

Научная статья
УДК 551.311.2 (268.45)
doi:10.37614/2949-1185.2024.3.3.011

МАТЕРИКОВЫЙ СТОК В КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ С КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА В ТЕПЛЫЙ СЕЗОН ГОДА (С КОНЦА ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА ДО ОСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ)

Максим Валентинович Митяев, Марина Васильевна Герасимова

*Мурманский морской биологический институт Российской академии наук, г. Мурманск, Россия
mityaev@mmbi.info, gerasimova@mmbi.info*

Аннотация

С целью определения стока пресных вод с Карельского берега в теплый период года (2018–2023) проведены сезонные наблюдения расхода воды в водотоках, впадающих в губы Чупа, Медвежья, Кив, Кереть и Летняя Кандалакшского залива Белого моря. В реках и ручьях исследовалось изменение расхода воды за сутки, начиная с конца весеннего паводка до конца осеннего половодья. Выявлено, что речной водный сток в теплый сезон года с этой части Карельского берега не превышает 750 млн м³, а ручьевой – 60 млн м³. Сезонный водный сток имеет два максимума (конец мая–первая декада июня и конец сентября–середина октября), разделенных летним меженным периодом. Несмотря на продолжительность летнего меженного периода, его доля в общем сезонном стоке не превышает 40 % (в среднем 34±1 %). В течение 6 лет объем ручьевого стока в данной части Карельского берега в среднем увеличивался на 2–3 % в год, а речной сток – на 1–2 % в год. Выделяются два года с небольшим суммарным сезонным стоком (2018 и 2022) и два года с повышенным суммарным сезонным стоком (2021 и 2023). Полученные данные свидетельствуют, что пресный сток с Карельского берега в воды Белого моря подвержен цикличности с небольшим увеличением общего объема материкового стока.

Ключевые слова:

Карельский берег, реки, ручьи, пресный сток, теплый сезон года

Original article

CONTINENT RUNOFF FROM THE KARELIAN COAST IN WARM SEASON OF THE YEAR (FROM THE END OF THE SPRING FLOOD TO THE AUTUMN FLOOD)

Maxim V. Mityaev, Marina V. Gerasimova

*Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia
mityaev@mmbi.info, gerasimova@mmbi.info*

Abstract

In order to determine the flow of fresh water from the Karelian coast in the warm season, in 2018–2023. Seasonal observations of water flow were carried out in watercourses flowing into the Chupa, Medvezhya, Kiv, Keret and Letnyaya bays of the Kandalaksha Bay of the White Sea. In rivers and streams, changes in water flow per day were studied, starting from the end of the spring flood to the end of the autumn flood. It was revealed that river water flow in the warm season of the year from this part of the Karelian coast does not exceed 750 million m³, and stream flow – 60 million m³. Seasonal water flow has two maximums (end of May–first ten days of June and end of September–mid-October) separated by a summer low-water period. Despite the length of the summer low-water period, its share in the total seasonal runoff does not exceed 40 % (on average 34±1 %). Over the course of 6 years, the volume of stream flow in this part of the Karelian coast increased on average by 2–3 % per year, and river flow by 1–2 % per year. Two years with a low total seasonal runoff (2018 and 2022) and two years with an increased total seasonal runoff (2021 and 2023) are distinguished. The data obtained indicate that freshwater runoff from the Karelian coast to the waters of the White Sea is subject to cyclical nature with a slight increase in the total volume of continental runoff.

Keywords:

Karelian coast, rivers, streams, fresh water, warm season

Введение

Материковые воды не только главный фактор понижения водосборных пространств (Гордеев, 2012), но и одно из главных богатств северной Карелии (Изменения ..., 2012). Изменение объемов водного стока с побережья непосредственно связано с региональными изменениями природной среды и климата (Климат ..., 2004; Система ..., 2010). Все это требует систематических наблюдений за

водными артериями с целью своевременного реагирования на негативные изменения в водосборном бассейне (Мониторинг ..., 2005).

Результаты исследований водного стока малых водотоков с Карельского берега в воды Белого моря до 2017 г. были опубликованы в работах М. В. Митяева и М. В. Герасимовой (2010, 2023) и Ю. С. Долотова с соавторами (On the dynamics ..., 2002). Цель настоящей работы – выявить современную тенденцию изменений водного стока малых водных артерий Карельского берега, впадающих в губы Чупа, Медвежья, Кив, Кереть и Летняя Кандалакшского залива Белого моря в теплый сезон года. Для достижения поставленной цели на протяжении шести лет проводились измерения суточного расхода воды в 68 водотоках Карельского берега. По результатам наблюдений вычислялся сезонный расход воды каждого водотока и суммарный пресный сток в Белое море.

Материал и методы

Исследования пресного стока с Карельского берега в пять губ Кандалакшского залива Белого моря (рис. 1) проводились с 2018 по 2023 гг. Методика полевых измерений включала в себя определение скорости течения воды в водотоках (поплавковым методом) и живого сечения русла водотоков (прямым замером) в замыкающем створе выше сизигийного прилива.

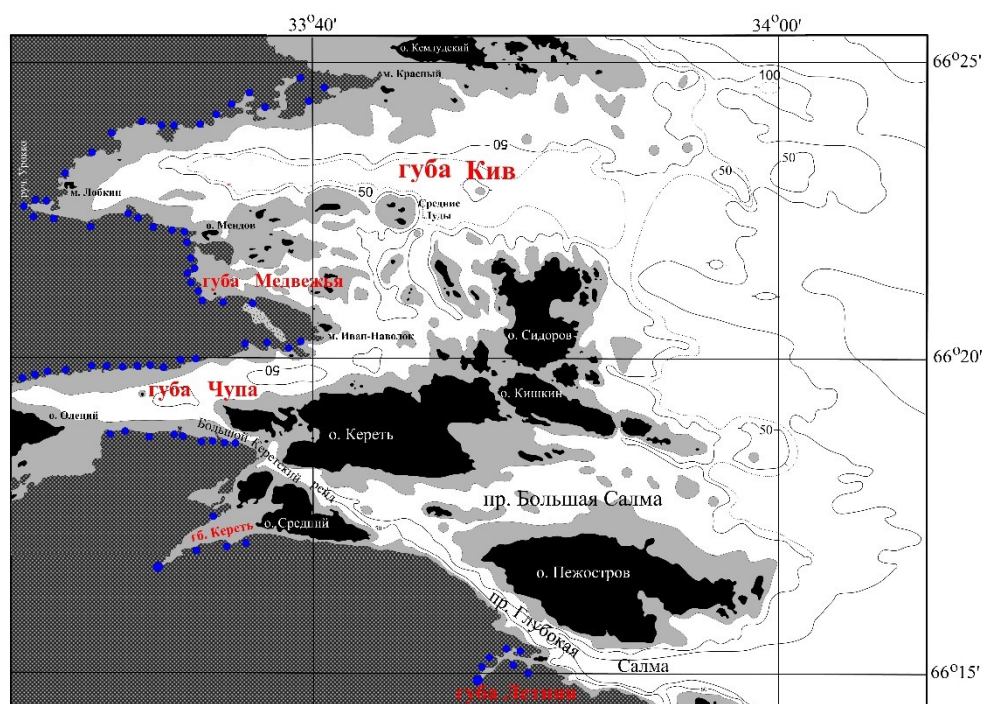


Рис. 1. Схема района работ. Синие маркеры – замыкающие створы малых водотоков

Fig. 1. Scheme of the work area. Blue markers are the closing points of small watercourses

Через скорость течения воды и площадь сечения русла вычисляли расход воды в кубических метрах за сутки. Расход воды в водотоках определяли с третьей декады мая по конец октября, замеры проводили не менее двух раз в месяц.

Пресный сток исследовали в губах Чупа (25 ручьев, в северном борту губы от о. Олений на западе до мыса Иван-Наволоки на востоке, в южном борту губы от о. Олений на западе до Большого Керетского рейда на востоке), Кив (25 ручьев, от о. Мендов на юго-востоке до устья ручья Урокко на западе и от мыса Лобкин на северо-западе до Красного мыса на северо-востоке), Медвежья (8 ручьев), Летняя (6 ручьев и р. Летняя) и Кереть (4 ручья и р. Кереть).

Результаты и обсуждение

От конца весеннего паводка (конец мая) до осеннего половодья (начало октября) суммарный сток рек Кереть и Летняя в среднем составил $0.68 \pm 0.03 \text{ км}^3$ ($n = 28$), или $96 \pm 1 \%$ от суммарного пресного стока в районе наблюдений. Исходя из того, что объем пресного стока р. Летняя не превышает 0.05 км^3 в год и он в 25 раз меньше стока р. Кереть, то р. Летнюю будем рассматривать совместно с ручьями.

Суммарный летний сток в восточную часть губы Чупа в среднем составил 13.03 ± 0.92 млн м^3 . В губу впадает более 50 водотоков с различным объемом водного стока: от 0.01 м^3 (временные ручьи) до 30 тыс. м^3 в сутки (ручьи постоянного стока). В среднем за пять лет наблюдений летнего меженного сезона в губу за сутки поступало около 108 ± 19 тыс. м^3 пресной воды. В этом районе известно десять временных ручьев, которые в засушливые годы не функционируют как водотоки (отсутствие водного стока у ручьев может составлять 40 сут.).

Наибольшее поступление пресных вод в губу после весеннего паводка происходит с конца мая до начала июня (171 ± 20 тыс. м^3 в сутки). В июне–июле, в пик межени, пресный сток не превышает 80 тыс. м^3 в сутки (в среднем 64 ± 15 тыс. м^3). В осеннее половодье сток достигает 125 тыс. м^3 в сутки (в среднем 97 ± 26 тыс. м^3). С 2018 по 2021 годы наблюдалось увеличение стока, и в 2021 г. он составил 16.3 млн м^3 , что на 25 % больше среднемноголетнего стока в губу (таблица). В дальнейшем поступление пресных вод в губу существенно снизилось и в 2023 г. не отличалось от среднемноголетнего значения. В целом сток в 2018–2019 гг. лишь на 6 % меньше, чем сток в 2022–2023 гг., а годовая вариация стока в теплый сезон года не превышает 15 %.

Объем пресного стока в губы Кандалакшского залива в теплый сезон года, млн м^3
Freshwater runoff in the warm season of the year, million м^3

Период	Губы				
	Медвежья, $n = 420$	Чупа, $n = 845$	Кив, $n = 380$	Летняя, $n = 372$	Кереть, $n = 80$
2018 г.	2.67	10.33	25.64	17.89	567
2019 г.	3.05	13.33	29.62	27.56	674
2020 г.	3.01	12.91	31.38	27.04	655
2021 г.	3.14	16.31	38.23	37.36	726
2022 г.	2.71	11.50	24.93	18.89	607
2023 г.	3.02	13.81	33.36	33.78	714
Среднее	2.93 ± 0.09	13.03 ± 0.92	31.68 ± 2.9	27.09 ± 2.9	658 ± 27

ПРИМЕЧАНИЕ. n – количество замеров.

В губу Медвежья впадает восемь ручьев, ни один из них не пересыхает даже в самые засушливые годы. В теплый сезон года расход воды в ручьях изменялся от 120 м^3 до 15.5 тыс. м^3 в сутки. В среднем за это время в губу поступает 2.93 ± 0.09 млн м^3 пресной воды (таблица). Наибольшее поступление пресных вод наблюдалось в мае и октябре (30.3 ± 5.6 и 30.7 ± 1.4 тыс. м^3 в сутки соответственно). В июне–июле пресный сток не превышал 15 тыс. м^3 в сутки (в среднем 9.3 ± 3.6 тыс. м^3). Осеннее поступление пресных вод равноценно количеству водной массы, поступающей в губу после весеннего паводка (конец мая–начало июня). Так же, как и в губе Чупа, максимальный сток наблюдался в 2021 г. – 3.14 млн м^3 за сезон, что на 7 % больше, чем среднемноголетний сток. В целом с 2018 по 2021 гг. отмечено увеличение стока, затем его снижение, различия между 2018–2019 и 2022–2023 гг. менее 0.5 %, годовая вариация стока в теплый сезон года достигает 20 %.

В исследуемую часть губы Кив впадает двадцать пять ручьев, пять из которых в засушливые годы пересыхают (отсутствие водного стока может достигать 30 сут.). В летнюю межень расход воды в ручьях изменяется от первых кубических метров до 330 тыс. м^3 в сутки. В среднем за летний период в губу поступает 31.7 ± 2.9 млн м^3 пресной воды. Наибольшее поступление пресных вод наблюдалось в сентябре (1.6 ± 0.1 млн м^3 в сутки). В июне–июле пресный сток не превышал 250 тыс. м^3 в сутки (в среднем 198 ± 28 тыс. м^3). Сток после весеннего паводка (конец мая–начало июня) достоверно не отличается от стока после осеннего половодья (конец сентября–октябрь) (427 ± 68 тыс.

м³ и 480±84 тыс. м³ в сутки соответственно). Максимальный сток наблюдался в 2021 г. и составил 38.2 млн м³ за сезон, что на 21 % больше, чем среднемноголетний сток. Годовая вариация стока в теплый сезон года превышает 20 %, различия между 2018–2019 и 2022–2023 гг. менее 5 %.

Три губы (Чупа, Медвежья и Кив) сочленяются в районе Средних Луд (рис. 1), поэтому целесообразно оценивать пресный сток в данную часть побережья совместно. Выделим несколько ключевых моментов:

1) во всех губах пресный сток формируют водотоки, по масштабу относящиеся к ручьям, максимальный водный сток во всех губах наблюдался в 2021 г.;

2) в среднем за сезон из этой части Карельского берега в море поступает 46.5±3.2 млн м³ (38.6–57.7 млн м³) пресной воды (рис. 2А);

3) суммарный сток в 2022–2023 гг. практически соответствует таковому в 2018–2019 гг. (44.7 и 42.3 млн м³ за сезон), что свидетельствует о цикличности водного стока (увеличение стока сменяется уменьшением этого же показателя) (рис. 2Б).

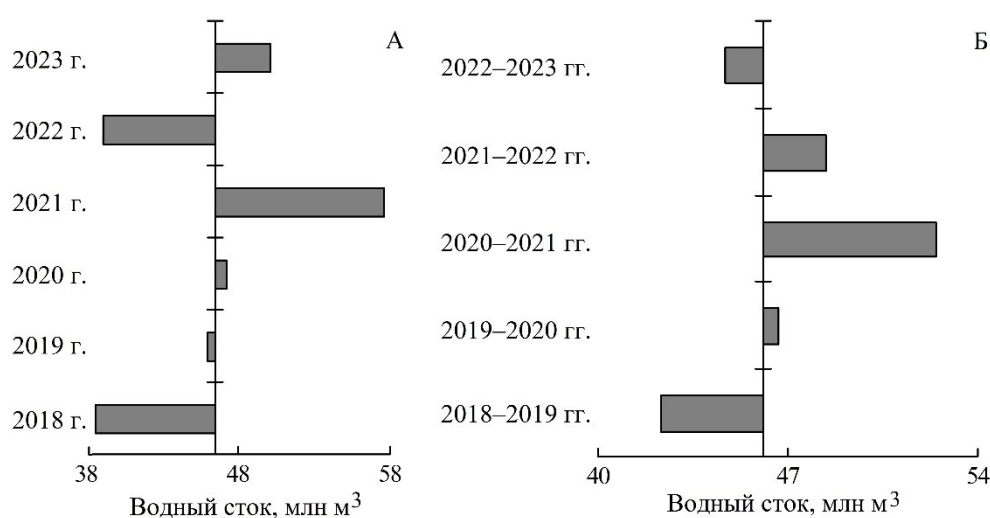


Рис. 2. Суммарный ручьевогой сток в губы Чупа, Медвежья и Кив в теплый сезон года:

А – измеренный водный сток; Б – водный сток, осредненный по двум годам; шаг – один год

Fig. 2. Total stream flow in the warm season of the year (Chupa, Medvezhya and Kiv bays):

А – measured water flow; Б – water flow averaged over two years; step one

Несмотря на цикличность пресного стока, за шесть лет произошли значительные изменения. Так в 2023 г. сток увеличился, по сравнению с 2018 г., на 11.5 млн м³, а это почти 1/4 суммарного стока в районе.

В губу Летняя впадает шесть ручьев и р. Летняя. Два впадающих в губу ручья в засушливые годы пересыхают (максимальная длительность отсутствия водного стока составляла 50 сут.). В летнюю межень расход воды в ручьях изменялся от первых кубических метров до 36 тыс. м³ в сутки, в р. Летней – от 55 до 467 тыс. м³ в сутки. Суммарный пресный сток в теплый сезон за 2018–2023 гг. в среднем составлял 27.1±3.5 млн м³ (рис. 3А). Наибольшее поступление пресных вод наблюдалось в мае, после весеннего паводка – 461±21 тыс. м³ в сутки. В июне–сентябре пресный сток не превышал 250 тыс. м³ в сутки (в среднем от 138±24 до 216±28 тыс. м³). Сток в осеннее половодье (конец сентября–октябрь) не превышал 350 тыс. м³ в сутки (в среднем 294±48 тыс. м³ в сутки). Максимальный сток наблюдался в 2021 г. – 37.4 млн м³ за сезон, что почти на 40 % больше, чем среднемноголетний сток. Годовая вариация стока в теплый сезон года превышает 50 %, различия между 2018–2019 и 2022–2023 гг. – более 13 % (рис. 3В).

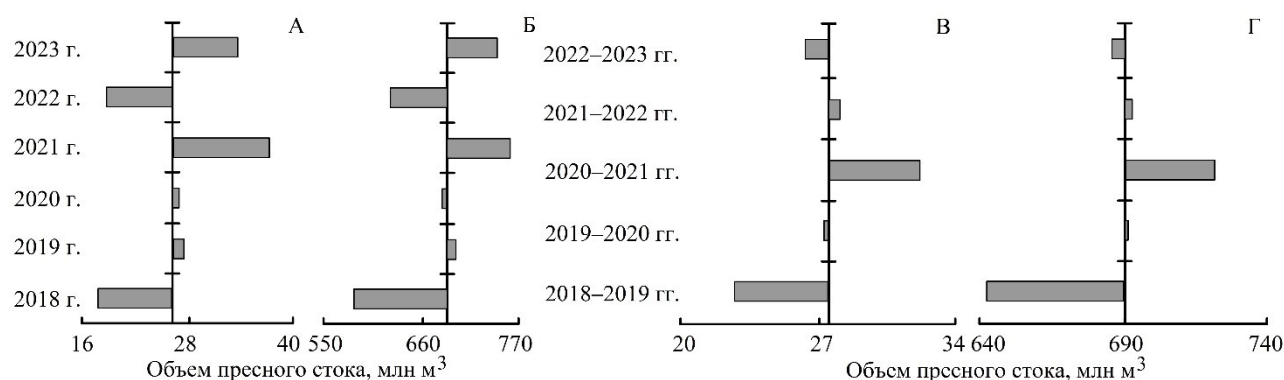


Рис. 3. Сток в теплый сезон года в губы Летняя (А, В) и Кереть (Б, Г):
А, В – измеренный водный сток; Б, Г – водный сток осредненный по двум годам; шаг – один год
Fig. 3. Runoff in the warm season of the year: Letnyaya Bay (А, В), Keret Bay (Б, Г):
А, В – measured water flow; Б, Г – water runoff averaged over two years; step one

В губу Кереть впадает четыре небольших ручья (три пересыхают в засушливые годы) и р. Кереть. В летнюю межень расход воды в ручьях изменяется от первых кубических метров до 2 тыс. м³ в сутки, в р. Кереть – от 3.1 до 7.4 млн м³ в сутки (в среднем 5.6 ± 0.4 млн м³). В среднем за 2018–2023 гг. в теплый период года в губу поступило 0.68 ± 0.03 км³ пресной воды (рис. 3Б). Наибольшее поступление пресных вод наблюдалось после весеннего паводка в мае – 7.2 ± 0.5 млн м³ в сутки. В июне–сентябре пресный сток не превышал 5.3 млн м³ в сутки (в среднем от 4.2 ± 0.6 до 4.8 ± 0.4 тыс. м³). Сток в осеннее половодье (конец сентября–октябрь) был менее 6 млн м³ в сутки (в среднем 5.1 ± 0.4 тыс. м³). Максимальный сток наблюдался в 2021 г. и составил 761 млн м³ за сезон, что почти на 10 % больше, чем среднемноголетний сток. Годовая вариация стока в теплый сезон года около 23 %, различия в стоке между 2018–2019 и 2022–2023 гг. – менее 7 % (рис. 3Г).

Несмотря на то, что пресный сток в губах Кереть и Летняя подвержен цикличности, следует признать, что он увеличился. Так в 2023 г., по сравнению 2018 г., объем пресного стока в губу Летняя увеличился на 15.9 млн м³ (на 47 %), в губу Кереть – на 147 млн м³ (на 26 %). В этих губах динамика поступления пресных вод в теплый сезон года схожа (рис. 3) и не отличается от динамики поступления пресных вод в другие исследованные губы Кандалакшского залива Белого моря (рис. 2). Минимальный сезонный сток наблюдался в 2018 и 2022 гг. (различия не превышают 7 %), максимальный сток – в 2021 и 2023 гг. (различия не превышают 9 %). Следовательно, можно с большой долей вероятности предположить, что на всем Карельском берегу пресный сток подвержен циклическим изменениям с небольшим увеличением общего объема материкового стока.

В целом с 2018 по 2023 гг. в данной части Карельского берега объем ручьевого стока увеличивался на 2–3 % в год, а речного стока – на 1–2 % в год.

Работа выполнена по теме «Структурно-динамические трансформации пелагических экосистем морских арктических бассейнов в условиях техногенных и естественных изменений среды» (№ госрегистрации 124013000709-9) в рамках государственного задания ММБИ РАН.

Список литературы

1. Гордеев В. В. Геохимия системы река–море. М.: И.П. Матушкина И. И., 2012. 452 с.
2. Изменения и изменчивость климата европейского Севера России и их влияние на водные объекты / Н. Н. Филатов, Л. Е. Назарова, А. П. Георгиев, А. В. Семенов, А. Р. Анциферова, В. Н. Ожигина, М. И. Богдан // Арктика. 2012. № 2(6). С. 80–94.
3. Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Под ред. член-корр. РАН Н. Н. Филатова. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2004. 224 с.

4. Митяев М. В., Герасимова М. В. Современные экзогенные процессы. Карельский берег Кандалакшского залива Белого моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 102 с.
5. Митяев М. В., Герасимова М. В. Сток воды, взвешенных веществ и интенсивность эрозии (центральная часть Карельского побережья) // Изв. РАН. Сер. географическая. 2023. № 1. С. 179–191. DOI: 10.31857/S2587556623010120
6. Мониторинг приливоотливных обстановок в эстуариях Карельского побережья Белого моря / Ю. С. Долотов, Н. Н. Филатов, В. П. Шевченко, Н. Н. Немова, Н. А. Римский-Корсаков, Н. В. Денисенко, И. П. Кутчева, П. М. Бояринов, М. П. Петров, В. Х. Лифшиц, А. В. Платонов, Л. Л. Демина, В. И. Кухарев, В. Н. Коваленко, Р. Э. Здорovenнов, Т. Н. Ратькова, О. М. Сергеева, А. Н. Новигатский, Л. А. Паутова, К. В. Филиппева // Водн. ресурсы. 2005. Т. 32, № 6. С. 670–688.
7. Система Белого моря (природная среда водосбора Белого моря). М.: Научный мир, 2010. Т. I. 480 с.
8. On the dynamics of water and suspension in the Keret' River estuary (the Karelian coast of the White Sea) / Yu. S. Dolotov, V. N. Kovalenko, V. Kh. Lifshits, M. P. Petrov, A. V. Platonov, P. Prego, M. P. Rat'kova, N. N. Filatov, V. P. Shevchenko // Oceanology. 2002. Vol. 42, № 5. P. 731–740.

References

1. Gordeev V. V. *Geokhimiya sistemy reka–more* [Geochemistry of the river–sea system]. Moscow: Publ. Individual entrepreneur Matushkina I. I., 2012, 452 p. (In Russ.).
2. Filatov N. N., Nazarova L. E., Georgiev A. P., Semenov A. V., Antsiferova A. R., Ozhigina V. N., Bogdan M. I. *Izmeneniya i izmenchivost' klimata evropeyskogo Severa Rossii i ikh vliyanie na vodnye ob'ekty* [Changes and variability of climate in the European North of Russia and their impact on water bodies]. *Arktika* [Arctic], 2012, No. 2(6), pp. 80–94 (In Russ.).
3. *Klimat Karelii: izmenchivost' i vliyanie na vodnye ob'ekty i vodosbory* [Climate of Karelia: variability and impact on water bodies and catchments]. Petrozavodsk, Publ. KarSC RAS, 2004, 224 p. (In Russ.).
4. Mityaev M. V., Gerasimova M. V. *Sovremennye ekzogennye protsessy. Karel'skiy bereg Kandalakshskogo zaliva Belogo morya* [Modern exogenous processes. Karelian coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2010, 102 p. (In Russ.).
5. Mityaev M. V., Gerasimova M. V. *Stok vody, vzveshennykh veshchestv i intensivnost' erozii (central'naya chast' Karel'skogo poberezh'ya)* [Water flow, suspended solids and erosion intensity (central part of the Karelian coast)]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izvestia RAS, Geographical series], 2023, No. 1, pp. 179–191 (In Russ.). DOI: 10.31857/S2587556623010120
6. Dolotov Yu. S., Filatov N. N., Shevchenko V. P., Nemova N. N., Rimsky-Korsakov N. A., Denisenko N. V., Kutcheva I. P., Boyarinov P. M., Petrov M. P., Lifshits V. X., Platonov A. V., Demina L. L., Kukharev V. I., Kovalenko V. N., Zdorovennov R. E., Ratkova T. N., Sergeeva O. M., Novigatsky A. N., Pautova L. A., Filipeva K. V. *Monitoring prilivootlivnykh obstanovok v estuariyakh Karel'skogo poberezh'ya Belogo morya* [Monitoring tidal conditions in the estuaries of the Karelian coast of the White Sea]. *Vodnye resursy* [Water resources], 2005, Vol. 32, No. 6, pp. 670–688 (In Russ.).
7. *Sistema Belogo morya. Prirodnaya sreda vodosbora Belogo morya* [The White Sea system. Natural environment of the White Sea catchment area]. Moscow, Scientific World Publ. house, 2010, Vol. 1, 480 p. (In Russ.).
8. Dolotov Yu. S., Kovalenko V. N., Lifshits V. Kh., Petrov M. P., Platonov A. V., Prego P., Rat'kova M. P., Filatov N. N., Shevchenko V. P. *On the dynamics of water and suspension in the Keret' River estuary (the Karelian coast of the White Sea)*. *Oceanology*, 2002, Vol. 42, No. 5, pp. 731–740.

Информация об авторах

Максим Валентинович Митяев – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0003-3059-6469>

Марина Васильевна Герасимова – кандидат географических наук, старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-2273-617X>

Information about the authors

Maksim V. Mityaev – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3059-6469>

Marina V. Gerasimova – PhD (Geography), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-2273-617X>

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 25.03.2024; принята к публикации 02.04.2024.

The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 25.03.2024; accepted for publication 02.04.2024.