

УДК 551.465

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОСТАВ ВЗВЕСИ НА МЕРИДИОНАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ В ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКЕ

© 2015 г. Н. В. Политова, В. А. Артемьев, В. В. Зернова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: politova@ocean.ru

Поступила в редакцию 25.05.2015 г.

В статье рассматриваются результаты изучения взвешенного вещества поверхностных вод Западной Атлантики от умеренных широт Северного полушария до субтропиков Южного – его количественного распределения и состава. Отмечено преимущественное влияние климатической зональности, когда максимумы содержаний взвеси и ее биогенной составляющей приурочены к эвтрофным и мезотрофным районам океана, а также влияние циркумконтинентальной зональности, особенно проявившейся в распределении литогенной части взвеси.

DOI: 10.7868/S0030157415060143

ВВЕДЕНИЕ

Для познания осадочного процесса необходимо всестороннее изучение осадочного вещества – от зарождения до отложения на дно конечных водоемов стока с последующими сложными превращениями осадков в осадочные породы. Важным звеном в процессах современного осадконакопления, в цепи глобального переноса вещества является взвесь [17] – частицы разнообразного происхождения, пассивно взвешенные в морской воде и имеющие размеры от 0.1 мкм до 1 мм [20].

Пространственное распределение взвеси и ее состав в поверхностном слое морской воды в океане определяется, в первую очередь, климатической и циркумконтинентальной зональностями [17–19].

Значительная протяженность и высокая пространственно-временная изменчивость различных океанологических характеристик (полей) требуют густой сетки наблюдений, которые должны выполняться в возможно короткие сроки. Такие требования создают известное противоречие между необходимым объемом наблюдений и техническими возможностями, например, отбора проб морской воды для оценки концентрации взвеси прямыми методами. Увеличить объем наблюдений позволяют косвенные оптические методы оценки концентрации взвеси. Мы воспользовались наличием прямой связи между величиной концентрации взвеси и показателем ослабления направленного света в морской воде [1, 6, 21, 32], значения которого можно относительно легко и быстро получать практически непрерывно в пространстве и во времени. Еще одним современным эффективным методом, применяемым совместно оптиками и геологами для изучения взвешенного вещества,

является анализ карт цветности, получаемых спутниковыми сканерами цвета океана SeaWiFS и AquaModis [3–5]. Применение современных методов в попутных экспедициях Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) в Атлантическом океане – использование данных спутниковых сканеров цвета, применение оптических экспедиционных методов совместно с непосредственным отбором проб взвеси путем ультрафильтрации – позволяет даже при небольшой группе исследователей и минимуме приборной базы проводить комплексное изучение количественного распределения и вещественного состава взвешенного вещества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования поверхностного слоя воды были проведены в ходе экспедиции по проекту “Меридиан” (26-й рейс НИС “Академик Иоффе”) в октябре–ноябре 2008 г. от порта Галифакс (Канада) до порта Монтевидео (Уругвай) (рис. 1, табл. 1).

Вода отбиралась пластиковым ведром по ходу движения судна. Для проведения оптических работ (определение коэффициента ослабления света морской водой ε_{525}) использовался универсальный автономный малогабаритный прозрачномер ПУМ-А, разработанный и изготовленный в Лаборатории оптики океана ИО РАН [2]. Для определения общей концентрации взвеси фильтрация морской воды осуществлялась через предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм (диаметр пор 0.45 мкм) под вакуумом –0.4 атм. Для определения концентрации взвешенного органического углерода и хлорофилла фильтрация проводилась через предварительно прокаленные для удаления органических веществ

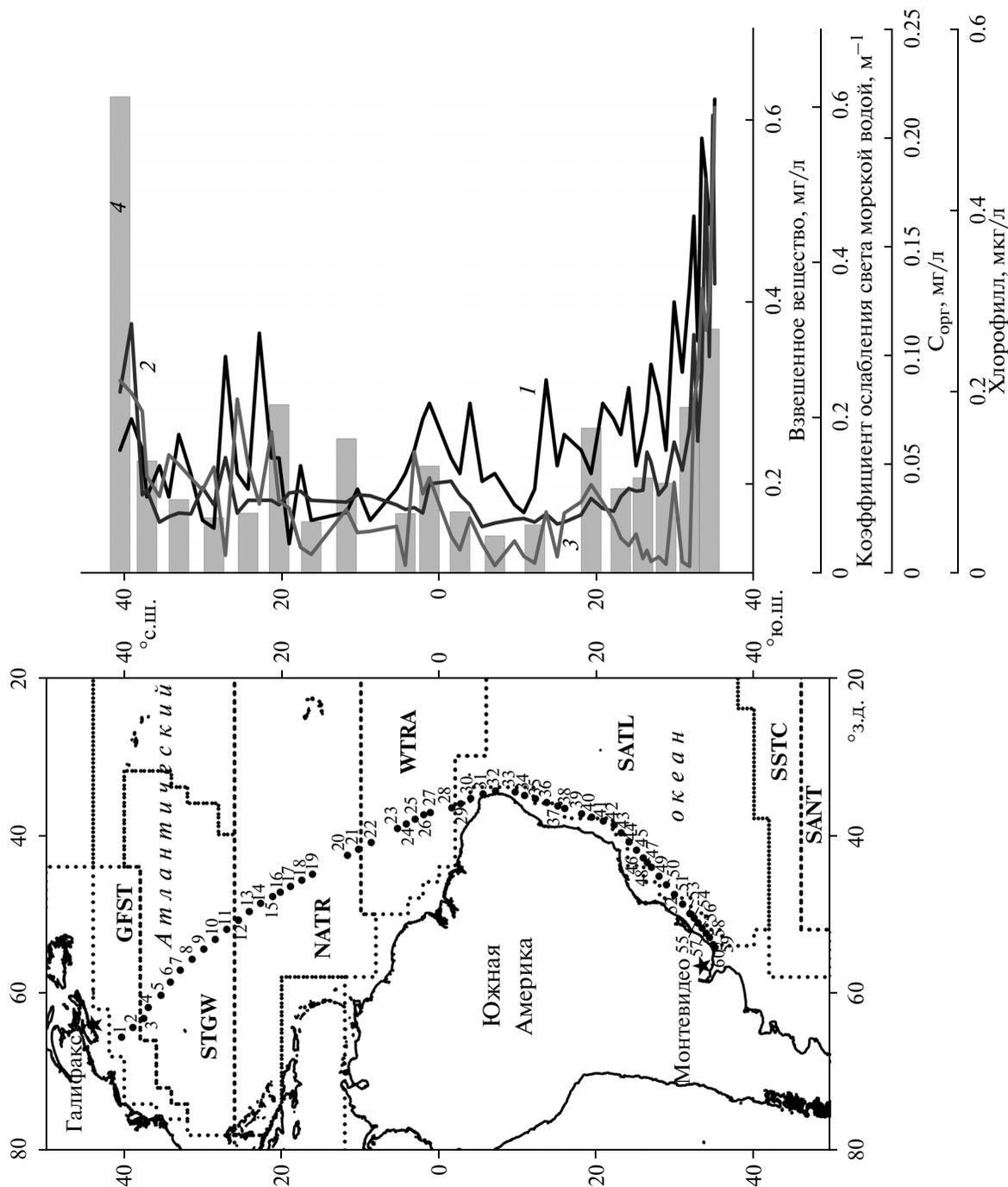


Рис. 1. Карта станций 26-го рейса НИС “Академик Иоффе” (слева) и распределение изученных параметров в поверхностных водах на разрезе (справа): 1 – коэффициент ослабления света (m^{-1}); 2 – концентрация взвешенного вещества ($мг/л$); 3 – содержание взвешенного органического углерода ($мкг/л$); 4 – содержание хл “а” ($мкг/л$). Биогеохимические провинции на карте по [27]: GFST – Гольфстрим, STGW – Северо-Атлантический субтропический антициклональный круговорот, западная часть, NATR – Северо-Атлантический тропический круговорот, WTRA – Западная тропическая Атлантика, SATL – Южно-Атлантический тропический круговорот, SSATL – Южная субтропическая конвергенция, SASTL – Субантарктическая.

Таблица 1. Массовая концентрация водной взвеси (мг/л) и ее состав в поверхностном слое в западной части Атлантического океана (октябрь–ноябрь 2008 г., НИС “Академик Иоффе”)

Станция	Координаты		Конц., мг/л	ε	Si, мкг/л	Al, мкг/л	P, мкг/л	C _{орг} , мкг/л	хл “а”, мкг/л	Фео, мкг/л
	с.ш.	з.д.								
П-1	40°22.62'	65°34.47'	0.16	0.301	5.936	2.496	0.432	178.04	0.526	0.118
П-2	38°55.57'	64°21.28'	0.20	0.376	9.4	1.94	0.34	166.81		
П-3	37°32.90'	63°12.80'	0.16	0.188	13.088	2.576	0.384	149.81		
П-4	36°58.26'	61°49.04'	0.10	0.193	8.65	1.88	0.32	90.40	0.125	0.033
П-5	35°22.12'	60°16.44'	0.14	0.158	9.912	2.772	0.504	71.92		
П-6	34°10.74'	58°37.22'	0.10	0.164	6.42	1.56	0.29	110.00		
П-7	32°55.52'	57°06.11'	0.18	0.168	11.376	2.61	0.396	101.20	0.083	0.007
П-8	31°23.66'	55°43.35'	0.13	0.167	5.681	1.56	0.234	88.94		
П-9	29°54.65'	54°27.01'	0.07	0.196	2.527	1.645	0.273	77.65		
П-10	28°27.80'	53°13.73'	0.06	0.177				98.82	0.063	0.007
П-11	26°59.87'	51°57.23'	0.28	0.229	9.576	3.108	0.364	18.08		
П-12	25°30.37'	50°47.57'	0.13	0.168	12.909	4.433	0.572	161.18		
П-13	24°07.62'	49°43.85'	0.11	0.182	4.279	1.342	0.242	101.15	0.068	0.008
П-14	22°42.08'	48°41.19'	0.31	0.182	5.611	2.356	0.279	65.00		
П-15	21°09.60'	47°48.75'	0.15	0.182	4.56	2.415	0.345	131.15		
П-16	20°12.30'	47°16.65'	0.15	0.177	9.135	2.46	0.45	67.69	0.187	0.037
П-17	18°54.51'	46°33.37'	0.04	0.190				61.15		
П-18	17°28.23'	45°45.89'	0.14	0.192	5.39	1.442	0.182	25.28		
П-19	16°07.17'	45°01.28'	0.07	0.182				18.82	0.059	0.021
П-20	11°39.26'	42°36.38'	0.08	0.180	3.16	1.312	0.216	60.00	0.150	0.026
П-21	10°14.78'	41°51.16'	0.11	0.188	2.398	1.826	0.286	38.85		
П-22	08°38.37'	41°00.21'	0.07	0.187	6.188	1.624	0.378	40.00		
П-23	05°17.84'	39°13.93'	0.11	0.177	6.27	1.595	0.561	44.53		
П-24	04°10.78'	38°38.79'	0.13	0.172	5.616	1.859	0.416	9.02	0.068	0.025
П-25	03°02.95'	38°03.27'	0.16	0.174	6.912	2.176	0.384	112.83		
П-26	01°58.01'	37°28.97'	0.20	0.168	4.56	1.7	0.3	74.34		
П-27	01°07.26'	37°12.70'	0.22	0.200	7.216	2.068	0.352	89.06	0.120	0.029
П-28	01°36.88' ю.ш.	36°37.25'	0.15	0.203	6.48	1.725	0.405	35.85		
П-29	02°44.66' ю.ш.	36°06.18'	0.13	0.188	3.458	1.716	0.299	23.02	0.070	0.020
П-30	04°01.04' ю.ш.	35°25.22'	0.22	0.177	6.798	2.442	0.484	52.22		
П-31	05°34.04' ю.ш.	34°50.82'	0.12	0.153	8.496	1.272	0.252	28.15		
П-32	07°10.33' ю.ш.	34°28.09'	0.13	0.157	4.446	1.729	0.429	8.63	0.043	0.012
П-33	09°40.30' ю.ш.	34°37.20'	0.09	0.161	6.03	1.485	0.342	31.11		
П-34	10°51.72' ю.ш.	35°02.69'	0.08	0.162				17.04		
П-35	12°14.21' ю.ш.	35°28.80'	0.11	0.158	3.344	1.342	0.275	10.94	0.055	0.011
П-36	13°41.37' ю.ш.	35°56.54'	0.25	0.167	3.675	1.475	0.3	57.74		
П-37	15°05.37' ю.ш.	36°23.71'	0.14	0.156	3.794	1.61	0.364	16.67		
П-38	15°59.08' ю.ш.	36°41.19'	0.18	0.158	3.852	1.386	0.378	56.67		
П-39	18°07.21' ю.ш.	37°22.80'	0.16	0.166	3.792	1.408	0.304	66.91		
П-40	19°23.44' ю.ш.	37°47.57'	0.13	0.184	4.199	1.339	0.299	82.75	0.161	0.027
П-41	20°52.20' ю.ш.	38°16.98'	0.22	0.173	4.18	1.672	0.418	66.55		
П-42	22°15.22' ю.ш.	38°46.61'	0.20	0.170	5.14	1.82	0.6	49.82		
П-43	23°09.39' ю.ш.	39°46.92'	0.18	0.186	3.51	1.692	0.396	33.85	0.095	0.020

Таблица 1. Окончание

Станция	Координаты		Конц., мг/л	ε	Si, мкг/л	Al, мкг/л	P, мкг/л	C _{орг} , мкг/л	хл “а”, мкг/л	Фео, мкг/л
	с.ш.	з.д.								
П-44	24°09.70' ю.ш.	40°54.34'	0.24	0.195	5.088	2.232	0.336	26.91		
П-45	25°06.04' ю.ш.	41°57.69'	0.14	0.192	3.024	2.814	0.7	37.45		
П-46	25°57.47' ю.ш.	42°56.53'	0.18	0.193	5.04	2.178	0.504	15.09	0.107	0.015
П-47	26°28.76' ю.ш.	43°32.25'	0.21	0.235	5.607	2.982	0.714	22.55		
П-48	26°59.41' ю.ш.	44°07.52'	0.27	0.224	7.452	2.403	0.756	12.36		
П-49	27°58.53' ю.ш.	45°16.26'	0.23	0.188	0.092	1.058	0.345	16.67		
П-50	28°53.82' ю.ш.	46°20.65'	0.16	0.198	5.664	1.792	0.352	9.81	0.101	0.020
П-51	29°55.77' ю.ш.	47°33.68'	0.35	0.246	9.03	3.185	0.63	84.73		
П-52	30°57.27' ю.ш.	48°46.58'	0.26	0.215	8.606	2.496	1.04	12.00		
П-53	31°52.91' ю.ш.	49°59.93'	0.37	0.261	5.439	2.368	0.555	7.92	0.184	0.025
П-54	32°25.68' ю.ш.	50°32.35'	0.46	0.364	22.632	3.588	1.012	158.15		
П-55	32°55.10' ю.ш.	51°10.20'	0.30	0.247	9.54	2.67	0.69	181.45		
П-56	33°26.10' ю.ш.	51°47.51'	0.56	0.324	34.048	6.384	1.456	262.18		
П-57	33°57.48' ю.ш.	52°26.23'	0.51	0.535	34.272	5.355	2.091	224.36		
П-58	34°23.36' ю.ш.	52°59.77'	0.45	0.340	16.155	4.59	1.305	250.19	0.270	0.044
П-59	34°50.05' ю.ш.	53°51.52'	0.47	0.605	27.072	3.76	1.034	364.44		
П-60	35°04.58' ю.ш.	54°12.08'	0.61	0.420	17.995	3.355	1.098	428.36		
П-61	35°04.55' ю.ш.	54°44.98'	0.71	0.546	22.862	5.183	1.633	392.96		
П-62	35°05.11' ю.ш.	55°09.69'	2.31	1.730	294.756	73.689	6.468	620.36		
П-63	35°04.86' ю.ш.	55°33.12'	1.21	1.468	183.315	42.471	3.993	465.77		
П-64	35°02.73' ю.ш.	55°58.12'	1.67	2.400	226.118	59.452	5.01	460.78		
П-65	35°00.77' ю.ш.	56°10.43'	6.87	6.430	1350.642	539.982	26.793	1024.29	10.050	н. о.

(~450°C) стекловолокнистые фильтры Whatman GF/F диаметром 47 мм (эффективный размер пор около 0.7 мкм) под вакуумом –0.2 атм (подробнее в [25, 33, 34]). Фильтры на общее содержание взвешенного вещества и взвешенного органического углерода высушивались на месте, а стекловолокнистый фильтр для определения содержания хлорофилла замораживался и транспортировался в Москву в контейнере с силикагелем.

Содержание взвешенного органического углерода определялось на приборе АН-7529 ИО РАН (аналитик Л.В. Демина). При пересчете органической составляющей взвеси использовался коэффициент 2 [27, 31].

Определение концентрации пигментов фитопланктона (хлорофилла “а” и феофитина “а”) проводилось флуориметрическим методом [26] с помощью флуориметра Trilogy фирмы Turner, предварительно откалиброванного на кафедре биофизики биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Содержания Si, Al, P определяли фотометрическим методом (аналитик Е.О. Золотых) [9, 11]. Литогенное вещество вычисляли как концентрацию алюминия, умноженную на 10 [28]. Для вычисления содержания аморфного кремнезема мы пользовались формулой $SiO_{2аморф} = (Si_{общ} - Al \times 2.4) \times 2.14$ из [12].

Пробы фитопланктона отбирались на дневных станциях посредством обратной фильтрации 4–5 л воды с фиксацией формалином. В дальнейшем проба повторно концентрировалась до 5–6 см³. Подсчет и измерение водорослей и микрозоопланктона проводились в счетной камере объемом 0.05 см³ под микроскопом МБИ-3 при увеличении от 210 до 420 раз [10].

Пробы взвеси изучались с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 SEM (Tescan, Чехия) с микроанализатором INCA Energy (Oxford Instruments, Великобритания) (аналитик В.А. Карлов).

Для оценки параметров поверхностного слоя океана по маршруту движения судна использовались спутниковые карты распределения взвешенного вещества и хлорофилла, построенные по данным сканера цвета морской поверхности AquaMODIS [5, 30] (рис. 2). Алгоритм, полученный в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН на основании нескольких крупных трансатлантических экспедиций, связывает коэффициент обратного рассеяния света взвесью b_{bp} , полученный на спектральных каналах 510 и 555 нм, с концентрацией взвешенного вещества: $TSM = 95b_{bp}^{0.99}$, где TSM – валовая концентрация взвеси; коэффициент корреляции между b_{bp} и TSM равен 0.92 для 169 пар определений [13, 15].

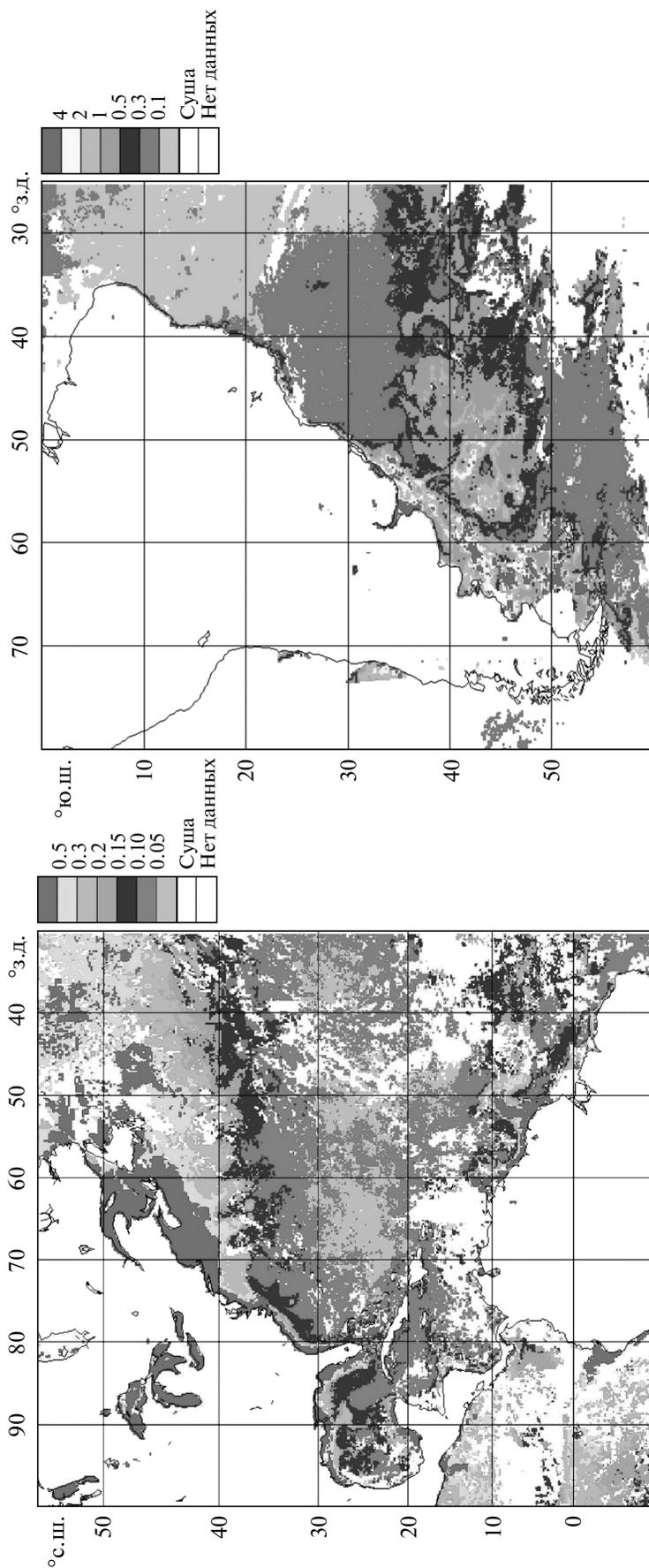


Рис. 2. Спутниковые карты распределения хлорофилла в поверхностных водах северной (слева) и южной (справа) частей Атлантического океана 10–18 октября 2008 г. и 17–21 октября 2008 г. соответственно.

Таблица 2. Численность (кл/л) и биомасса (мг/м³) фитопланктона в поверхностном слое в западной части Атлантического океана (октябрь—ноябрь 2008 г., НИС “Академик Иоффе”)

		Станции															Ла-Плата					
		северное полушарие							южное полушарие							среднее общее						
		1	4	7	10	13	16	19	20	24	27	сред.	29	32	35				40	43	46	50
Диагомеи																						
кл/л	250	60	–	100	–	–	45	–	44	–	–	110	88	30	–	–	89	616	162.8	134.18	19360	
мг/м ³	0.27	0.2	–	0.08	–	–	0.03	–	0.03	–	–	0.39	0.39	0.36	–	–	0.38	3.6	0.86	0.52	72.51	
Динофлагеллаты																						
кл/л	450	110	300	400	300	260	135	500	66	110	263	88	198	242	290	180	200	155	352	213.1	240.89	3200
мг/м ³	4.9	0.47	5.67	0.35	0.38	1.93	0.12	2.56	0.4	1.2	1.80	1.19	0.89	2.44	2.48	2.54	5.45	0.55	0.66	2.03	1.90	75.92
Цианобактерии																						
кл/л	100	–	–	–	–	40	–	22	22	44	45.6	–	–	–	800	–	–	–	–	800	171.33	–
мг/м ³	11.9	–	–	–	–	0.1	–	0.22	0.05	0.37	2.53	–	–	–	19.2	–	–	–	–	19.2	5.31	–
Кокколитофориды																						
кл/л	100	–	100	100	120	20	–	220	22	110	99	88	330	88	90	20	120	111	–	121	109.27	–
мг/м ³	0.1	–	0.05	0.05	0.29	0.01	–	0.11	0.08	0.21	0.11	0.45	0.51	0.12	0.16	0.001	0.01	0.07	–	0.19	0.15	–
СУММА																						
кл/л	900	170	400	600	420	320	180	742	154	264	415	220	638	418	1210	200	320	355	968	541.1	471.06	22560
мг/м ³	17.17	0.67	5.72	0.48	0.67	2.04	0.15	2.89	0.56	1.78	3.21	1.67	1.79	2.95	22.2	2.54	5.46	1	4.26	5.23	4.11	148.43

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные измерения проходили с севера на юг, захватывая различные биогеохимические провинции [8, 29] от Гольфстрима до Южного субтропического круговорота через тропические зоны северного и южного полушария. В целом, зафиксированные концентрации взвешенного вещества являются фоновыми для Мирового океана [12, 14, 20, 22].

Измерения начались на северо-восточной границе Гольфстрима с продуктивными прибрежными водами (рис. 1, табл. 1). В стрежне Гольфстрима значения показателя ослабления достигли максимального для северного полушария значения 0.376 м^{-1} . Концентрации взвеси в этом районе составляли 0.2 мг/л , а хлорофилла — 0.5 мкг/л (максимальные значения в открытом океане в нашем рейсе), что характеризует данный регион как мезотрофный [7].

При дальнейшем продвижении на юго-восток коэффициент ослабления света уменьшился и оставался в пределах $0.16\text{--}0.19 \text{ м}^{-1}$, а концентрации взвеси менялись, в основном, в пределах $0.08\text{--}0.14 \text{ мг/л}$. По содержанию хлорофилла эти тропические районы можно охарактеризовать как олиго- и мезотрофные.

Влияние стока р. Амазонки на изменение оптических и биохимических свойств поверхностных вод в нашей экспедиции выявить не удалось. Начиная с 5° и до 20° ю.ш., прозрачность воды определялась чистыми водами из центральной Атлантики ($\epsilon_{525} = 0.15\text{--}0.17 \text{ м}^{-1}$), которые поступали с Южным Пассатным и Бразильским течениями. Здесь воды олиготрофны, концентрации взвешенного вещества и хлорофилла невысокие.

Южнее 20° ю.ш. начинается зона смешения вод Бразильского и Фолклендского течений. Бразильское течение уходит на юго-восток, отжимается вдольбереговым, направленным на северо-восток, Фолклендским течением [23]. Оно приносит более продуктивные и холодные антарктические воды. Зона смешения отличается сильной изменчивостью поверхностной температуры ($+24^\circ \dots +28^\circ \text{C}$) и показателя ослабления света ($0.17\text{--}0.24 \text{ м}^{-1}$). Возрастает содержание взвеси и хлорофилла. Южнее 30° ю.ш. на фоне однородного по температуре поверхностного слоя прозрачность начинает уменьшаться (показатель ослабления света растет). Это связано с возрастающим влиянием выноса речного стока Параны и Уругвая, переносимого вдоль берега Фолкленд-

ским течением. Концентрация взвеси возрастает до 0.7 мг/л , растет и содержание хлорофилла.

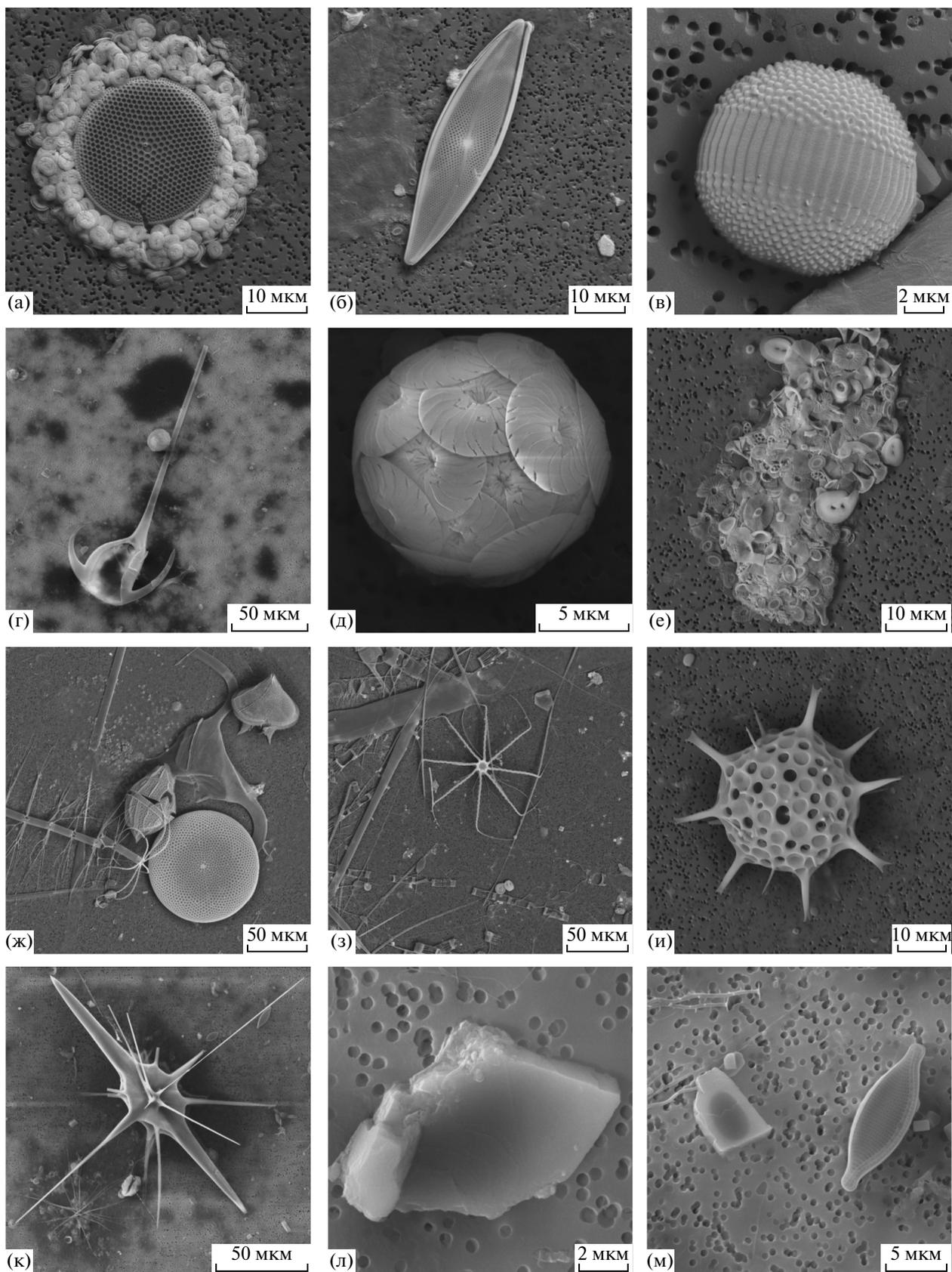
На разрезе в залив Ла-Плата прозрачность уменьшалась ($\epsilon_{525} = 1.6\text{--}1.7 \text{ м}^{-1}$), а содержание взвеси увеличивалось по мере продвижения вглубь залива и уменьшения солености вод до 6.87 мг/л . Эта зона смешения морских и речных вод (маргинальный фильтр) четко отмечается на спутниковых картах (рис. 2) и фотографиях [16]. Граница зоны меняет свое положение в зависимости от ветровых сгонов и нагонов и величины стока рек.

Изученная взвесь по своему составу была преимущественно биогенной. Содержания органического вещества во взвеси составляли от 7.9 (в открытом океане, в олиготрофных районах) до 430 мкг/л в открытой части залива Ла-Плата и 1024 мкг/л в глубине залива (табл. 1).

Содержания фосфора во взвеси поверхностного слоя Атлантики осенью 2008 г. менялись от 0.18 до 26.8 мкг/л , что соответствует средним значениям для океана [12]. Для взвешенного фосфора характерна высокая степень корреляции с органическим веществом [21, 24]. Отношение $C_{\text{орг}}/P$ варьировало от 5.8 до 245 , в среднем (для открытых областей) составляя 89 , что превышает это соотношение в планктоне.

Основным продуцентом органического вещества во взвеси является фитопланктон. Исследования фитопланктона в западной Атлантике в осенне-зимний период (для северного полушария) показали, что состав и количество планктонной флоры были весьма разнообразными (табл. 2). На фоне очень бедного фитопланктона открытых вод северного полушария выделяется только один прибрежный участок у берегов Канады (ст. 1) (рис. 3а, 3б), где численность превышает среднее значение для полушария в два раза, а биомасса в 5 раз. Основу фитопланктона в открытых водах составляли динофлагеллаты, встреченные на всех изученных (18) станциях, — характерная для умеренных и низких широт группа подвижных водорослей (рис. 3в, 3г). При этом преобладали виды тропические и космополиты. Также широко были распространены кокколитофориды (100% встречаемость) (рис. 3д, 3е). Цианобактерии имели более ограниченный, пятнистый характер распространения — максимальная численность (400 нитей/л) была отмечена на мелководной прибрежной станции у берегов Бразилии, меньшее число (100 нитей/л) найдено на самой северной станции у берегов США. На самой южной станции в водах Бразильского течения уже началось весеннее развитие фитопланктона. Здесь

Рис. 3. Микрофотографии взвешенного вещества поверхностных вод Атлантического океана: диатомовые водоросли (а) *Thalassiosira* sp. в окружении кокколитофорид; (б) *Pleurossigma* sp.; динофлагеллаты (в) *Prorocentrum* sp.; г) *Ceratium* sp.; (д–е) кокколитофориды; (ж) общий вид — *Ceratium* sp., *Protoberidinium* sp., *Coscinodiscus* sp., *Bacteriastrium* sp.; з) *Protoberidinium* sp.; радиоларии (и) *Spheroidea* sp.; (к) *Achantaria* sp.; (л–м) обломочная составляющая взвеси.



преобладали диатомеи родов *Chaetoceras* и *Bacteriastrium*, динофлагеллаты родов *Protoperedinium* и *Ceradium* (рис. 3ж, 3з). Диатомовые преобладали по численности (19360 кл/л), а динофлагеллаты — по биомассе (74.4 мг/м³).

Кроме того, при микроскопическом изучении взвеси были встречены радиолярии, тинтинниды, споры (рис. 3и, 3к). В целом, взвешенное вещество поверхностных вод западной Атлантики было биогенным, минеральные частицы встречались редко, в основном это были обломки кварца и силикатов (рис. 3л, 3м).

Содержания аморфного кремнезема на меридиональном разрезе менялось от значений ниже предела обнаружения до 252 мкг/л в заливе Ла-Плата. В северном полушарии значения не превышают первых десятков мкг/л, вероятно, поскольку основным продуцентом кремнезема является кремнийсодержащий планктон (в первую очередь, диатомовые водоросли), а период исследований отличался невысокими значениями численности и биомассы фитопланктона.

Литогенная составляющая взвеси, определенная по содержанию алюминия, изменялась от 10.6 до 35.9 мкг/л в открытом океане, увеличиваясь в заливе Ла-Плата до 5399.6 мкг/л (от 4.6 до 23 и до 78%). Эти цифры соответствуют средним данным по Атлантическому океану [12]. В распределении литогенного вещества главную роль играет циркумконтинентальная зональность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение концентраций взвешенного вещества и его состава в поверхностном слое западной части Атлантического океана в осенний период (для северных широт) показало преимущественное влияние климатической зональности, когда максимумы содержаний взвеси и ее биогенной составляющей приурочены к эвтрофным и мезотрофным районам океана, а также влияние циркумконтинентальной зональности, особенно проявившейся в распределении литогенной части взвеси.

Отдельно выделяется район залива Ла-Плата, где на порядок увеличиваются значения большинства изученных показателей. Влияние этого маргинального фильтра заметно даже на значительном расстоянии от выхода из залива.

Таким образом, попутные исследования взвеси в океане, верифицирующие спутниковые оптические исследования, позволяют расширить район исследования и получить новые сведения о формировании и переносе осадочного вещества в современном океане.

Авторы благодарят членов экипажа НИС “Академик Иоффе” и начальника экспедиции Ю.В. Кузьмина за помощь в рейсе, С.М. Шапова-

лова за поддержку работы, В.П. Шевченко, А.А. Ключиткина за критические замечания, Е.О. Золотых, Л.В. Демину, В.А. Карлова за выполнение анализов, Л.А. Паутову и Д.В. Засько за консультацию. Обработка проб выполнялась при финансовой поддержке РНФ (проект № 14-50-00095, Н.В. Политова).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А., Матюшенко В.А., Шевченко В.П. и др. Новые данные о поперечной структуре латеральных потоков взвешенного вещества по периферии Баренцева моря // Геоэкология. 1999. № 4. С. 526–540.
2. Артемьев В.А., Таскаев В.Р., Буренков В.И., Григорьев А.В. Универсальный малогабаритный измеритель вертикального распределения показателя ослабления света // Комплексные исследования Мирового океана: Проект “Меридиан”. Ч. 1. Атлантический океан. М.: Наука, 2008. С. 165–172.
3. Буренков В.И., Ведерников В.И., Ершова С.В. и др. Использование спутниковых данных сканера цвета океана SeaWiFS для оценки биооптических характеристик вод Баренцева моря // Океанология. 2001. Т. 41. № 4. С. 485–492.
4. Буренков В.И., Ершова С.В., Копелевич О.В. и др. Оценка пространственного распределения взвеси в водах Баренцева моря по данным спутникового сканера цвета океана SeaWiFS // Океанология. 2001. Т. 41. № 5. С. 653–659.
5. Буренков В.И., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Ведерников В.И. Подспутниковые измерения цвета океана: верификация спутниковых данных сканера цвета SeaWiFS // Океанология. 2000. Т. 40. № 3. С. 357–362.
6. Буренков В.И., Купцов В.М., Сивков В.В., Шевченко В.П. Пространственное распределение и дисперсный состав взвеси в море Лаптевых в августе–сентябре 1991 г. // Океанология. 1997. Т. 37. № 6. С. 920–927.
7. Ведерников В.И. Зависимость ассимиляционного числа и концентрации хлорофилла “а” от продуктивности вод в различных температурных областях Мирового океана // Океанология. 1975. Т. 15. № 4. С. 703–707.
8. Ведерников В.И., Гагарин В.И., Демидов А.Б. и др. Распределение первичной продукции и хлорофилла в субтропических и тропических водах Атлантического океана осенью 2002 г. // Океанология. 2007. Т. 47. № 3. С. 418–431.
9. Гельман Е.М., Старобина И.З. Фотометрические методы определения породообразующих элементов в рудах, горных породах и минералах. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1978. 69 с.
10. Зернова В.В. Распределение биомассы фитопланктона в атлантическом секторе Южного океана // Антарктида. 1998. Вып. 34. С. 149–154.
11. Исаева А.Б. Определение фосфора в донных отложениях фотометрическим методом // Тезисы докладов на II Всесоюз. совещании “Современные методы морских геологических исследований”. Т. 2. М.: ИО АН СССР, 1987. С. 70–71.

12. Клювиткин А.А. Формирование взвешенного осадочного вещества в поверхностных водах Атлантического океана. Дис. ... к.г.-м.н. 2009. 280 с.
13. Клювиткин А.А., Буренков В.И., Шеберстов С.В. Спутниковые методы в исследовании Атлантического океана // Природа. 2009. № 6. С. 35–39.
14. Клювиткин А.А., Зернова В.В., Кравчишина М.Д. и др. Распределение фитопланктона и взвеси в Атлантическом океане в октябре–ноябре 2002 г. // Комплексные исследования Мирового океана: Проект “Меридиан”. Ч. 1. Атлантический океан. М.: Наука, 2008. С. 270–294.
15. Копелевич О.В., Буренков В.И., Гольдин Ю.А., Шеберстов С.В. Оптический мониторинг Атлантического океана по данным спутниковых и судовых исследований // Комплексные исследования Мирового океана: Проект “Меридиан”. Ч. 1. Атлантический океан. М.: Наука, 2008. С. 150–164.
16. Ланно С.С., Морозов Е.Г., Северов Д.Н. и др. Смешение речных и морских вод в заливе Рио де ла Плата // Комплексные исследования Мирового океана: Проект “Меридиан”. Ч. 1. Атлантический океан. М.: Наука, 2008. С. 49–53.
17. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. Количественное распределение осадочного материала. М.: Наука, 1974. 438 с.
18. Лисицын А.П. Зональность природной среды и осадкообразование в океанах // Климатическая зональность и осадкообразование / Под ред. Лисицына А.П., Гершановича Д.Е. М.: Наука, 1981. С. 5–45.
19. Лисицын А.П. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // Мировой океан. Т. II. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли / Под общ. ред. Лобковского Л.И. и Нигматулина Р.И. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.
20. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Емельянов Е.М. и др. Взвешенные вещества в водах Атлантического океана // Осадконакопление в Атлантическом океане. Калининград: Калининградская правда, 1975. С. 5–199.
21. Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. Гидрооптика и взвесь арктических морей // Оптика атмосферы и океана. 2000. Т. 13. № 1. С. 70–79.
22. Лисицын А.П., Клювиткин А.А., Буренков В.И. и др. Распределение и состав взвешенного осадочного вещества на меридиональных разрезах в Атлантическом океане: прямые определения и спутниковые данные // Докл. РАН. 2015 (в печати).
23. Морозов Е.Г., Нейман В.Г., Ремесло А.В. и др. Структура и изменчивость Фолклендского течения в Южной Атлантике // Комплексные исследования Мирового океана: Проект “Меридиан”. Ч. 1. Атлантический океан. М.: Наука, 2008. С. 37–48.
24. Романкевич Е.А. Геохимия органического вещества в океане. М.: Наука, 1977. 256 с.
25. Шевченко В.П., Политова Н.В., Айбулатов Н.А. и др. Водная взвесь и ее потоки // Печорское море: Системные исследования (гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социальноэкономические проблемы). М.: Море, 2003. С. 247–262.
26. Holm-Hansen O., Riemann B. Chlorophyll *a* determination: improvements in methodology // Oikos. 1978. V. 30. P. 438–447.
27. Krishnaswami S., Sarin M.M. Atlantic surface particulates: composition, settling rates and dissolution in the deep sea // Earth and Planetary Science Letters. 1976. V. 32. P. 430–440.
28. Kuss J., Kremling K. Spatial variability of particle associated trace elements in near-surface waters of the North Atlantic (30° N/60° W to 60° N/2° W), derived by large volume sampling // Marine Chemistry. 1999. V. 68. P. 71–86.
29. Longhurst A., Sathyendranath S., Platt T., Caverhill C. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data // J. Plankton Res. 1995. V. 17. № 6. P. 1245–1271.
30. Modis Project, NASA / Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).
31. Neuer S., Freudenthal T., Davenport R. et al. Seasonality of surface water properties and particle flux along a productivity gradient off NW Africa // Deep-Sea Research II. 2002. V. 49. P. 3561–3576.
32. Politova N., Shevchenko V., Kravchishina M. Suspended particulate matter in the Russian Arctic seas // Seabed morphology of Arctic Russian shelf. New York: Nova Science Publishers, 2010. P. 73–85.
33. Politova N.V., Shevchenko V.P., Zernova V.V. Distribution, composition, and vertical fluxes of particulate matter in bays of Novaya Zemlya Archipelago, Vaigach Island at the end of summer // Advances in Meteorology. 2012. V. 2012. Article ID 259316. 15 p. doi: 10.1155/2012/259316.
34. Shevchenko V.P., Dolotov Y.S., Filatov N.N. et al. Biogeochemistry of the Kem’ River estuary, White Sea (Russia) // Hydrology and Earth System Sciences. 2005. V. 9. P. 57–66.

Distribution and Composition of the Suspended Matter at the Meridional Section in the Western Atlantic

N. V. Politova, V. A. Artem’ev, V. V. Zernova

The results of investigations of suspended particulate matter (quantitative distribution and the composition) of surface water in the Western Atlantic from temperate latitudes of northern hemisphere to the subtropics of southern hemisphere are discussed in this article. The primary influence of climatic zonality with maximums of suspended matter concentrations and of its biogenic part coincided with eutrophic and mesotrophic oceanic regions, and the influence of circumcontinental zonality, that especially shows itself in the distribution of the lithogenic part of the suspended matter were detected.