

УДК 551.465(268.45)  
DOI: 10.7868/S25000640190203

## СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В ГУБАХ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

© 2019 г. М.В. Митяев<sup>1</sup>, М.В. Герасимова<sup>1</sup>, академик Г.Г. Матишов<sup>1,2</sup>, Л.Г. Павлова<sup>1</sup>

**Аннотация.** В летне-осенний период 2016–2018 гг. проведены исследования концентраций, валового запаса взвешенного вещества и потоков осадочного вещества (вертикальных и латеральных) в толще воды губ Мурманского побережья Баренцева моря. Средняя концентрация взвешенного вещества составляла  $0,90 \pm 0,04$  мг/л, что типично для прибрежных вод Баренцева моря. В осадконакоплении участвует менее 4 % от всей массы взвеси, содержащейся в толще воды. Наиболее интенсивное осаждение вещества происходило в 2018 г., когда в среднем аккумулировалось  $2,5 \pm 0,5$  %, это наблюдалось при минимальном количестве взвешенного вещества в толще воды. Суммарное осаждение взвешенного вещества на дно за сутки в пяти губах побережья составляло  $350 \pm 30$  кг, максимальное количество осадочного вещества отложилось в 2017 г. ( $45 \pm 6$  т), общее количество аккумулированного в губах за три летне-осенних сезона вещества превысило 95 т. Общее количество взвешенного вещества, вынесенного из пяти губ Мурманского побережья, оценено в  $24 \pm 2$  т, почти половина взвеси была вынесена в 2017 г., когда в воды Баренцева моря было перемещено более 11 т осадочного вещества. Внутри губ Мурманского побережья масштаб латерального перемещения осадочного вещества больше вертикального потока взвеси на дно в сотни раз (в среднем в  $630 \pm 60$  раз).

**Ключевые слова:** взвешенное вещество, валовой запас взвеси, вертикальный поток, латеральный поток, Мурманское побережье.

### MODERN DYNAMICS OF SUSPENDED SEDIMENTARY MATTER IN THE BAYS OF MURMANSK COAST

M.V. Mityaev<sup>1</sup>, M.V. Gerasimova<sup>1</sup>, Academician RAS G.G. Matishov<sup>1,2</sup>, L.G. Pavlova<sup>1</sup>

**Abstract.** In the summer-autumn period of 2016–2018 studies of concentrations, gross suspended matter and sedimentary flows (vertical and lateral) in the water column of the Barents Sea at Murmansk coastline bays have been undertaken. It is established that the average concentration of suspended matter in the water column in 2016–2018 was  $0.90 \pm 0.04$  mg/l, which is typical for the coastal waters of the Barents Sea. It was revealed that less than 4 % of the total weight of the suspension contained in the water is involved in sedimentation. The most intense deposition of the substance occurred in 2018, when on average  $2.5 \pm 0.5$  % precipitated; it was observed with the minimum amount of suspended matter in the water column. The total sedimentation of suspended matter onto the bottom per day in the five bays of the coast was estimated at  $350 \pm 30$  kg, the total amount of the substance accumulated in the bays during three summer-autumn seasons exceeds 95 tons, while the maximum amount of sediment was deposited in 2017 and amounted to  $45 \pm 6$  tons. The total amount of suspended matter taken from the five bays of the Murmansk coast was estimated at  $24 \pm 2$  tons, almost half of the suspension was taken out in 2017 when more than 11 tons of sediment were transferred into the waters of the Barents Sea. It has been established that inside the bays of the Murmansk coast the scale of the lateral movement of sedimentary substance is hundreds of times more than the vertical suspension flow to the bottom (on average,  $630 \pm 60$  times).

**Keywords:** suspended matter, gross suspension matter, vertical flow, lateral flow, Murmansk coast.

<sup>1</sup> Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17, e-mail: mityaev@mmbi.info

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

## ВВЕДЕНИЕ

Современный процесс осадкообразования в общем виде делится на три этапа. Первый – мобилизация осадочного вещества в геосфере, возникновение подвижных в водной и воздушной средах минеральных частиц. Второй – рассеяние осадочного вещества в гидросфере и атмосфере Земли при активном влиянии климата и перемещение (транспортировка) в таком рассеянном состоянии минеральных частиц во взаимодействии с живыми организмами. Третий – аккумуляция осадочного вещества – сгущение микросодержаний минеральных частиц с последующими превращениями в осадочную породу. Изучение этапа рассеяния осадочного вещества – наиболее сложная седиментологическая задача, ведь в ходе рассеяния осадочного вещества во всех геосферах оно как бы «исчезает» в атмосфере, в морских и речных водах, в ледниках, во льдах и в снегу. В процессе рассеяния осадочного вещества формируются потоки водных (включая твердые фазы воды) и воздушных взвесей, которые *in situ* различаются не только количеством и составом материала, но и определенными векторами движения (поскольку не всегда потоки осадочного вещества направлены вертикально, широко распространены латеральные потоки) [1].

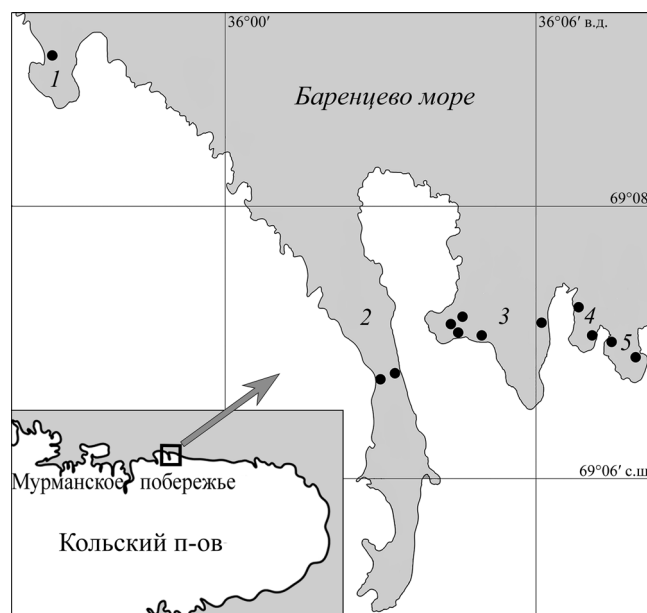
В настоящее время основная масса седиментологических исследований морских вод сосредоточена на всестороннем изучении взвешенного вещества (ВВ) и вертикальных потоков осадочного материала на дно морей [1–32]. Наблюдению за процессом латерального перемещения рассеянного в гидросфере осадочного вещества уделяется значительно меньше внимания, можно привести лишь несколько публикаций, посвященных данной седиментологической проблеме [33–36].

Благодаря разработанному в Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра РАН прибору учета латерального потока осадочного вещества (ПУЛПОВ, [37]) впервые удалось получить натурные данные о количестве взвеси, участвующей в латеральном перемещении вещества. Целью исследований было синхронное наблюдение за изменениями концентраций рассеянного в водной толще осадочного вещества, его вертикального и латерального перемещения в губах Мурманского побережья, что актуально в связи с небольшим количеством аналогичных натуральных данных по береговым зонам российского сектора Арктики.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в пяти губах Мурманского побережья (рис. 1) с середины июня до середины сентября в течение 2016–2018 гг. Получено 66 проб из малых седиментационных ловушек (МСЛ) и 66 проб из ПУЛПОВ. Проведено 66 определений валового запаса ВВ в толще воды, для чего было отобрано и обработано 198 проб морской воды.

Для изучения потоков осадочного вещества была использована малая седиментационная ловушка. Перед постановкой МСЛ в приемные флаконы объемом 0,5 л добавляли 20 мл 40%-го формалина и 100 мл насыщенного раствора NaCl. Постановку МСЛ осуществляли стандартным способом [21; 35] на 6-миллиметровый фал с якорем весом 20–30 кг и двумя буйами, притопленным и маркерным, имеющими подъемную силу 10 и 2 кг соответственно. МСЛ устанавливали в 3 м от морского дна (на 10-метровый горизонт водной толщи) с экспозицией 2–5 суток. После подъема МСЛ флаконы с осадочным веществом отворачивали, добавляли 50 мл 40%-го формалина и закрывали крышками. Определение веса осадочного вещества проводили методом осаждения на центрифуге при скорости 2500 об/мин в течение 20 минут, при пятикратном



**Рис. 1.** Схема станций отбора проб: 1 – губа Подпахта; 2 – губа Ярнышная; 3 – губа Дальнезеленецкая; 4 – губа Плохие Чевры; 5 – губа Большие Чевры.

**Fig. 1.** Scheme of sampling stations: 1 – Podpakhta Bay; 2 – Yarnyshnaya Bay; 3 – Dalnezelenetskaya Bay; 4 – Plokhie Chevry Bay; 5 – Bolshie Chevry Bay.

повторении. После удаления морских солей осадочное вещество высушивали в термостате при температуре 104–105 °С, после чего взвешивали с точностью до 0,001 г.

Для определения концентраций ВВ в толще воды отбирали пробы морской воды. Отбор проб проводили с борта резиновой шлюпки пластиковым литровым батометром в чистую емкость. Исследовано вертикальное распределение ВВ в губах (в поверхностном, придонном слоях воды и на глубине 5 м). В лабораторных условиях пробы воды фильтровали под вакуумом через предварительно взвешенные ядерные фильтры с размером пор 0,45 мкм и диаметром рабочей поверхности 47 мм. После фильтрации воды фильтры со взвесью промывали дистиллятом и высушивали до постоянного веса при температуре 40–60 °С. Содержание ВВ определяли с точностью до 0,00001 г.

После определения концентрации ВВ проводили расчет валового запаса ВВ (gross particulate standing crop) над 1 м<sup>2</sup> морского дна по формулам:

$$V = \int_{H_0}^{H_h} \rho \cdot \Delta H,$$

$$V = \int_{\rho_0}^{\rho_h} H \cdot \Delta \rho,$$

где  $V$  – валовой запас ВВ,  $\rho$  – концентрация ВВ,  $\rho_0$  и  $\rho_h$  – концентрация ВВ в верхнем и нижнем горизонтах,  $\Delta \rho$  – средняя концентрация ВВ в слое воды,  $H$  – глубина,  $H_0$  и  $H_h$  – глубина верхнего и нижнего горизонтов отбора проб,  $\Delta H$  – мощность слоя воды.

Расчет производили по двум формулам в связи с тем, что при всей равнозначности расчетных формул разница между получаемыми значениями составляет от 1 до 20 % [21]. После расчета валового запаса ВВ по обеим формулам полученные данные усредняли.

Исследования латеральных потоков проводили с помощью прибора ПУЛПОВ [36]. ПУЛПОВ представляет собой два сквозных цилиндра с диаметром входного отверстия 4 см и внутренней приемной камерой диаметром 6 см. На входе в цилиндр устанавливали мельничное сито с диаметром ячеек 500 мкм (для исключения заплыва живых организмов, способных исказить результаты), на выходе – мельничное сито с диаметром ячеек 26 мкм. Прибор уравнивали грузом весом 2,6 кг вдоль нижней плоскости и пенопластовым поплавком (подъемной

силы 2,2 кг) вдоль верхней плоскости. ПУЛПОВ устанавливали на растяжке, которая представляет собой два вертикальных линия с якорями в 30 кг и двумя буйами. Первый буй с подъемной силой 13 кг для поддержания вертикальности линия, второй буй с подъемной силой 0,2 кг – маркерный. ПУЛПОВ на веревках, с тяжелыми такелажными скобами, с закрытыми крышками опускали вдоль маркерных линий до подъемных буюв. После установки такелажных скоб на подъемные буйи прибор на маркерном фале поднимали на лодку, где заполняли дистиллированной водой, и с закрытыми крышками погружали на глубину 0,5 м. В подводных условиях крышки снимали и, медленно отпуская маркерный фал, прибор опускали на исследуемый горизонт. Подъем прибора осуществляли с помощью маркерного фала, который медленно вытягивали до глубины 0,5 м, где устанавливали крышки. В лабораторных условиях воду из цилиндров сливали через сливные отверстия, а прибор промывали дистиллированной водой. Пробу воды из ПУЛПОВ фильтровали через лавсановые фильтры с диаметром пор 0,45 мкм и рабочей поверхностью 47 мм с последующей промывкой дистиллятом фильтров с осадочным веществом. Фильтры с осадочным веществом высушивали до постоянного веса при температуре 40–60 °С и взвешивали на электронных весах с точностью до 0,1 мг.

#### КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В ТОЛЩЕ ВОДЫ

Средняя концентрация ВВ в губах в летний период 2016–2018 гг. составляла  $0,90 \pm 0,04$  мг/л ( $n = 198$ ), изменяясь от 0,22 до 1,93 мг/л. Наблюдалось два типа распределения ВВ в толще воды: первый – концентрация ВВ постепенно увеличивалась от поверхностного к придонному горизонту, второй – концентрации ВВ снижались от поверхности воды к пятиметровому горизонту с последующим увеличением в придонном слое. Валовой запас ВВ в толще воды в среднем составлял  $11,9 \pm 0,5$  г ( $n = 66$ ) над 1 м<sup>2</sup> дна, изменяясь от 4,8 до 22,8 г/м<sup>2</sup>. Концентрации и валовой запас ВВ сильно изменялись в различные периоды наблюдения: в 2016 г. средняя концентрация ВВ составляла  $0,85 \pm 0,05$  мг/л ( $n = 66$ ) при валовом запасе ВВ  $10,7 \pm 0,5$  г/м<sup>2</sup> ( $n = 22$ ), в 2017 г. концентрация и валовой запас ВВ резко увеличились, в среднем составив  $1,19 \pm 0,07$  мг/л ( $n = 66$ ) и  $16,2 \pm 0,7$  г/м<sup>2</sup> ( $n = 22$ ) соответственно, в 2018 г. наблюдалась наиболее

**Таблица 1.** Средние концентрации взвешенного вещества, мг/л ( $\pm$  – ошибка среднего)  
**Table 1.** Average concentrations of suspended matter, mg/l ( $\pm$  – medium error)

Фаза прилива – отлива / High tide – low tide phase	Губы Мурманского побережья / Bays of the Murmansk coast				
	Подпахта / Podpakhta	Ярнышная / Yarnyshnaya	Дальнезеленецкая / Dalnezelenetskaya	Плохие Чевры / Plokhie Chevry	Большие Чевры / Bolshie Chevry
2016					
Прилив / High tide	0,82 $\pm$ 0,09	0,89 $\pm$ 0,06	0,73 $\pm$ 0,04	0,60 $\pm$ 0,03	0,63 $\pm$ 0,01
Отлив / Low tide	1,13 $\pm$ 0,14	1,31 $\pm$ 0,12	0,87 $\pm$ 0,06	0,87 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,11
2017					
Прилив / High tide	1,07 $\pm$ 0,12	1,11 $\pm$ 0,03	1,06 $\pm$ 0,05	0,97 $\pm$ 0,05	0,85 $\pm$ 0,02
Отлив / Low tide	1,58 $\pm$ 0,21	1,88 $\pm$ 0,05	1,19 $\pm$ 0,11	1,31 $\pm$ 0,12	1,21 $\pm$ 0,24
2018					
Прилив / High tide	0,76 $\pm$ 0,07	0,53 $\pm$ 0,05	0,54 $\pm$ 0,17	0,55 $\pm$ 0,07	0,50 $\pm$ 0,01
Отлив / Low tide	0,99 $\pm$ 0,12	0,77 $\pm$ 0,01	0,80 $\pm$ 0,16	0,73 $\pm$ 0,08	0,66 $\pm$ 0,10

**Таблица 2.** Средние значения валового запаса взвешенного вещества, г/м<sup>2</sup> ( $\pm$  – ошибка среднего)  
**Table 2.** Average values of gross suspended matter, g/m<sup>2</sup> ( $\pm$  – medium error)

Фаза прилива – отлива / High tide – low tide phase	Губы Мурманского побережья / Bays of the Murmansk coast				
	Подпахта / Podpakhta	Ярнышная / Yarnyshnaya	Дальнезеленецкая / Dalnezelenetskaya	Плохие Чевры / Plokhie Chevry	Большие Чевры / Bolshie Chevry
2016					
Прилив / High tide	11,1 $\pm$ 0,9	11,8 $\pm$ 1,7	9,6 $\pm$ 0,8	8,4 $\pm$ 1,3	8,6 $\pm$ 0,4
Отлив / Low tide	13,7 $\pm$ 1,5	15,5 $\pm$ 2,0	10,3 $\pm$ 0,9	9,4 $\pm$ 2,0	11,2 $\pm$ 0,4
2017					
Прилив / High tide	17,8 $\pm$ 0,3	20,4 $\pm$ 1,3	14,5 $\pm$ 0,8	14,1 $\pm$ 0,6	12,9 $\pm$ 0,3
Отлив / Low tide	19,1 $\pm$ 0,5	21,5 $\pm$ 1,3	14,8 $\pm$ 1,1	16,2 $\pm$ 2,1	15,7 $\pm$ 2,7
2018					
Прилив / High tide	9,4 $\pm$ 0,6	8,8 $\pm$ 0,8	8,2 $\pm$ 1,8	8,8 $\pm$ 0,4	8,6 $\pm$ 0,2
Отлив / Low tide	10,6 $\pm$ 0,4	9,4 $\pm$ 0,7	8,9 $\pm$ 2,0	9,5 $\pm$ 0,1	9,3 $\pm$ 0,1

низкая концентрация ВВ, в среднем  $0,66 \pm 0,05$  мг/л ( $n = 60$ ), что предопределило небольшой валовой запас ВВ, в среднем  $9 \pm 0,4$  г/м<sup>2</sup> ( $n = 22$ ).

Средние концентрации и валовой запас ВВ в губах показаны в таблицах 1, 2. Высокая концентрация и валовой запас ВВ в губе Подпахта, вероятно, связаны с большим количеством тонких фракций в составе литоральных фаций внутренней части губы и летним пресным стоком  $1 \pm 0,4 \times 10^4$  м<sup>3</sup>/сутки ( $n = 9$ ). В губе Ярнышная наблюдались максимальные концентрация и валовой запас ВВ, в западном борту губы эти параметры всегда больше, чем в восточном, хотя различий в гранулометрическом составе литоральных фаций и объеме пресного стока ( $<100$  м<sup>3</sup>/сутки) нет.

В губах Дальнезеленецкая, Плохие Чевры и Большие Чевры средние концентрации и валовой запас ВВ достоверно не отличаются, но в восточной части Дальнезеленецкой губы эти показатели ( $1,01 \pm 0,12$  мг/л и  $13,4 \pm 1,3$  г/м<sup>2</sup>) сопоставимы с таковыми губ Ярнышная и Подпахта. Вероятно, это связано с большим количеством тонкого материала в составе песчано-гравийной литоральной фации и объемом пресного стока (на востоке губы впадает ручей Зеленецкий с летним стоком  $2,4 \pm 0,7 \times 10^4$  м<sup>3</sup>/сутки ( $n = 35$ )). В губах Плохие Чевры и Большие Чевры ВВ равномерно распределено в толще воды.

Таким образом, в губе Подпахта и в восточной части Дальнезеленецкой губы высокие concentra-

**Таблица 3.** Средние значения вертикального потока взвешенного вещества, мг/м<sup>2</sup> в сутки ( $\pm$  – ошибка среднего)  
**Table 3.** Average values of vertical suspension flow, mg/m<sup>2</sup> per day ( $\pm$  – medium error)

Год Year	Губы Мурманского побережья / Bays of the Murmansk coast				
	Подпахта Podpakhta	Ярнышная Yarnyshnaya	Дальнезеленецкая Dalnezelenetskaya	Плохие Чевры Plokhie Chevry	Большие Чевры Bolshie Chevry
2016	184 $\pm$ 23	215 $\pm$ 12	184 $\pm$ 19	75 $\pm$ 13	187 $\pm$ 75
2017	350 $\pm$ 52	409 $\pm$ 23	290 $\pm$ 52	114 $\pm$ 27	344 $\pm$ 97
2018	420 $\pm$ 74	168 $\pm$ 10	188 $\pm$ 88	89 $\pm$ 6	415 $\pm$ 88

ции ВВ (предопределяющие валовой запас ВВ) связаны с геолого-гидрографическими особенностями губ. Высокие концентрации ВВ в губе Ярнышная фиксировались и ранее [18; 21; 22]. В целом концентрации ВВ в толще воды сопоставимы с ранее установленными в районе исследований значениями [18; 21, 22; 38–40]. Всего в 2016–2018 гг. в пяти губах побережья в толще воды в среднем содержалось  $20 \pm 0,7$  т рассеянного осадочного вещества.

#### ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПОТОКИ РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА НА ДНО

В летние периоды 2016–2018 гг. значения вертикального потока осадочного вещества изменялись от 83 до 553 мг/м<sup>2</sup> в сутки, в среднем составляя  $231 \pm 24$  мг/м<sup>2</sup> в сутки ( $n = 66$ ). Такие значения вертикального потока в 4–5 раз ниже ранее установленных значений для района исследования [20–22] и сопоставимы с вертикальными потоками в открытых акваториях Белого моря [11–14; 23; 24; 27]. Наиболее низкие значения вертикального потока наблюдались в 2016 г., в среднем  $171 \pm 20$  мг/м<sup>2</sup> в сутки ( $n = 22$ ). В 2017 и 2018 гг. значения вертикального потока достоверно не отличались, в среднем составляя  $295 \pm 42$  ( $n = 22$ ) и  $227 \pm 52$  мг/м<sup>2</sup> в сутки ( $n = 22$ ) соответственно.

Средние значения вертикального потока вещества в губах района исследования в 2016–2018 гг. показаны в таблице 3. Достоверно отличается только вертикальный поток в губе Плохие Чевры, который за 3 года наблюдения не превышал 150 мг/м<sup>2</sup> в сутки. В двух губах (Подпахта и Большие Чевры) значения вертикального потока возрастали с 2016 до 2018 г., в трех других губах наблюдалось увеличение значений вертикального потока в 2017 г. по сравнению с 2016 г. с последующим уменьшением в 2018 г. При этом доля осадочного вещества от валового запаса ВВ в толще воды, участвующая в осадконакоплении, изменялась незначительно, в среднем составляя: губа Подпахта – 2,0 % (от 1,5

до 4,1 %), губа Ярнышная – 1,7 % (от 1,4 до 2,0 %), губа Дальнезеленецкая – 3,4 % (от 1,8 до 4,2 %), губа Плохие Чевры – 0,6 % (от 0,5 до 1,2 %), губа Большие Чевры – 2,3 % (от 1,1 до 6,0 %).

Значения вертикального потока в губе Ярнышная в 2016–2018 гг. сопоставимы со среднепогодными данными по восточному борту губы, но в 7–8 раз меньше аналогичных значений по западному борту [21]. Значения вертикального потока в губе Дальнезеленецкая за тот же период времени в 4–5 раз меньше среднепогодных значений по губе [21].

Полученные данные дают основание предположить, что на Мурманском побережье период 2016–2018 гг. был этапом транзита ВВ в открытую акваторию моря, так как в осадконакоплении участвовало в среднем  $1,8 \pm 0,5$  % ( $n = 66$ ) от валового запаса ВВ в толще воды, но это не совсем так, поскольку в пяти губах суммарное осаждение ВВ на дно за сутки можно оценить в  $350 \pm 30$  кг.

#### ЛАТЕРАЛЬНЫЕ ПОТОКИ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА

В июне – сентябре 2016–2018 гг. среднее значение латерального потока составило  $123 \pm 13$  г ВВ в сутки ( $n = 66$ ) через вертикальное сечение шириной в 1 м (при средней глубине моря за приливо-отливный цикл 14 м), изменяясь от 39 до 389 г/сутки. В 2016 и 2018 гг. средние значения латерального потока были сопоставимы и составили  $101 \pm 14$  и  $97 \pm 12$  г/сутки соответственно, в 2017 г. наблюдались максимальные значения латерального потока, в среднем  $172 \pm 29$  г/сутки. Значения латерального потока, направленного в открытую акваторию моря, всегда были больше, чем значения потока, направленного вглубь губ. В среднем за сутки через сечение шириной в 1 м из губ выносилось  $16 \pm 3$  г взвеси.

Средние значения латерального потока вещества в губах района исследования в 2016–2018 гг.

**Таблица 4.** Средние значения латерального потока взвешенного вещества через сечение шириной в 1 м, г/сутки ( $\pm$  – ошибка среднего)

**Table 4.** Average values of the lateral suspension flow, through a cross section one meter wide, g/day ( $\pm$  – medium error)

Год Year	Губы Мурманского побережья / Bays of the Murmansk coast				
	Подпахта Podpakhta	Ярнышная Yarnyshnaya	Дальнезеленецкая Dalnezelenetskaya	Плохие Чевры / Plokhie Chevry	Большие Чевры Bolshie Chevry
2016	74 $\pm$ 3	134 $\pm$ 19	127 $\pm$ 9	71 $\pm$ 3	74 $\pm$ 7
2017	130 $\pm$ 6	274 $\pm$ 39	161 $\pm$ 20	135 $\pm$ 7	143 $\pm$ 14
2018	109 $\pm$ 9	75 $\pm$ 13	87 $\pm$ 9	99 $\pm$ 5	124 $\pm$ 12
2016–2018	108 $\pm$ 19	161 $\pm$ 20	125 $\pm$ 14	102 $\pm$ 19	114 $\pm$ 20
Диапазон изменений Range of changes	34–140	39–389	52–301	63–150	51–183

показаны в таблице 4. В губах Подпахта, Плохие Чевры и Большие Чевры значения латерального потока ВВ достоверно не отличались и никогда не превышали 200 г/сутки. Максимальные значения латерального потока ВВ зафиксированы в губе Ярнышная в 2017 г., когда суммарный латеральный поток за сутки через сечение шириной в 1 м в течение всего периода превышал 220 г. В целом латеральный поток ВВ в губе Ярнышная достоверно отличается от аналогичных значений в других губах района исследования. Если в губах Плохие Чевры и Большие Чевры различий в значениях латерального потока в западных и восточных частях губ нет, то в Дальнезеленецкой губе в западной части масштаб латерального перемещения вещества более чем в 2,5 раза меньше, чем в восточной части (82  $\pm$  10 и 211  $\pm$  45 г/сутки соответственно).

В каждой точке наблюдения масштаб латерального перемещения ВВ больше вертикального потока ВВ на дно в сотни раз. В губах Подпахта и Большие Чевры эти различия не превышают 450 раз (350  $\pm$  45 и 390  $\pm$  40 соответственно), в губах Ярнышная и Дальнезеленецкая – 750 раз (600  $\pm$  135 и 580  $\pm$  50 соответственно). Максимальные различия выявлены в губе Плохие Чевры – в среднем

1135  $\pm$  165 раз, а в 2017 г. масштаб латерального перемещения вещества превышал вертикальный поток ВВ на дно в 1700 раз. Если в среднем масштаб латерального перемещения вещества в пяти губах побережья больше вертикального потока ВВ на дно в 630  $\pm$  60 раз, то без аномально высоких значений в губе Плохие Чевры в 480  $\pm$  70 раз.

Вынос ВВ в открытую акваторию моря в пяти губах побережья в среднем в 70  $\pm$  15 раз больше аккумуляции ВВ на дно. При этом в губах Дальнезеленецкая и Плохие Чевры этот показатель в 1,5–2 раза больше среднего (150  $\pm$  30 и 120  $\pm$  15 соответственно). Максимальные различия между выносом и аккумуляцией вещества наблюдались в 2017 г. и достигали 400 раз (в среднем 185  $\pm$  30 раз).

Вынос осадочного вещества из пяти губ побережья за сутки можно оценить в 170  $\pm$  48 кг (от 120 до 250 кг). При этом в стадию отлива из губ в среднем выносилось 790  $\pm$  90 кг ВВ, а в стадию прилива поступало 650  $\pm$  75 кг ВВ (табл. 5). Более половины выноса ВВ происходило из губы Ярнышная и составляло 90  $\pm$  10 кг в сутки, во всех других губах среднее значение выноса ВВ составляло 10–20 кг в сутки.

**Таблица 5.** Средние значения латерального потока взвешенного вещества в 2016–2018 гг., кг/сутки

**Table 5.** Average values of lateral suspension flow in 2016–2018, kg/day

Направление латерального потока / Lateral flow direction	Губы Мурманского побережья / Bays of the Murmansk coast				
	Подпахта Podpakhta	Ярнышная Yarnyshnaya	Дальнезеленецкая Dalnezelenetskaya	Плохие Чевры / Plokhie Chevry	Большие Чевры Bolshie Chevry
Поступление ВВ Arrival of suspension	45 $\pm$ 10	395 $\pm$ 75	40 $\pm$ 7	60 $\pm$ 13	110 $\pm$ 25
Вынос ВВ Takeaway of suspension	55 $\pm$ 12	485 $\pm$ 85	60 $\pm$ 13	70 $\pm$ 15	120 $\pm$ 25

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средняя концентрация ВВ в толще воды в пяти губах Мурманского побережья в 2016–2018 гг. была типичной для прибрежных вод Баренцева моря и не отличалась от среднемноголетних (0,74–1,07 мг/л [21; 22; 38–40]) значений в районе исследования. В 2017 г. средняя концентрация ВВ была выше среднемноголетних значений и составила  $1,19 \pm 0,07$  мг/л, а в 2018 г. ниже среднемноголетних значений –  $0,66 \pm 0,05$  мг/л. Данный факт предопределил различный валовой запас ВВ в толще воды, когда в 2017 г. количество рассеянного осадочного материала в толще воды было в 1,5–2 раза больше, чем в 2016 и 2018 гг. В целом с 2016 по 2018 г. наблюдалось увеличение доли осаждающегося вещества от валового запаса ВВ. Так, в 2016 г. в осадконакоплении участвовало в среднем  $1,6 \pm 0,2$  %, в 2017 г. –  $1,8 \pm 0,1$  %, в 2018 г. –  $2,5 \pm 0,5$  % от валового запаса

ВВ, следовательно, наиболее интенсивное осадконакопление происходило при минимальном валовом запасе ВВ. Если за три летних периода в пяти губах побережья общее количество аккумулярованного ВВ превышает 95 т, то в 2016 г. отложилось  $24 \pm 3$  т, в 2017 г. –  $45 \pm 6$  т, в 2018 г. –  $26 \pm 2$  т ВВ.

За это же время общее количество вынесенного из губ ВВ можно оценить в  $24 \pm 2$  т. Максимальный вынос ВВ наблюдался в 2017 г., когда в воды Баренцева моря было перемещено более 11 т ВВ, в 2016 и 2018 гг. вынос ВВ был в 1,5 раза меньше и не превышал 7 т. Внутри губ Мурманского побережья масштаб латерального перемещения взвешенного вещества в среднем в  $630 \pm 60$  раз интенсивней вертикального потока ВВ на дно.

Работа выполнена в рамках темы НИР ММБИ КНЦ РАН: 9-18-03 (№ госрегистрации ААА-А-18-118030690060-6).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Лисицын А.П. 2014. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли. В кн.: *Мировой океан. Т. 2. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли*. М., Научный мир: 331–571.
- Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И. 2002. Органическое вещество в водах арктических морей. *Арктика и Антарктика*. 1(35): 172–192.
- Бергер В.Я., Митяев М.В. 2012. Сезонные и межгодовые изменения концентрации органических веществ в сестоне Белого моря. *Вопросы промысловой океанологии*. 9(2): 123–124.
- Долотов Ю.С., Коваленко В.Н., Лифшиц В.Х., Петров М.П., Платонов А.В., Прего Р., Ратькова Т.Н., Филатов Н.Н., Шевченко В.П. 2002. О динамике вод и взвеси в эстуарии р. Кереть (Карельское побережье Белого моря). *Океанология*. 42(5): 765–774.
- Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Шевченко В.П., Петров М.П., Кутчева И.П., Толстиков А.В., Новигатский А.Н., Политова Н.В., Платонов А.В., Филиппов А.С. 2004. О характере природных процессов в фазы прилива и отлива в эстуариях Карельского побережья Белого моря. *Океанология*. 44(5): 784–792.
- Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Шевченко В.П., Петров М.П., Толстиков А.В., Здоровеннов Р.Э., Платонов А.В., Филиппов А.С., Бушуев К.Л., Кутчева И.П., Денисенко Н.В., Штайн Р., Заукель К. 2008. Комплексные исследования в Онежском заливе Белого моря и эстуарии реки Онега в летний период. *Океанология*. 48(2): 276–289.
- Клювиткин А.А., Новигатский А.Н., Политова Н.В. 2017. Вертикальные потоки осадочного вещества в Северной Атлантике. В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии (Москва, 20–24 ноября 2017 г.)*. Т. 3. М., ИО РАН: 82–86.
- Кравчишина М.Д. 2009. *Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав*. М., Научный мир: 312 с.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Виноградов М.Е., Северина О.В., Вавилова В.В. Мицкевич И.Н. 1994. Потоки осадочного вещества в Карском море и в эстуариях Оби и Енисея. *Океанология*. 34(5): 748–758.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И., Копелевич О.В., Васильев Л.Ю. 2003. Взвесь и гидрооптика Белого моря – новые закономерности количественного распределения и гранулометрии. В кн.: *Актуальные проблемы океанологии*. М., Наука: 556–607.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П. 2008. Проект «Система Белого моря» – четырехмерное изучение морей. *Природа*. 11: 81–82.
- Лисицын А.П., Новигатский А.Н., Клювиткин А.А. 2015. Сезонная изменчивость потоков осадочного вещества в Белом море (бассейн Северного Ледовитого океана). *Доклады Академии наук*. 465(2): 229–234. doi: 10.7868/S0869565215320201
- Лисицын А.П., Новигатский А.Н., Шевченко В.П., Клювиткин А.А., Кравчишина М.Д., Политова Н.В. 2017. Динамика основных компонентов потоков рассеянного осадочного вещества в Белом море. *Доклады Академии наук*. 472(6): 712–715. doi: 10.7868/S0869565217060238
- Лукашин В.Н., Шевченко В.П., Клювиткин А.А. 2002. Взвеси и потоки вещества в Кандалакшском заливе Белого моря. В кн.: *Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения. Материалы международной конференции. Т. 2. (Архангельск, 17–22 июня 2002 г.)* Архангельск, изд-во УрО РАН: 453–457.

15. Лукашин В.Н., Лисицын А.П., Новигатский А.Н., Мусаева Э.И., Амбросимов А.К., Гайворонская Л.А. 2014. О вертикальных потоках вещества в Каспийском море. *Океанология*. 54(2): 216–255. doi: 10.7868/S0030157414020166
16. Лукашин В.Н., Лисицын А.П. 2016. Геохимия рассеянного осадочного вещества и его потоки в толще вод Каспийского моря. *Океанология*. 56(5): 741–756. doi: 10.7868/S0030157416050099
17. Лукашин В.Н., Кречик В.А., Бубнова Е.С., Стародымова Д.П., Клювиткин А.А. 2018. Взвесь в Балтийском море: распределение и химический состав. *Океанологические исследования*. 46(2): 145–166. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).11
18. Митяев М.В., Герасимова М.В. 2009. Содержание взвеси в поверхностном слое воды в губах Ярнышная и Дальнезеленецкая Мурманского побережья. В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии (Москва, 16–20 ноября 2009 г.)*. Т. 1. М., ГЕОС: 83–87.
19. Митяев М.В., Герасимова М.В. 2010. *Современные экзогенные процессы. Карельский берег Кандалакиского залива Белого моря*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 102 с.
20. Митяев М.В., Герасимова М.В., Дружкова Е.И. 2012. Вертикальные потоки осадочного вещества в губе Дальнезеленецкая (Мурманское побережье Баренцева моря) и губе Чула (Карельское побережье Белого моря). *Океанология*. 52(1): 121–130.
21. Митяев М.В. 2014. *Мурманское побережье (геолого-геоморфологические и климатические особенности, современные геологические процессы)*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 226 с.
22. Митяев М.В., Герасимова М.В., Бергер В.Я. 2017. Взвесь и вертикальные потоки осадочного вещества в заливах Мурманского берега Баренцева моря и Карельского берега Белого моря. *Океанология*. 57(2): 339–347. doi: 10.7868/S0030157416060113
23. Новигатский А.Н., Лисицын А.П., Шевченко В.П., Клювиткин А.А., Кравчишина М.Д., Политова Н.В. 2017. Особенности вертикальных потоков рассеянного осадочного материала в арктическом седиментогенезе внутриконтинентальных морей (на примере Белого моря). В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии (Москва, 20–24 ноября 2017 г.)*. Т. 3. М., ИО РАН: 264–268.
24. Новигатский А.Н., Клювиткин А.Н., Лисицын А.П. 2018. Скорости осадконакопления, вертикальные потоки вещества и абсолютные массы осадков в шельфовой области Российской Арктики. *Океанологические исследования*. 46(2): 167–179. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).12
25. Политова Н.В., Шевченко В.П., Айбулатов Н.А., Лебедев К.В., Матюшенко В.А., Зернова В.В. 2004. Влияние ледников Новой Земли на современное осадконакопление на примере залива Русская гавань (Северный остров архипелага Новая Земля). В кн.: *Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов: Материалы Всероссийской конференции с международным участием (Архангельск, 13–18 сентября 2004 г.)*. Т. 2. Архангельск, изд-во АГТУ: 172–176.
26. Политова Н.В. 2007. *Особенности распределения и состава взвеси и потоков осадочного вещества в Баренцевом и Печорском морях. Автореф. ... канд. геол.-мин. наук*. М., изд-во ИО РАН: 27 с.
27. *Система Белого моря (рассеянный осадочный материал, потоки вещества, микробные процессы и загрязнения атмосферы)*. 2013. М., Новый мир: 784 с.
28. Шевченко В.П., Политова Н.В., Айбулатов Н.А., Богданова О.Ю., Буренков В.И., Ведерников В.И., Горшков А.И., Зернова В.В., Иванов Г.И., Кузьмина Т.Г., Новиков Г.В., Паутова Л.А., Пономаренко Т.В., Шанин С.С. 2003. Водная взвесь и ее потоки. В кн.: *Печорское море: Системные исследования (гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социальноэкономические проблемы)*. М., Море: 247–262.
29. Шевченко В.П., Политова Н.В., Айбулатов Н.А., Гордеев В.Ю., Зернова В.В., Корнеева Г.А., Матюшенко В.А. 2004. Взвесь и вертикальные потоки осадочного вещества в заливе Русская Гавань архипелага Новая Земля. *Арктика и Антарктика*. 6(40): 87–107.
30. Шевченко В.П., Лейн А.Ю., Зернова В.В., Иванов Г.И., Лисицын А.П. 1997. Распределение и состав взвеси и фитопланктона в поверхностном слое Норвежско-Гренландского моря в августе 1996 г. *Доклады Академии наук*. 355(6): 805–807.
31. Koukina S.E., Calafat-Frau A., Hummel H., Palerud R. 2001. Trace metals in suspended particulate matter and sediments from the Severnaya Dvina estuary, Russian Arctic. *Polar Record*. 37(202): 249–256. DOI: 10.1017/S0032247400027273
32. Stein R. 2008. Arctic Ocean sediments: processes, proxies, and paleoenvironment. Amsterdam: Elsevier Science: 608 p.
33. Айбулатов Н.А. 1990. *Динамика твердого вещества в шельфовой зоне*. Л., Гидрометеиздат: 272 с.
34. Айбулатов Н.А., Матюшенко В.А., Шевченко В.П., Политова Н.В., Потехина Е.М. 1999. Новые данные о поперечной структуре латеральных потоков взвешенного вещества по периферии Баренцева моря. *Геоэкология*. 6: 526–540.
35. Лукашин В.Н. 2008. *Седиментация на континентальных склонах под влиянием контурных течений*. М., ГЕОС: 250 с.
36. Митяев М.В., Герасимова М.В., Павлова Л.Г., Дружкова Е.И. 2018. Латеральные потоки взвешенного вещества на разрезе «Кольский меридиан». *Труды Кольского научного центра РАН. Океанология*. 4/2018(9): 109–117. doi: 10.25702/KSC.2307-5252.2018-9-4-109-117
37. Митяев М.В. *Прибор учета латерального потока осадочного вещества: патент № 173672 РФ: МПК<sup>51</sup> G 01 N 1/10*. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, № заявки 2017115950. Заявл. 04.05.2017, опублик. 05.09.2017. Бюл. № 25. 8 с.
38. Герасимова М.В., Митяев М.В., Шевченко В.П. 1998. Количественное распределение и состав водной взвеси в губах Восточного Мурмана. В кн.: *Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене: Тезисы докладов международной конференции (Мурманск, 19–21 ноября 1998 г.)*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 27–29.
39. Герасимова М.В., Митяев М.В., Корсун С.А. 1998. Распределение взвеси в береговой зоне Баренцева моря. В кн.: *Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене: Тезисы докладов международной*



конференции (Мурманск, 19–21 ноября 1998 г.). Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 26–27.

40. Мясников В.П., Карельская А.Г. 1979. Взвесь и биогенные элементы в морских водах береговой зоны Мурмана. В кн.: *Биология Баренцева и Белого морей*. Апатиты, изд-во КФ АН СССР: 60–65.

## REFERENCES

- Lisitzin A.P. 2014. [Modern concepts of sedimentation in the oceans and seas. Ocean as a natural recorder of the interaction of geospheres of the Earth]. In: *Mirovoy okean. T. 2. Fizika, khimiya i biologiya okeana. Osadkoobrazovanie v okeane i vzaimodeystvie geosfer Zemli*. [World Ocean. Vol. 2. Physics, chemistry and biology of the ocean. Sediment formation in the ocean and the interaction of the Earth's geospheres]. Moscow: Nauchnyy mir: 331–571. (In Russian).
- Agatova A.I., Lapina N.M., Torgunova N.I. 2002. [Organic matter in the waters of the Arctic seas]. *Arktika i Antarktika*. 1(35): 172–192. (In Russian).
- Berger V.Ya., Mityaev M.V. 2012. [Seasonal and interannual changes in the concentration of organic matter in the White Sea Seston]. *Voprosy promyslovoj okeanologii*. 9(2): 123–124. (In Russian).
- Dolotov Yu.S., Kovalenko V.N., Lifshits V.Kh., Petrov M.P., Platonov A.V., Filatov N.N., Prego R., Rat'kova T.N., Shevchenko V.P. 2002. On the dynamics of water and suspension in the Keret' River estuary (Karelian coast of the White Sea). *Oceanology*. 42(5): 731–740.
- Dolotov Y.S., Filatov N.N., Petrov M.P., Tolstikov A.V., Platonov A.V., Shevchenko V.P., Novigatskii A.N., Politova N.V., Filippov A.S., Kutcheva I.P. 2004. On the character of natural processes at high and low tides in the estuaries of the Karelian coast of the White Sea. *Oceanology*. 44(5): 735–743.
- Dolotov Yu.S., Filatov N.N., Shevchenko V.P., Petrov M.P., Tolstikov A.V., Zdorovenov R.E., Platonov A.V., Filippov A.S., Bushuev K.L., Kutcheva I.P., Denisenko N.V., Stein R., Saukel C. 2008. Multidisciplinary studies in Onega Bay of the White Sea and the estuary of the Onega River during the summer period. *Oceanology*. 48(2): 255–267. doi: 10.1134/S0001437008020136
- Klyuvitkin A.A., Novigatsky A.N., Politova N.V. 2017. [Vertical fluxes of sedimentary matter in the North Atlantic Vertical]. In: *Geologiya morey i okeanov: Materialy XXII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. T. 3*. [Geology of seas and oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. 3 (Moscow, Russia, 20–24 November 2017)]. Moscow, Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences: 82–86. (In Russian).
- Kravchishina M.D. 2009. *Vzveshennoe veshchestvo Belogo morya i ego granulometricheskii sostav*. [Suspended matter of the White Sea and its granulometric composition]. Moscow, Nauchnyy mir: 312 p. (In Russian).
- Lisitsyn A.P., Shevchenko V.P., Vinogradov M.E., Severina O.V., Vavilova V.V., Mitskevich I.N. 1995. Particle fluxes in the Kara Sea and Ob and Yenisey estuaries. *Oceanology*. 34(5): 683–693.
- Lisitzin A.P., Shevchenko V.P., Burenkov V.I., Kopelevich O.V., Vasilyev L.Yu. 2003. [Suspension and hydrooptics of the White Sea – new regularities of quantitative distribution and granulometry]. In: *Aktual'nye problemy okeanologii*. [Actual problems of oceanology]. Moscow, Nauka: 556–607. (In Russian).
- Lisitzin A.P., Shevchenko V.P. 2008. [The White Sea System project – a four-dimensional study of the seas]. *Priroda*. 11: 81–82. (In Russian).
- Lisitzin A.P., Novigatsky A.N., Klyuvitkin A.A. 2015. Seasonal variability of fluxes of dispersed sedimentary matter in the White Sea (Arctic Ocean basin). *Doklady Earth Sciences*. 465(1): 1182–1186. doi: 10.1134/S1028334X15110112
- Lisitzin A.P., Novigatsky A.N., Shevchenko V.P., Klyuvitkin A.A., Kravchishina M.D., Politova N.V. 2017. Dynamics of the main components of fluxes of sedimentary matter in the White Sea. *Doklady Earth Sciences*. 472(2): 252–255. doi: 10.1134/S1028334X17020295
- Lukashin V.N., Shevchenko V.P., Klyuvitkin A.A. 2002. [Suspension and substance flows in the Kandalaksha Bay of the White Sea]. In: *Ekologiya severnykh territoriy Rossii. Problemy, prognoz situatsii, puti razvitiya, resheniya: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii. T. 2*. [Ecology of the northern territories of Russia. Problems, forecast of the situation, ways of development, solutions: Materials of the international conference (Arkhangelsk, Russia, 17–22 June 2002)]. Vol. 2]. Arkhangelsk, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences: 453–457. (In Russian).
- Lukashin V.N., Lisitzin A.P., Novigatsky A.N., Musaeva E.I., Ambrosimov A.K., Gayvoronskaya L.A. 2014. On vertical particle fluxes in the Caspian Sea. *Oceanology*. 54(2): 195–204. doi: 10.1134/S0001437014020167
- Lukashin V.N., Lisitzin A.P. 2016. Geochemistry of dispersed sedimentary matter and its fluxes in the water column of the Caspian Sea. *Oceanology*. 56(5): 675–689. doi: 10.1134/S000143701605009X
- Lukashin V.N., Krechik V.A., Bubnova E.S., Starodumova D.P., Klyuvitkin A.A. 2018. [Suspended matter in the Baltic Sea: distribution and chemical composition]. *Okeanologicheskie issledovaniya*. 46(2): 145–166. (In Russian). doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).11
- Mityaev M.V., Gerasimova M.V. 2009. [Concentration of a suspension in a surface layer of water in Yarnischnaya and Dalnezelenetskaya inlets, Murmansk coast]. In: *Geologiya morey i okeanov: Materialy XXIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. T. 1*. [Geology of the seas and oceans: Proceedings of the XXIII International Scientific Conference (School) on marine geology. Vol. 1 (Moscow, Russia, 16–20 November 2009)]. Moscow, GEOS: 83–87. (In Russian).
- Mityaev M.V., Gerasimova M.V. 2010. *Sovremennyye ekzogennye protsessy. Karel'skiy bereg Kandalakshskogo zaliva Belogo morya*. [Modern exogenous processes. Karelian coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea]. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 102 p. (In Russian).
- Mityaev M.V., Gerasimova M.V., Druzhkova E.I. 2012. Vertical particle fluxes in the coastal areas of the Barents and White Seas. *Oceanology*. 52(1): 112–121. doi: 10.1134/S0001437012010158

21. Mityaev M.V. 2014. *Murmanskoe poberezh'e (geologo-geomorfologicheskie i klimaticheskie osobennosti, sovremennyye geologicheskie protsessy)*. [Murmansk coast (geological, geomorphological and climatic features, modern geological processes)]. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 226 p. (In Russian).
22. Mityaev M.V., Gerasimova M.V., Berger V.Ja. 2017. Suspended particulate matter and vertical fluxes of sedimentary material in bays of the Murmansk (Barents Sea) and Karelian (White Sea) coasts. *Oceanology*. 57(2): 306–314. doi: 10.1134/S0001437016060102
23. Novigatsky A.N., Lisitzin A.P., Shevchenko V.P., Klyuvitkin A.A., Kravchishina M.D., Politova N.V. 2017. [Specificity vertical flux of sedimentary material in the Arctic sedimentogenesis of the inland seas (the example White Sea Basin)]. In: *Geologiya morey i okeanov: Materialy XXII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. T. 3*. [Geology of seas and oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. 3 (Moscow, Russia, 20–24 November 2017)]. Moscow, Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences: 264–268. (In Russian).
24. Novigatsky A.N., Klyuvitkin A.A., Lisitzin A.P. 2018. [The speed of sedimentation, vertical flow of matter, and the absolute mass of precipitation in the shelf region of the Russian Arctic]. *Okeanologicheskie issledovaniya*. 46(2): 167–179. (In Russian). doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).12
25. Politova N.V., Shevchenko V.P., Aybulatov N.A., Lebedev K.V., Matyushenko V.A., Zernova V.V. 2004. [The influence of the Novaya Zemlya glaciers on modern sedimentation by the example of Russkaya Harbor Bay (the North Island of the Novaya Zemlya archipelago)]. In: *Geodinamika i geologicheskie izmeneniya v okruzhaushchey srede severnykh regionov: Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. T. 2*. [Geodynamics and geological changes in the environment of the northern regions: Materials of the All-Russian conference with international participation (Arkhangelsk, Russia, 13–18 September 2004). Vol. 2]. Arkhangelsk, Arkhangelsk State Technical University: 172–176. (In Russian).
26. Politova N.V. 2007. [Features of the distribution and composition of suspended matter and sedimentary flows in the Barents and Pechora seas. PhD Abstract]. Moscow, Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences: 27 p. (In Russian).
27. *Sistema Belogo morya (rasseyanny osadochnyy material, potoki veshchestva, mikrobye protsessy i zagryaznenie atmosfery)*. [The White Sea system (dispersed sedimentary material, substance flows, microbial processes and air pollution)]. 2013. Moscow, Novyy mir: 784 p. (In Russian).
28. Shevchenko V.P., Politova N.V., Aybulatov N.A., Bogdanova O. Yu., Burenkov V.I., Vedernikov V.I., Gorshkov A.I., Zernova V.V., Ivanov G.I., Kuzmina T.G., Novikov G.V., Pautova L.A., Ponomarenko T.V., Shanin S.S. 2003. [Water suspension and its flows]. In: *Pechorskoe more: Sistemnyye issledovaniya (gidrofizika, gidrologiya, optika, biologiya, khimiya, geologiya, ekologiya, sotsioekonomicheskie problemy)*. [Pechora Sea: System Studies (Hydrophysics, Hydrology, Optics, Biology, Chemistry, Geology, Ecology, Socioeconomic Problems)]. Moscow, More: 247–262. (In Russian).
29. Shevchenko V.P., Politova N.V., Aybulatov N.A., Gordeev V. Yu., Zernova V.V., Korneeva G.A., Matyushenko V.A. 2004. [Suspension and vertical flows of sediment in the Russian Harbor Bay of the Novaya Zemlya Archipelago]. *Arktika i Antarktika*. 6(40): 87–107. (In Russian).
30. Shevchenko V.P., Lein A.Yu., Zernova V.V., Ivanov G.I., Lisitsyn A.P. 1997. The distribution and composition of suspended matter and phytoplankton in the surface layer of Norwegian and Greenland Seas in august 1996. *Doklady Earth Sciences*. 355(6): 932–934.
31. Koukina S.E., Calafat-Frau A., Hummel H., Palerud R. 2001. Trace metals in suspended particulate matter and sediments from the Severnaya Dvina estuary, Russian Arctic. *Polar Record*. 37(202): 249–256. DOI: 10.1017/S0032247400027273
32. Stein R. 2008. Arctic Ocean sediments: processes, proxies, and paleoenvironment. Amsterdam: Elsevier Science: 608 p.
33. Aybulatov N.A. 1990. *Dinamika tverdogo veshchestva v shel'fovoy zone*. [Dynamics of solid matter in the shelf zone]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 272 p. (In Russian).
34. Aybulatov N.A., Matyushenko V.A., Shevchenko V.P., Politova N.V., Potekhina E.M. 1999. [New data on the transverse structure of lateral suspended matter flows along the periphery of the Barents Sea]. *Geoekologiya*. 6: 526–540. (In Russian).
35. Lukashin V.N. 2008. *Sedimentatsiya na kontinental'nykh sklonakh pod vliyaniem konturnykh techeniy*. [Sedimentation on continental slopes under the influence of contour currents]. Moscow, GEOS: 250 p. (In Russian).
36. Mityaev M.V., Gerasimova M.V., Pavlova L.G., Dryzhkova E.I. 2018. [Lateral flows of the suspension material on the section “Kola Meridian”]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Okeanologiya*. 4/2018(9): 109–117. (In Russian). doi: 10.25702/KSC.2307-5252.2018-9-4-109-117
37. Mityaev M.V. *Pribor ucheta lateral'nogo potoka osadochnogo veshchestva: patent № 173672 RF: MPK<sup>51</sup> G 01 N 1/10*. [Metering device for lateral flow of sedimentary substance: patent No 173672 RF: MPK<sup>51</sup> G 01 N 1/10]. Applicant and rights holder Federal State Budgetary Scientific Institution of Murmansk Marine Biological Institute of Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, application number 2017115950. The date of application 4 May 2017, published 5 September 2017. Bulletin No 25. 8 p. (In Russian).
38. Gerasimova M.V., Mityaev M.V., Shevchenko V.P. 1998. [Quantitative distribution and composition of water suspension in the bays of East Murman]. In: *Morskoy pereglyatsial i olednenie Barentsevo-Karskogo shel'fa v pleystotsene: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy konferentsii*. [Sea periglacial and glaciations of the Barents-Kara shelf in the Pleistocene: Abstracts of the international conference (Murmansk, Russia, 19–21 November 1998)]. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 27–29. (In Russian).
39. Gerasimova M.V., Mityaev M.V., Korsun S.A. 1998. [Suspension distribution in the coastal zone of the Barents Sea]. In: *Morskoy pereglyatsial i olednenie Barentsevo-Karskogo shel'fa v pleystotsene: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy*

*konferentsii. [Sea periglacial and glaciations of the Barents-Kara shelf in the Pleistocene: Abstracts of the international conference (Murmansk, Russia, 19–21 November 1998)]. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 26–27. (In Russian).*

40. Myasnikov V.P., Karelskaya A.G. 1979. [Suspension and nutrients in the marine waters of the Murman coastal zone]. In: *Biologiya Barentseva i Belogo morey. [Biology of the Barents and White seas]*. Apatity, Kola Branch of the Academy of Sciences of the USSR: 60–65. (In Russian).

*Поступила 21.03.2019*