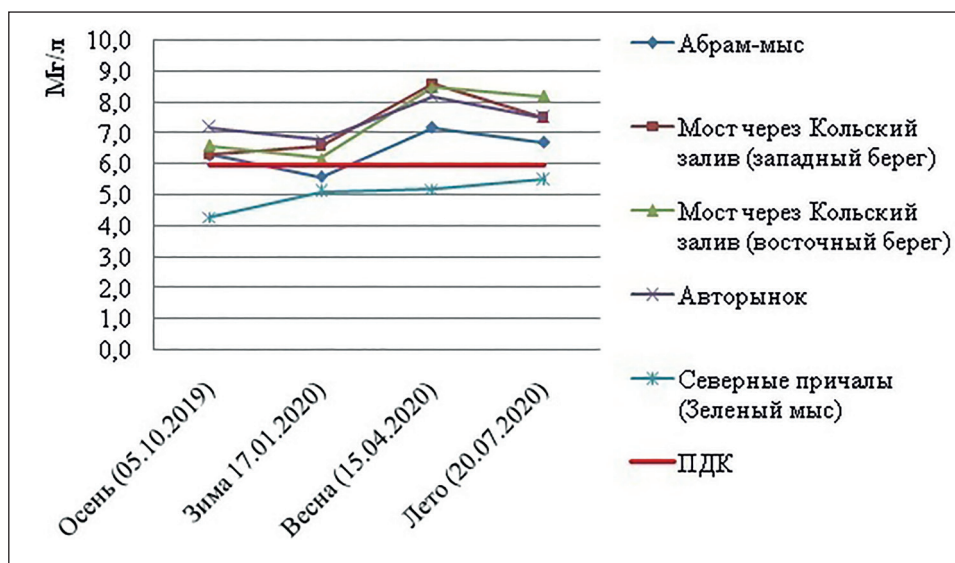


Рис. 2. Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод Кольского залива в местах отбора проб в период исследований

[Fig. 2. Dissolved oxygen content in the surface layer of water in the Kola Bay at sampling sites during the research period]

Кислород. Растворенный кислород присутствует в поверхностном слое морских вод постоянно. Он необходим для дыхания гидробионтов, участвует в процессах окисления органических и неорганических веществ и разложения органического вещества, обеспечивая самоочищение водной среды. Поступление кислорода в воды залива обеспечивается его абсорбцией при непосредственном контакте поверхностного слоя морских вод с атмосферным воздухом, в процессе фотосинтеза растениями-гидробионтами, атмосферными осадками.

По результатам наших исследований абсолютное содержание растворенного кислорода в поверхностных водах южного колена залива в прибрежной зоне Мурманска колебалось в пределах 4,3-7,2 мг/л осенью, 5,1-6,8 мг/л зимой, 5,2-8,6 мг/л весной и 5,5-8,2 мг/л летом (рис. 2).

При этом наибольшие средние значения концентраций по точкам опробования отмечались весной (7,54 мг/л), наименьшие – зимой (6,06 мг/л), что обусловлено сезонной динамикой биопродукционных процессов, протеканием фотосинтеза в весенний период в условиях незначительного прогрева поверхностного слоя вод. Среднегодовое значение концентрации кислорода по точкам опробования составило 6,7 мг/л. Минимальные значения (ниже ПДК) во все сезоны года зафиксированы в районе «Зеленый мыс. Северные причалы», а также зимой в районе Абрам-мыс, что связано со значительным загрязнением нефтепродуктами с образованием на поверхности воды нефтяной пленки, препятствующей активному кислородному обмену с атмосферным воздухом, и с расходом кислорода на окисление органического вещества. С учетом повышенных концентраций (значительно превышающих ПДК) минеральных форм азота (аммонийной, нитритной, нитратной) в течение года можно утверждать, что в водах данных районов преобладают окислительные процессы.

Тяжелые металлы. Наличие тяжелых металлов в морских водах является значимым показателем техногенной нагрузки (они присутствуют в промышленных и бытовых стоках, зонах дампинга и районах затопленных и выброшенных на берег судов, в атмосферных выбросах предприятий и транспорта и ветровых сносах с урбанизированных и промышленных территорий, попадающих в морскую среду). Попадая в пищевые цепи, в зависимости от концентраций, тяжелые металлы могут выступать как биогенные элементы и как токсиканты (чем выше концентрация, тем ярче проявляются токсичные свойства того или иного тяжелого металла). В частности, биомикроэлементами являются медь и цинк, которые в высоких концентрациях выступают как токсиканты. Ртуть, свинец и кадмий относятся к опасным токсикантам.

Распределение концентраций Zn, Cd, Pb, Cu, Hg в поверхностных водах южного колена залива в прибрежной зоне Мурманска в исследуемый период времени носит мозаичный характер. При этом отмечается весьма широкий диапазон колебаний содержания тяжелых металлов поэлементно как по точкам опробования, так и по сезонам.

В ходе сопоставительных оценок содержания тяжелых металлов в водах залива с нормативно-допустимым значением концентраций для рыбохозяйственных водоемов превышений по цинку не выявлено. В содержании кадмия в зимний период в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» зафиксировано превышение ПДК в 1,5 раза. Значительные превышения ПДК свинца зафиксированы в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» в осенне-зимний период (4,49 ПДК и 4,3 ПДК, соответственно) и весной (94,9 ПДК), а также в районе Абрам-мыс весной (1,45 ПДК). По меди также отмечались значительные превышения ПДК в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» во все сезоны года (осе-

ною – 1,42 ПДК, зимой – 94,2 ПДК, весной – 42,2 ПДК, летом – 76,2 ПДК), а также весной в районах Абрам-мыс (7 ПДК) и мост через Кольский залив (восточный берег) (7,8 ПДК). По ртути значительные превышения ПДК отмечались осенью в районах «Зеленый мыс. Северные причалы» (5,6 ПДК) и Авторынок (13,5 ПДК); весной – во всех районах: Абрам-мыс (4 ПДК), мост через Кольский залив (западный берег – 6 ПДК, восточный – 4 ПДК), Авторынок (4,5 ПДК), «Зеленый мыс. Северные причалы» (91 ПДК); летом – в районах «Зеленый мыс. Северные причалы» (1,2 ПДК) и мост через Кольский залив (восточный берег) (3 ПДК).

Мозаичность распределения концентраций тяжелых металлов в поверхностных водах залива в прибрежной зоне Мурманска обусловлена совместным влиянием природных и антропогенных факторов. Так, отсутствие превышений ПДК ртути во всех пробах, полученных в зимний период, и наличие превышений ее ПДК во всех пробах, полученных в весенний период, свидетельствует об активации плоскостного смыва в период весеннего снеготаяния. Аналогичная сезонная динамика концентраций выявлена также по Zn и Pb, но с превышением ПДК свинца только в районе «Зеленый мыс. Северные причалы». В то же время анализ амплитуды средних по точкам опробования сезонных значений концентраций Zn, Cd, Cu, Pb явно свидетельствует о значительном вкладе антропогенного фактора, обуславливающего отсутствие общего сезонного хода. Так, средние максимальные значения концентраций цинка в морских водах отмечались осенью (0,00706504 мг/л), минимальные – зимой (0,0015044 мг/л); средние максимальные значения концентраций кадмия отмечались зимой (0,0051 мг/л), минимальные – осенью (0,0011896 мг/л). По средним значениям концентраций свинца отмечался весенний максимум (0,195052 мг/л) и летний минимум (0,002818 мг/л), по меди – зимний максимум (0,094924 мг/л) и осенний минимум (0,015804 мг/л).

Превалирование превышений ПДК ряда тяжелых металлов в пробах вод в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» по сравнению другими районами исследования также свидетельствует о значительной роли антропогенного фактора в данной точке опробования.

Распределение тяжелых металлов в водах залива может быть связано также с нефтяным загрязнением, т.к. нефть содержит ряд тяжелых металлов, среди которых Cu, Pb, Hg, Zn, Cd и другие.

Нефтепродукты. Нефть и нефтепродукты – одни из наиболее опасных в биологическом отношении загрязнителей морских вод. Прибрежная зона Мурманска приурочена к кутовой части залива и сопряжена с литоральной зоной – районами, являющимися наиболее уязвимыми к нефтяному загрязнению, отличающимися высоким разнообразием биоты с наличием краснокнижных видов [7].

Нефтепродукты в тех или иных концентрациях содержались во всех пробах вод поверхностного слоя в течение года. Превышение ПДК при этом отмечалось

во все сезоны года в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» (осенью – 1,12 ПДК, зимой – 58,2 ПДК, весной – 52,68 ПДК, летом – 36,4 ПДК), а также в районе Абрам-мыс зимой (54,2 ПДК), весной (1,56 ПДК) и летом (4,2 ПДК). Данные районы расположены на расстоянии более 8 км от Кольского моста и являются районами оживленного судоходства.

Соединения азота. Соединения азота представлены в водах залива, главным образом, аммонийным азотом, нитритами и нитратами.

В сезонном ходе средних по точкам опробования значений концентраций аммонийного азота (NH_4^+), биогенного элемента, участвующего в процессах гидробиоценоза, отмечался зимний максимум (11,462 мг/л) и летний минимум (5,83 мг/л). При этом зафиксировано превышение его нормативных значений в районах: Абрам-мыс зимой – 2,55 ПДК, весной – 1,179 ПДК и летом – 1,85 ПДК; мост через Кольский залив (западный берег) осенью – 1,84 ПДК и весной – 1,486 ПДК; мост через Кольский залив (восточный берег) зимой – 4,368 ПДК, весной – 1,56 ПДК и летом – 1,179 ПДК; Авторынок – осенью 2,44 ПДК, зимой – 3,948 ПДК, летом – 2,11 ПДК; «Зеленый мыс. Северные причалы» в течение года – от 4,52 ПДК до 8,03 ПДК. Значительные превышения ПДК аммонийного азота обусловлены антропогенным вкладом (промышленные и хозяйственно-бытовые стоки). В летне-осенний период, помимо антропогенного вклада, повышение его концентраций связано с отмиранием и последующим окислением органического вещества. В процессе биологического окисления (нитрификации) аммонийного азота образуются соли азотистой и азотной кислот – нитриты и нитраты, нитриты – это промежуточный этап окисления, нитраты – конечный.

Сезонный ход концентраций нитритов в поверхностных водах залива прибрежной зоны Мурманска представлен средними по точкам опробования значениями: 2,696 мг/л осенью, 1,232 мг/л зимой, 3,224 мг/л весной и 1,236 мг/л летом. Во всех точках опробования отмечается сезонная динамика колебаний концентраций нитритов (в среднем, весной в 2,62 раза выше по сравнению с зимним периодом), свидетельствующая об активации плоскостного смыва в весенний период. При этом во всех районах опробования в течение года зафиксированы превышения ПДК с максимумами в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» осенью (71,5 ПДК), зимой (26,25 ПДК), весной (75,25 ПДК) и летом (26,375 ПДК).

По содержанию нитратов превышения ПДК зафиксированы в районах «Зеленый мыс. Северные причалы» осенью (1,56 ПДК), зимой (1,88 ПДК) и весной (1,83 ПДК) и мост через Кольский залив (восточный берег) осенью (1,31 ПДК) и весной (1,04 ПДК).

Соединения серы (сульфаты и сульфиды). Наряду с хлоридами соединения на основе серы в виде сульфатов входят в состав морских вод (10,8 % от общей массы всех морских солей) в виде MgSO_4 , CaSO_4 , K_2SO_4 . Соединения серы (сульфиды) не являются ти-

пичными компонентами морских вод, их присутствие в водах Кольского залива обусловлено попаданием со сточными водами. Сульфиды могут содержаться также в нефти и нефтепродуктах. В природе сульфиды при повышении температуры воздуха могут окисляться до сульфатов, которые, в свою очередь, могут восстанавливаться до сульфидов. Оба процесса происходят при участии микроорганизмов.

В сезонном ходе средних по точкам опробования значений концентраций сульфатов в поверхностных водах залива прибрежной зоны Мурманска отмечался зимний минимум – 11,479 мг/л и весенний максимум – 22,216 мг/л (весной почти в 2 раза выше, чем зимой), без превышений ПДК.

Сезонная динамика концентраций сульфидов также характеризуется наличием зимнего минимума – 1,49 мг/л и весеннего максимума – 6,368 мг/л (в среднем, весной концентрация сульфидов в 4,27 раз выше, чем в зимний период). При этом в течение года во всех пробах зафиксированы значительные превышения ПДК, за исключением района Абрам-мыс в летний период, где содержание сульфидов достигало предельно-допустимого значения (0,01) без его превышения. Максимальные превышения ПДК зафиксированы в районах «Зеленый мыс. Северные причалы» зимой (320 ПДК), весной (885 ПДК) и летом (210 ПДК) и мост через Кольский залив (западный берег) осенью (640 ПДК).

Сезонная динамика (зима-весна) колебаний концентраций сульфатов и сульфидов во всех точках опробования свидетельствует об активации плоскостного смыва в период весеннего снеготаяния.

Хлориды. В химическом составе морской воды хлориды металлов доминируют в виде NaCl, MgCl₂ (и содержание составляет, примерно, 88,7 % от общей массы всех морских солей). Превышения ПДК хлоридов в морских водах связаны с поступлением сточных вод, содержащих, например, хлориды бария, ртути, серебра, аммония, кальция, калия и др., используемых в качестве инсектицидных препаратов, дезинфекторов и антисептиков, пищевых добавок, входящих в состав медицинских препаратов.

В содержании хлоридов в морских водах прибрежной зоны Мурманска яркой сезонной динамики не выявлено. Во всех точках отбора проб (за исключением района Авторынка весной) в течение года отмечались превышения ПДК с максимумами в районе «Зеленый мыс. Северные причалы» осенью (1,46 ПДК), зимой (1,47 ПДК), весной (1,39 ПДК) и летом (1,42 ПДК).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования гидрохимического состояния поверхностного слоя вод Кольского залива в прибрежной зоне Мурманска в ряде районов выявлены превышения ПДК_{рх} тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, ртути), нефтепродуктов, соединений азота (аммонийного азота, нитритов, нитратов), соединений серы (сульфидов) и хлоридов, а также содержание кислорода ниже нормативно допустимого значения. Во

всех районах в течение года не отмечено превышений ПДК_{рх} по цинку и сульфатам. По ряду химических веществ (Zn, Pb, Hg, нитриты, сульфаты, сульфиды) во всех точках опробования отмечается сезонная динамика колебаний концентраций, свидетельствующая об активации плоскостного смыва в весенний период в сравнении с зимним, причем наиболее ярко (со значительным превышением ПДК_{рх} весной во всех местах опробования) для ртути. Наиболее загрязненным районом является район «Зеленый мыс. (Северные причалы морского порта Мурманск)», где в течение года либо в отдельные сезоны по большинству загрязнителей (за исключением Zn и сульфатов) отмечаются превышения ПДК_{рх} и недостаток кислорода в сравнении с остальными точками опробования. Во всех случаях основным фактором, определяющим интенсивность загрязнения в исследуемый период времени, является хозяйственная деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Мурманской области. – URL: <https://kolamap.ru/img/1971/1971.html>. (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.
2. Бахарев В.И. Проблемные вопросы экологического состояния окружающей среды прибрежных районов Мурманской области // Экологический фонд «Гармоничное развитие», Всемирный фонд дикой природы, 2005. 35 с. – URL: https://wwf.ru/upload/iblock/769/ships_rus.pdf (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.
3. Водно-болотная орнитофауна береговой зоны Кольского залива Баренцева моря в районе крупного техногенного объекта – моста через Кольский залив / М.Б. Шилин, М.Ю. Меньшакова, Р.И. Гайнанова и др. // *Моря России: Вызовы отечественной науки: тезисы докладов Всероссийской научной конференции*, 2022, с. 368-369.
4. Возможности развития городского пространства Мурманска. Проблемы. Примеры / М. Хубер, О.А. Яковлева, Г.В. Жигунова и др. // Материалы Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с международным участием «Социальные риски в современном обществе», 2020, с. 286-292. – URL: <http://nkras.ru/arhiv/2020/SRMS2020.pdf>. (дата обращения: 10.04.2023). – Текст: электронный.
5. Ежегодники «Качество морских вод по гидрохимическим показателям». – URL: <http://www.oceanography.institute/index.php/2020-11-08-17-54-32/2020-11-08-18-07-11>. (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.
6. Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области. – URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/>. (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.
7. Кольский залив и нефть / под ред. А.А. Шавыкина; ММБИ КНЦ РАН. Санкт-Петербург: Реноме, 2018. 520 с. – URL: <https://renomespb.ru/uploads/pdf/1315.pdf>. (дата обращения: 10.04.2023). – Текст: электронный.
8. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, загрязнители / отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Издательство КНЦ РАН, 1997. 265 с.
9. Меньшакова М.Ю., Сортланд Э.Б., Ткач Н.В. Конспект флоры сосудистых растений города Мурманска // *Флора и фауна городов Мурманской области и Северной Норвегии: межвузовский сборник научных статей*, 2009, с. 48-91.
10. Меньшакова М.Ю. Эколого-образовательный маршрут «Побережье Баренцева моря в Мурманске» // *Материалы 4-й международной научно-практической конференции*,

посвящённой 115-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора И. С. Сидорука и доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. А. Положенцева «Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы», 2015, с. 299-302.

11. Модернизация высокоширотных приморских городских систем в контексте устойчивого развития (на примере города Мурманска) / Г. Ю. Жигунова, М. Ю. Меньшакова, М. Хубер, М. В. Светлова // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2018, №3, с. 36-43. 11. Об основах государственной политики России в Арктике на период до 2035 года // *Указ Президента РФ от 05 марта 2020 года N 164*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564371920>. (дата обращения: 10.04.2023). – Текст: электронный.

12. Об основах государственной политики России в Арктике на период до 2035 года // *Указ Президента РФ от 05 марта 2020 года N 164*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564371920>. (дата обращения: 10.04.2023). – Текст: электронный.

13. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // *Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года N 552*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120>. (дата обращения: 10.04.2023). – Текст: электронный.

14. Харламова М. Н., Новиков М. А. Авифауна г. Мурманска // *Флора и фауна городов Мурманской области и Северной Норвегии: межвузовский сборник научных статей*, 2009, с. 92-102.

15. Шахвердов В. А., Шахвердова М. В. Оценка современного геоэкологического состояния Кольского залива по

геохимическим данным // *Арктика: экология и экономика*, 2016, № 4 (24), с. 22-31.

16. Can the Arctic be saved for the next generations? Study of examples and internships in Murmansk District / M. Huber, O. Iakovleva, G. Zhigunova et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «Scientific and Technical Findings of the Arctic Exploration 2020: Present and Future»*, 2021, vol. 678, 012031.

17. Healthy ecosystems are a prerequisite for human health – a call for action in the era of climate with a focus on Russia / Orlov D. et al. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, vol. 17, no. 22, pp. 1-11.

18. Healthy ecosystems for human and animal health: science diplomacy for responsible development in the Arctic / Evengard B. et al. // *Polar Record*, 2021, vol. 57, no. 3, e39.

19. Possibilities of Sustainable Development including Improvement in Air Quality for the City of Murmansk-Examples of Best Practice from Scandinavia / M. Huber, A. Rusek, M. Menshakova et al. // *Climate*, 2022, vol. 10, no 2.

20. Special Interest Tourism (SIT) in Murmansk (Arctic NE Scandinavia): Touristic Route around the City to Explore the Oldest Rocks in Europe / M. Huber, O. Iakovleva, G. Zhigunova, M. Menshakova // *Heritage*, 2023, vol. 6, no. 3, pp. 2664-2687.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 19.01.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

UDC 502/504

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/114-124>

Current Hydrochemical State of the Kola Bay Waters in the Murmansk Coastal Zone

M. Yu. Menshakova¹, M. V. Svetlova¹✉, D. V. Mironyuk¹, K. K. Moskvina^{1,2}

¹Murmansk Arctic State University, Russian Federation
(15, St. Captain Egorov str., Murmansk, 183038)

²Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation
(7, Vladimirskaia str., Murmansk, 183010)

Abstract. The purpose is to determine the hydrochemical state of the surface water layer of the Kola Bay in the coastal zone of Murmansk.

Materials and methods. Sampling was conducted from the surface layer of the bay waters seasonally throughout the year at the five sites selected for the study. Concentrations of O₂, Zn, Cd, Pb, Cu, Hg, petroleum products, ammonium nitrogen, nitrate, nitrite, sulphate, sulphide, chloride were determined using Hanna HI 9142 oximeter, AH-2 infrared analyser, Ta-Lab inversion voltammetric analyser and Kapel-105 M capillary electrophoresis system.

Results and discussion. Cadmium, lead, copper, mercury, oil products, nitrogen compounds, sulfur compounds (sulfides) and chlorides, are found to exceed the maximum permissible concentrations (for fishery water bodies) in a number of areas. Also, oxygen content below the normative allowable value is registered. No zinc and sulfate maximum permissible concentrations are exceeded. For a number of chemical substances (Zn, Pb, Hg, nitrites, sulfates, sulfides) in all sampling areas seasonal dynamics of concentrations fluctuations are observed, indicating the activation of melt water flows in the spring period, especially for mercury.

© Menshakova M. Yu., Svetlova M. V., Mironyuk D. V., Moskvina K. K., 2024

✉ Marina V. Svetlova, e-mail: marina-svetlova@bk.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Conclusion. According to the results of sample analysis, in a number of areas exceedances of maximum permissible concentrations_{px} of Cd, Pb, Cu, Hg, oil products, nitrogen compounds, sulphides and chlorides, as well as oxygen content below the normatively permissible value were detected. The most polluted area is 'Green Cape (Northern berths of the seaport)', where oxygen deficiency and exceedances of maximum permissible concentration_{px} of for the majority of pollutants are observed throughout the year. In all cases the main factor determining the intensity of pollution in the studied period of time is economic activity.

Key words: water hydrochemical state, sea water pollution, Kola Bay, Barents Sea, Murmansk.

For citation: Menshakova M. Yu., Svetlova M. V., Mironyuk D. V., Moskvina K. K. Current Hydrochemical State of the Kola Bay Waters in the Murmansk Coastal Zone. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2024, no. 4, p. 114-122 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/114-124>

REFERENCES

1. *Atlas of the Murmansk region*. – URL: <https://kolamap.ru/img/1971/1971.html>. (accessed 15.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
2. Baharev V.I. Problemnye voprosy ekologicheskogo sostoyaniya okruzhajushhej sredy pribrezhnyh rajonov Murmanskoy oblasti [Problematic issues of the ecological state of the environment of the coastal areas of the Murmansk region]. *Jekologicheskij fond «Garmonichnoe razvitie», Vsemirnyj fond dikojprirody*, 2005. 35p. – URL: https://wwf.ru/upload/iblock/769/ships_rus.pdf (accessed 15.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
3. Vodno-bolotnaya ornitofauna beregovoj zony Kol'skogo zaliva Barenceva morja v rajone krupnogo tehnogennoho ob'ekta – mosta cherez Kol'skij zaliv [Wetland avifauna of the coastal zone of the Kola Bay of the Barents Sea in the area of a large man-made object – the bridge over the Kola Bay] / M.B. Shilin, M.Ju. Men'shakova, R.I. Gajnanovaidr. *MorjaRossii: Vyzovy otechestvennoj nauki: tezisy dokladov Vserossijskoj nauchnoj konferencii*, 2022, pp. 368-369. (In Russ.)
4. Vozmozhnosti razvitiya gorodskogo prostranstva Murmansk. Problemy. Primery [Opportunities for the development of urban space in Murmansk. Problems. Examples] / M. Huber, O.A. Jakovleva, G.V. Zhigunovaidr. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy onlajn-konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Social'nye riski v sovremennom obshchestve»*, 2020, pp. 286-292. – URL: <http://nkras.ru/arhiv/2020/SRMS2020.pdf>. (accessed 10.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
5. *Yearbooks «Quality of marine waters according to hydrochemical indicators»*. – URL: <http://www.oceanography.institute/index.php/2020-11-08-17-54-32/2020-11-08-18-07-11>. (accessed 15.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
6. *Annual reports on the state and environmental protection of the Murmansk region*. – URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/>. (accessed 15.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
7. Kol'skij zaliv i neft' [Kola Bay and oil] / pod red. A.A. Shavykina; MMBI KNC RAN. Saint-Petersburg: Renome, 2018. 520p. – URL: <https://renomespb.ru/uploads/pdf/1315.pdf>. (accessed 10.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
8. Kol'skij zaliv: okeanografiya, biologiya, jekosistemy, pollyutanty [Kola Bay: oceanography, biology, ecosystems, pollutants] / otv. red. G.G. Matishov. Apatity: Izdatel'stvo KNC RAN, 1997. 265p. (In Russ.)
9. Men'shakova M. Ju., Sortland Je. B., Tkach N. V. Konspekt flory sosudistyh rastenij goroda Murmansk [Summary of the flora of vascular plants of the city of Murmansk]. *Flora i fauna gorodov Murmanskoy oblasti I Severnoj Norvegii: mezhvuzovskij sbornik nauchnyh statej*, 2009, pp. 48-91. (In Russ.)
10. Men'shakova M. Ju. Ekologo-obrazovatel'nyj marshrut «Poberezh'e Barenceva morja v Murmanske» [Ecological and educational route «The coast of the Barents Sea in Murmansk»]. *Materialy 4-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 115-letiju so dnja rozhdeniya doktora biologicheskikh nauk, professora I. S. Sidoruka I doktora sel'skohozjajstvennyh nauk, professora P. A. Polozhenceva «Biojekologicheskoe kraevedenie: mirovye, rossijskie I regional'nye problemy»*, 2015, pp. 299-302. (In Russ.)
11. Modernizaciya vysokoshirotnykh primorskih gorodskih sistem v kontekste ustojchivogo razvitiya (na primere goroda Murmansk) [Modernization of high-latitude coastal urban systems in the context of sustainable development (on the example of the city of Murmansk)] / G. Ju. Zhigunova, M. Ju. Men'shakova, M. Huber, M. V. Svetlova. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2018, no. 3, pp. 36-43. (In Russ.)
12. Ob osnovah gosudarstvennoj politiki Rossii v Arktike na period do 2035 goda [On the fundamentals of Russia's state policy in the Arctic for the period up to 2035]. *Ukaz Prezidenta RF ot 05 marta 2020 goda N 164*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564371920>. (accessed 10.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
13. Ob utverzhdenii normativov kachestva vodyvodnykh ob'ektov rybohozjajstvennogo znacheniya, v tom chisel normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednykh veshhestv v vodah vodnykh ob'ektov rybohozjajstvennogo znacheniya [On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance]. *Prikaz Ministerstva sel'skogo hozjajstva RF ot 13 dekabrja 2016 goda N 552*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120>. (accessed 10.04.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
14. Harlamova M. N., Novikov M. A. Avifauna g. Murmansk [Avifauna of Murmansk]. *Flora i fauna gorodov Murmanskoy oblasti I Severnoj Norvegii: mezhvuzovskij sbornik nauchnyh statej*, 2009, pp. 92-102. (In Russ.)
15. Shahverdov V. A., Shahverdova M. V. Ocenka sovremennogo geojekologicheskogo sostoyaniya Kol'skogo zaliva po geohimicheskim dannym [Assessment of the current geoecological state of the Kola Bay based on geochemical data]. *Arktika: jekologiya i ekonomika*, 2016, no. 4 (24), pp. 22-31. (In Russ.)
16. Can the Arctic be saved for the next generations? Study of examples and internships in Murmansk District / M. Huber, O. Iakovleva, G. Zhigunova et al. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «Scientific and Technical Findings of the Arctic Exploration 2020: Present and Future», 2021, vol. 678, 012031.
17. Healthy ecosystems are a prerequisite for human health – a call for action in the era of climate with a focus on Russia / Orlov D. et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, vol. 17, no. 22, pp. 1-11.
18. Healthy ecosystems for human and animal health: science diplomacy for responsible development in the Arctic / Evengård B. et al. *Polar Record*, 2021, vol. 57, no. 3, e39.
19. Possibilities of Sustainable Development including Improvement in Air Quality for the City of Murmansk-Examples of Best Practice from Scandinavia / M. Huber, A. Rusek, M. Menshakova et al. *Climate*, 2022, vol. 10, no. 2.

20. Special Interest Tourism (SIT) in Murmansk (Arctic NE Scandinavia): Touristic Route around the City to Explore the Oldest Rocks in Europe / M. Huber, O. Iakovleva, G. Zhigunova, M. Menshakova. *Heritage*, 2023, vol. 6, no. 3. pp. 2664-2687.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 19.01.2024

Accepted: 02.12.2024

Меньшакова Мария Юрьевна
кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией «Мониторинг и сохранение природных экосистем Арктики» Мурманского арктического государственного университета, г. Мурманск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-0441-668X, e-mail: dendrobium@yandex.ru

Светлова Марина Всеволодовна
кандидат географических наук, доцент кафедры естественных наук Мурманского арктического государственного университета, г. Мурманск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-1358-1081, e-mail: marina-svetlova@bk.ru

Москвин Константин Константинович
стажер-исследователь лаборатории зообентоса Мурманского морского биологического института РАН, г. Мурманск, Российская Федерация; аспирант Мурманского арктического государственного университета, г. Мурманск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-3511-2366, e-mail: moskvina@mmbi.info

Миронюк Диана Владимировна
Обучающаяся Мурманского арктического государственного университета, г. Мурманск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-1065-4687, e-mail: daiana.mironyuk@yandex.ru

Maria Yu. Menshakova
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Head of the Laboratory 'Monitoring and Preservation of Arctic Natural Ecosystems', Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-0441-668X, e-mail: dendrobium@yandex.ru

Marina V. Svetlova
Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Natural Sciences Department, Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-1358-1081, e-mail: marina-svetlova@bk.ru

Konstantin K. Moskvina
Trainee Researcher at the Zoobenthos Laboratory of the Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation; Postgraduate Student at the Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3511-2366, e-mail: moskvina@mmbi.info

Diana V. Mironyuk
Student at the Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-1065-4687, e-mail: daiana.mironyuk@yandex.ru