

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.3.5-13
УДК 551.465 (268.45)

М.В. Митяев, М.В. Герасимова, Л.Г. Павлова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ВЗВЕСЬ И ПОТОКИ ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В ГУБАХ КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ В 2016–2018 ГОДАХ

Аннотация

В летне-осенний период 2016–2018 гг. проведены исследования концентраций, валового запаса взвешенного вещества и потоков рассеянного осадочного вещества (вертикальных и латеральных) в толще воды в трех губах Карельского побережья. Выявлено, что суммарное осаждение взвешенного вещества на дно за сутки в среднем составляло 4.8 ± 0.4 т, из них взвешенного органического вещества – 1.48 ± 0.13 т, в это же время из губ за сутки в среднем выносилось 0.275 ± 0.01 т взвешенного вещества, из них 0.165 ± 0.015 т взвешенных органических веществ.

Ключевые слова:

взвешенное вещество, валовой запас взвеси, вертикальный поток, латеральный поток, Карельское побережье.

M.V. Mityaev, M.V. Gerasimova, L.G. Pavlova

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

SUSPENSION AND SEDIMENT FLOWS IN THE BAYS OF THE KARELIAN COAST IN 2016–2018

Abstract

In the summer-autumn period of 2016–2018 studies of concentrations, gross suspended matter and streams of dispersed sedimentary substances (vertical and lateral) in the water column of three bays of the Karelian coast were conducted. It was revealed that the total sedimentation of suspended matter at the bottom per day in three bays averaged 4.8 ± 0.4 tons, of which suspended organic matter – 1.48 ± 0.13 tons, while on average, 0.275 ± 0.01 tons of suspended weights were removed from these bays substances, of which 0.165 ± 0.015 tons of suspended organic matter.

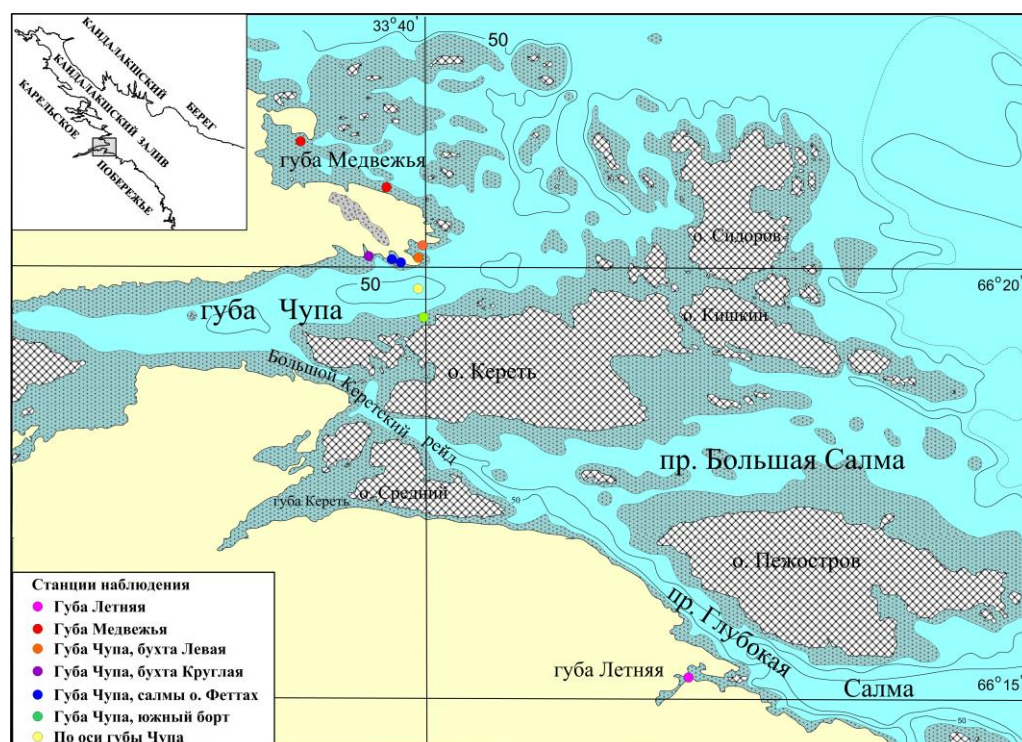
Keywords:

suspended matter, gross suspension stock, vertical flow, lateral flow, Karelian coast.

В настоящее время основная часть седиментологических исследований морских вод сосредоточена на всестороннем изучении взвешенного вещества и вертикальных потоков вещества на дно морей (Система ..., 2013). Благодаря разработанному в Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН прибору учета латерального потока осадочного вещества (ПУЛПОВ; Прибор ..., 2017), впервые удалось

получить натурные данные по количеству взвеси, участвующей в латеральном перемещении вещества. Целью исследований было синхронное наблюдение за изменениями концентрации взвешенного вещества, вертикальных и латеральных потоков рассеянного осадочного вещества в губах Карельского побережья, что актуально в связи с небольшим количеством аналогичных натуральных данных по арктическим побережьям.

Материал и методы. Исследования проводились в трех губах Карельского побережья (рисунок) с мая по октябрь в 2016–2018 гг. В течение 3 лет получено 60 проб из малых седиментационных ловушек и 60 проб из ПУЛПОВ. Проведено 60 определений запасов взвешенного вещества и взвешенного органического вещества в толще воды, для чего было отобрано и обработано 360 проб морской воды.



Карта-схема района работ
Area map

Для изучения вертикальных потоков осадочного вещества была использована малая седиментационная ловушка. Установка ловушек осуществлялась стандартным способом (Лукашин, 2008) на глубине моря 13 м (в отлив). После их подъема осадочное вещество осаждалось и исследовалось стандартным методом (Митяев, Герасимова, 2010). Концентрация взвешенного вещества изучалась на шести горизонтах

(поверхностный – 0.5 м и на глубине 5, 10, 15, 30 и 50 м). Определение концентрации взвешенного вещества выполнялось в лабораторных условиях стандартным методом на ядерных лавсановых фильтрах с размером пор 0.45 мкм (Лукашин, 2008; Митяев, Герасимова, 2010). Исследование латеральных потоков проводили с помощью прибора ПУЛПОВ. Прибор устанавливался на растяжке в 5 м от дна с экспозицией не более 1 сут. После поднятия ПУЛПОВ морскую воду сливали в чистые емкости для последующей вакуумной фильтрации аналогично методике, используемой при определении концентраций взвешенного вещества.

Для определения концентрации взвешенного органического вещества использовался метод мокрого сжигания, основанный на окислении органического вещества с помощью смеси бихромата калия и концентрированной серной кислоты, известный как метод Вэлкли–Блэка или метод Тюрина, апробированный к морской воде (Бергер и др., 2016).

Результаты и обсуждение. Концентрация взвешенного вещества и взвешенного органического вещества в толще воды. Средняя концентрация взвешенного вещества в летне-осенние периоды 2016–2018 годов составляла 0.94 ± 0.06 мг/л ($n = 180$), изменяясь от 0.25 до 2.73 мг/л. Наблюдалось два типа распределения взвешенного вещества в толще воды:

первый характеризовался высокой концентрацией взвешенного вещества в верхнем 5-метровом слое с резким снижением на 10-метровом горизонте, ниже которого располагался слой с низкой концентрацией взвешенного вещества и четко выраженный придонный слой повышенных концентраций взвешенного вещества;

второй – концентрации взвешенного вещества снижались от поверхности к 5-метровому горизонту, с последующим постепенным их увеличением до придонного слоя, без выраженного слоя с повышенными концентрациями взвешенного вещества.

Наблюдались значительные различия в средних концентрациях взвешенного вещества по губам (табл. 1): Чупа – 0.92 ± 0.05 мг/л ($n = 132$), Медвежья – 0.72 ± 0.1 мг/л ($n = 24$), Летняя – 1.12 ± 0.12 мг/л ($n = 24$).

Средняя концентрация взвешенного органического вещества в летне-осенние периоды 2016–2018 гг. составляла 0.409 ± 0.025 мг/л, изменяясь от 0.124 до 0.955 мг/л ($n = 180$). Преобладал один тип распределения взвешенного органического вещества в толще воды – резкое увеличение его концентрации на 5-метровом горизонте, выше и ниже “жидкого дна” располагались слои воды с низкой концентрацией, в целом от 5-метрового горизонта до дна (независимо от глубины моря) концентрация взвешенного органического вещества постепенно снижалась. В губах Чупа и Медвежья больших различий в средних концентрациях взвешенного органического вещества не наблюдалось (0.481 ± 0.061 и 0.465 ± 0.041 мг/л соответственно), в губе Летняя средняя концентрация была ниже – 0.315 ± 0.031 мг/л (табл. 1).

Таблица 1

**Средние концентрации взвешенного вещества
и взвешенного органического вещества, мг/л**

Table 1

Average concentrations of suspended matter and suspended organic matter, mg/l

Губы Карельского побережья	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ
Чупа	0.84±0.08	0.401±0.06	0.85±0.09	0.477±0.11	1.14±0.14	0.568±0.04
Медвежья	0.62±0.05	0.365±0.08	0.91±0.12	0.607±0.13	0.72±0.10	0.424±0.02
Летняя	1.13±0.12	0.305±0.04	1.49±0.18	0.384±0.06	0.73±0.09	0.253±0.02

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в таблицах 2–4: ВВ – взвешенное вещество, ВОВ – взвешенное органическое вещество; концентрации приведены с указанием ошибки среднего.

Валовой запас взвешенного вещества в толще воды над 1 м² дна в среднем составлял 12.1±0.5 г (n = 60), изменяясь от 6.2 до 24.9 г. В течение трех лет средние значения валового запаса взвешенного вещества постепенно увеличивались: 2016 г. – 11.5±0.6 г/м² (n = 20), 2017 г. – 12.1±1.0 г/м² (n = 20), 2018 г. – 12.8±1.2 г/м² (n = 20). Валовой запас взвешенного органического вещества в среднем составлял 3.4±0.1 г/м² (n = 60), во времени мало изменялся: 2016 г. – 3.3±0.1 г/м² (n = 20), 2017 г. – 3.4±0.2 г/м² (n = 20), 2018 г. – 3.5±0.3 г/м² (n = 20). Наибольшие изменения валового запаса взвешенного вещества и взвешенного органического вещества наблюдались в губе Летняя (табл. 2). Возможно, снижение их валового запаса в губе связано с резким падением летнего пресного стока. Так в 2016 г. суммарный летний сток (110 сут.) р. Летняя и ручья Летний составлял 0.11 км³, в 2017 г. (110 сут.) – 0.12 км³, в 2018 г. (100 сут.) – менее 0.01 км³, а средняя концентрация взвешенного вещества в этих водотоках снизилась с 2.15 до 1.16 мг/л.

Более низкая концентрация и, как следствие, валовой запас взвешенного вещества в губе Медвежья, вероятно, связана с относительной изолированностью губы от сопредельных акваторий (отделена от губы Чупа и Кив-губы цепочкой островов). В целом концентрации взвешенного вещества и взвешенного органического вещества в толще воды в 2016–2018 гг. сопоставимы с ранее установленными концентрациями взвешенного вещества в районе исследований (Бергер, Митяев, 2012; Митяев и др., 2017). В 2016–2018 годах в трех указанных губах побережья в толще воды в среднем содержалось 350±20 т рассеянного осадочного вещества, из них 90±12 т взвешенного органического вещества.

Таблица 2

**Средние значения валового запаса взвешенного вещества
и взвешенного органического вещества, г/м²**

Table 2

Average values of gross suspended matter and suspended organic matter, g/m²

Губы Карельского побережья	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ
Чупа	11.3±0.6	3.3±0.2	11.2±1.2	3.2±0.3	13.9±1.4	3.8±0.3
Медвежья	9.5±0.7	3.1±0.2	11.1±0.9	3.6±0.3	9.2±0.7	3.0±0.2
Летняя	17.4±1.8	3.6±0.4	20.2±1.4	4.1±0.3	10.1±0.3	2.1±0.1

Вертикальные потоки рассеянного осадочного вещества на дно.

В летне-осенние периоды 2016–2018 гг. значения вертикального потока осадочного вещества изменялись от 122 до 1369 мг/м² в сутки, в среднем составляя 420±47 мг/м² в сутки (n = 60). Такие значения вертикального потока сопоставимы с ранее установленными значениями для бухт и мелководных прибрежных частей губы Чупа (Митяев и др., 2017). В течение трех лет (20 наблюдений в год) средние значения вертикального потока в районе были почти одинаковыми: 2016 г. – 407±54, 2017 г. – 429±86, 2018 г. – 422±119 мг/м² в сутки. Достоверные отличия наблюдались только в губе Летняя (табл. 3).

Таблица 3

**Средние значения вертикального потока взвешенного вещества
и взвешенного органического вещества, мг/м² в сутки**

Table 3

**Average values of the vertical flow of suspended matter
and suspended organic matter, mg/m²/day)**

Губы Карельского побережья	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ
Чупа	440±74	146±31	451±119	140±30	467±134	131±32
Медвежья	283±36	102±8	320±84	108±31	278±81	80±17
Летняя	425±55	99±13	479±67	98±15	308±72	66±12

Наиболее низкие значения вертикального потока наблюдались в губе Медвежья (табл. 3), что, вероятно, связано с небольшим запасом рассеянного осадочного вещества в толще воды. В губах Чупа и Летняя средние значения вертикального потока достоверно не отличаются (табл. 3), но если в губе Летняя значения вертикального потока в сутки не превышали 0.5 г/м², то в отдельных районах губы Чупа они были более 1 г/м².

Среднее значение вертикального потока взвешенного органического вещества в 2016–2018 гг. составляло 125±18 мг/м² в сутки, изменяясь от 43 до 285 мг/м² в сутки. Максимальный поток взвешенного органического

вещества наблюдался в губе Чупа (табл. 3) – в среднем 139 ± 16 мг/м² в сутки, что несколько выше значений его потока в бортах и бухтах губы, установленных ранее (Митяев и др., 2017). В губах Медвежья и Летняя средние значения потока взвешенного органического вещества достоверно не отличались (97 ± 12 и 87 ± 13 мг/м² в сутки соответственно). В 2016 и 2017 годах средние значения вертикального потока взвешенного органического вещества по трем губам были одинаковыми – 132 ± 21 и 129 ± 22 мг/м² в сутки соответственно, а в 2018 г. среднее значение потока уменьшилось – 115 ± 22 мг/м² в сутки. Особенно сильно снизились значения потока взвешенного органического вещества в губе Летняя (табл. 3).

Количество взвешенного осадочного вещества, участвующего в осадконакоплении, от валового запаса взвешенного вещества в толще воды губ, составляет: Чупа – 3.7 ± 0.2 %, Медвежья – 3.0 ± 0.1 %, Летняя – 2.5 ± 0.3 %, что значительно меньше ранее наблюдавшихся показателей. Этот же показатель для органического вещества, от валового запаса взвешенного органического вещества в толще воды, следующий: губа Чупа – 3.0 ± 0.4 %, губа Медвежья – 2.3 ± 0.4 %, губа Летняя – 2.2 ± 0.2 %, что в 1.5–2 раза больше ранее наблюдавшихся показателей в губе Чупа (1.4 ± 0.3 % в 2010–2014 гг.; Митяев и др., 2012, 2017).

Полученные данные дают основание оценить суммарное осаждение взвешенного вещества на дно за сутки в трех губах побережья в летне-осенние периоды 2016–2018 гг. в 4.8 ± 0.4 т, из них взвешенного органического вещества – 1.48 ± 0.13 т. Основная масса рассеянного вещества осаждалась в губе Чупа (2.9 – 3.1 т/сут. – взвешенное вещество, из них 0.85 – 0.95 т/сут. – взвешенное органическое вещество), меньше всего взвешенного вещества – в губе Летняя (0.28 – 0.45 т/сут. – взвешенное вещество, из них 0.06 – 0.09 т/сут. – взвешенное органическое вещество).

Латеральные потоки взвешенного осадочного вещества.

В период исследований среднее значение латерального потока составляло 99 ± 8 г/сут. взвешенного вещества ($n = 60$) через вертикальное сечение шириной в 1 м (при средней глубине моря в прилив–отлив 13 м), изменяясь от 37 до 199 г/сут. В 2016, 2017 и 2018 годах средние значения латерального потока были сопоставимы – 92 ± 13 , 96 ± 17 и 109 ± 15 г/сут. соответственно. Минимальные значения латерального потока взвешенного вещества наблюдались в губе Чупа – в среднем 91 ± 11 г/сут., в губах Медвежья и Летняя они достоверно не отличались (116 ± 3 и 120 ± 14 г/сут. соответственно). В губе Медвежья в течение трех лет этот показатель был неизменным (табл. 4). В то же время в губах Чупа и Летняя данный показатель увеличивался, но в губе Летняя различия значений латерального потока взвешенного вещества были достоверны, а в губе Чупа достоверных отличий не было (табл. 4).

Таблица 4

Средние значения латерального потока взвешенного вещества
и взвешенного органического вещества, г/сут.

Table 4

Average values of the lateral flow of suspended matter
and suspended organic matter, g/day

Губы Карельского побережья	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ	ВВ	ВОВ
Чупа	83±19	43±6	88±27	47±4	101±19	56±7
Медвежья	116±3	89±11	117±2	76±9	115±3	62±5
Летняя	96±9	42±3	107±12	47±2	156±29	53±4

Значения латерального потока, направленного в открытую акваторию моря, всегда были больше, чем аналогичные значения потока, направленного в глубь губ. В среднем за сутки через сечение шириной в 1 м в сторону открытой акватории моря перемещалось 21 ± 2 г взвешенного вещества. Во всех губах значения выноса взвешенного вещества через сечение шириной в 1 м сопоставимы: Чупа – 19 ± 3 , Медвежья – 26 ± 6 , Летняя – 28 ± 7 г/сут. Максимальные значения выноса взвешенного вещества наблюдались вдоль южных бортов губ Чупа и Медвежья (до 50 г/сут.), наименьшие – вдоль северного борта губы Чупа – $1-3$ г/сут.

Среднее значение латерального потока взвешенного органического вещества в 2016–2018 гг. соответствовало 57 ± 6 г/сут. не изменяясь во времени (2016 г. – 58 ± 16 , 2017 г. – 57 ± 10 , 2018 г. – 57 ± 10 г/сут.). Максимальные значения латерального потока взвешенного органического вещества наблюдались в губе Медвежья, в губе Чупа и Летняя средние значения латерального потока были примерно одинаковы (табл. 4). В среднем за сутки в сторону открытой акватории моря перемещалось 14 ± 2 г взвешенного органического вещества. Достоверных отличий в выносе органического вещества между губами не наблюдалось (Чупа – 11 ± 4 , Медвежья – 19 ± 6 и Летняя – 13 ± 6 г/сут.).

В каждой точке наблюдения масштаб латерального перемещения взвешенного вещества и взвешенного органического вещества больше вертикального потока на дно в сотни раз (в среднем в 300 ± 40 и 570 ± 80 соответственно). При этом количество перемещенной взвеси в сторону открытой акватории моря в среднем в 65 ± 10 раз больше количества взвешенного вещества аккумулирующегося на дно, а взвешенного органического вещества – в 140 ± 20 раз. В среднем из трех губ за сутки выносилось 0.275 ± 0.01 т взвешенного вещества, из них 0.165 ± 0.015 т взвешенного органического вещества.

Заключение. Средняя концентрация взвешенного вещества в толще воды в трех губах Карельского побережья в 2016–2018 гг. была типичной для прибрежных вод Белого моря и не отличалась от его среднемноголетних концентраций в районе исследований (Бергер,

Митяев, 2012; Митяев и др., 2017). При этом концентрация взвешенного органического вещества была достаточно низкой и не превышала 0.5 мгС/л. В 2016–2018 годах, независимо от изменения валового запаса взвешенного вещества, в осадконакоплении участвовало 3 ± 0.2 % взвешенного вещества и 2.5 ± 0.1 % рассеянного органического вещества. Если за три летне-осенних сезона в трех губах побережья общее количество аккумулярованного взвешенного вещества превышает 1.7 млн т (из них более 0.5 млн т – взвешенное органическое вещество), то в 2016 г. взвешенного вещества отложилось 560 ± 10 т (190 т – взвешенное органическое вещество), в 2017 г. – 600 ± 13 т (180 т – взвешенное органическое вещество), в 2018 г. – 570 ± 12 т (160 т – взвешенное органическое вещество).

За это же время общее количество вынесенного из губ взвешенного вещества можно оценить в 100 ± 6 т, а взвешенного органического вещества – в 60 ± 4 т. Несмотря на существенные различия в количестве аккумулярованного и вынесенного взвешенного вещества, внутри губ побережья масштаб латерального перемещения взвешенного вещества в среднем интенсивнее вертикального потока осадочного вещества на дно в 300 ± 40 раз, а взвешенного органического вещества – в 570 ± 80 раз.

Работа выполнена по теме 9-18-03 “Вертикальные и латеральные потоки осадочного вещества в береговых зонах Баренцева и Белого морей в условиях изменяющейся природной среды и климата” (№ госрегистрации АААА-А18-118030690060-6) в рамках государственного задания № 0228-2019-0014.

Литература

Бергер В.Я., Митяев М.В. Сезонные и межгодовые изменения концентрации органических веществ в сестоне Белого моря // Вопросы промысловой океанологии. 2012. Вып. 9, № 2. С. 123–124.

Бергер В.Я., Митяев М.В., Сухотин А.А. Опыт использования метода мокрого сжигания для определения концентрации взвешенных органических веществ в морской воде // Океанология. 2016. Т. 56, № 2. С. 328–332.

Лукашин В.Н. Седиментация на континентальных склонах под влиянием контурных течений. М.: ГЕОС, 2008. 250 с.

Митяев М.В., Герасимова М.В. Современные экзогенные процессы. Карельский берег Кандалакшского залива Белого моря. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 102 с.

Митяев М.В., Герасимова М.В., Дружкова Е.И. Вертикальные потоки осадочного вещества в губе Дальнезеленечкая (Мурманское побережье Баренцева моря) и губе Чупа (Карельское побережье Белого моря) // Океанология. 2012. Т. 52, № 1. С. 121–130.

Митяев М.В., Герасимова М.В., Бергер В.Я. Взвесь и вертикальные потоки осадочного вещества в заливах Мурманского берега Баренцева моря и Карельского берега Белого моря // Океанология. 2017. Т. 57, № 2. С. 339–347.

Прибор учета латерального потока осадочного вещества: патент № 173672 РФ: МПК⁵¹ G 01 № 1/10 / М.В. Митяев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН. № 2017115950; заявл. 04.05.2017; опубл. 05.09.2017. Бюл. № 25. 8 с.

Система Белого моря. В 4-х т. Т. III. Рассеянный осадочный материал, потоки вещества, микробные процессы и загрязнения атмосферы / Отв. ред. А.П. Лисицын. М.: Научный мир, 2013. 668 с.

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.3.13-22
УДК 551.464.32

Т.Г. Ишкулова, И.А. Пастухов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАТОРИИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Аннотация

Работа посвящена анализу результатов гидрохимических исследований ММБИ КНЦ РАН в Кольском заливе в конце октября 2017 г. С помощью стандартных гидрохимических методов были определены концентрации кислорода, кремния, минеральных форм фосфора и азота. Описано распределение этих гидрохимических параметров в условиях осеннего периода. Приведены результаты статистического анализа. Показано, что основными факторами, влияющими на распределение величин этих параметров, являются гидрофизические явления, речной сток в залив и хозяйственная деятельность.

Ключевые слова:

Кольский залив, биогены, кислород, рН, гидрохимия.

T.G. Ishkulova, I.A. Pastukhov

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

THE CURRENT HYDROCHEMICAL STATE OF THE KOLA BAY WATER AREA IN AUTUMN

Abstract

The paper is devoted to the analysis of the results of hydrochemical studies of MMBI KSC RAS in the Kola Bay at the end of October 2017. Determination of oxygen, silicon, mineral forms of phosphorus and nitrogen concentrations was carried out by standard hydrochemical methods. Spatial distribution of the parameters noted above is described. The results of the statistical analysis are given. It was shown that the main factors affecting the distribution of these parameters are hydrophysical phenomena, river discharge into the bay and economic activity.