

УДК 551.464 (268.4)

*В.С. Медведев, Е.М. Потехина***ВЫНОС СОВРЕМЕННЫМИ ЛЕДНИКАМИ НОВОЙ ЗЕМЛИ ТЕРРИГЕННОГО  
ВЗВЕШЕННОГО МАТЕРИАЛА В БАРЕНЦЕВО МОРЕ**

В монографии А.П. Лисицына [1974] указывается, что о содержании взвеси во льдах и айсбергах, а также о выносе осадочного материала потоками, образующимися при таянии современных арктических ледников, данных почти нет за исключением литературных сведений о содержании взвеси в талых водах ледников Норвегии и Исландии.

Исследования, выполненные нами в 1982-1984 и 1987 гг. на НИС «Профессор Штокман» в Баренцевом и Карском морях, позволили собрать материал по количественному содержанию взвеси не только в открытой акватории, но и в бухтах западного побережья Новой Земли. Особый интерес в этом отношении представляют бухты Северного острова, представляющие собой фиорды, в вершины которых спускаются современные ледники. Указания о важной роли ледников Новой Земли в выносе терригенного материала в воды Баренцева моря, а также частичные данные по содержанию взвешенного материала в бухтах были опубликованы [*Медведев, 1987; Аксенов и др., 1987*].

В настоящей работе приводятся дополнительные материалы и делается первая попытка оценить количество выносимого современными ледниками Новой Земли взвешенного материала в воды Баренцева моря.

Современное оледенение на арктических островах занимает около 53% их площади и составляет 2040 тыс. км<sup>2</sup> [*Котляков, Кренке, 1980*]. В советском секторе самое большое оледенение, характеризующееся разнообразием ледников и ледниковых форм рельефа, наблюдается на архипелаге Новая Земля. Из общей площади более 83 тыс. км<sup>2</sup> всех островов этого архипелага около 24,3 тыс. км<sup>2</sup> занимают ледники объемом льда около 6,8 тыс. км<sup>3</sup> [*Чижев и др., 1968*].

Оледенение сосредоточено в основном на Северном острове Новой Земли и занимает площадь 22,5 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1). Из них 19 тыс. км<sup>2</sup> приходится на область покровного оледенения [*Корякин, 1962*]. На баренцевоморском побережье область покровного оледенения окаймляется горными цепями, достигающими 1000-1500 м над уровнем моря, и ледники спускаются по долинам, рассекающим эти горные цепи. На большей части побережья острова со стороны Карского моря горы отсутствуют, а ледники подступают к морю в виде выступов ледникового покрова. Различия между относительно влажной (в среднем до 300 мм осадков в год), теплой западной и сухой холодной восточной сторонами острова существенно сказываются на распределении и характере поверхностных гляциологических процессов на побережьях. Береговая линия острова со стороны Баренцева моря изрезана сильнее, чем со стороны Карского, поэтому здесь имеется много вдающихся в сушу бухт и заливов. Почти все бухты, расположенные севернее широты 74°30', имеют ледники, которые в летний период начинают таять, вынося в бухты как крупный материал, осаждающийся в их вершинах, так и более тонкий алеврито-пелитовой размерности, насыщающий прибрежные воды взвешенным материалом.



Р и с. 1. Схематическая карта современных ледников Новой Земли (по Чижову и др., 1968) и районы работ в следующих бухтах: 1 – Крестовая; 2 – Северная Сульменова; 3 – Машигина; 4 – Норденшельда; 5 – Борзова; 6 – Русская Гавань; 7 – Иностранцева; 8 – Бунге

Первые работы по изучению взвешенного вещества в юго-восточной части Баренцева моря, проведенные летом 1982 г., позволили составить схемы количественного распределения взвеси на разных глубинах, выявить основные источники поступления терригенного материала, среди которых существенная роль была отведена ледникам Новой Земли [Медведев, Потехина, 1986].

Наибольшая концентрация взвеси была отмечена у побережья Северного острова Новой Земли, однако материалов единичных станций в этом районе было недостаточно для количественного определения выноса ледниками взвешенного материала. Исследования, проведенные летом 1984 г. в восьми бухтах вдоль всего побережья Северного острова, явились по существу первыми работами по количественному изучению взвешенного материала, поступающего в воды Баренцева моря от таяния ледников Новой Земли. В каждой бухте отбор проб воды выполнялся на станциях, расположенных внутри самих бухт, ближе к их вершине, на выходе в море, в зоне смешивания вод и в открытом море (см. рис. 1). Работы, проведенные в трех из этих бухт летом 1987 г., дополнили полученные результаты и позволили провести их сравнение. Исследования взвеси 1982, 1984, 1987 гг. в бухтах Новой Земли проведены примерно в одно и то же время года по единой методике с использованием мембранных фильтров с диаметром пор 0,5 мкм [Лисицын, 1956].

Наиболее благоприятные погодные условия наблюдались в 1984 г., что связано с аномальным распределением теплых атлантических вод на север, 1982 год характеризуется тяжелой ледовой обстановкой и поздним таянием льдов, работы 1987 г. проводились при повышенной бурности моря и отрицательных температурах. Погодные условия несомненно повлияли на режим таяния ледников, на количество выносимого в бухты обломочного материала и в конечном счете на содержание взвеси в бухтах.

Содержание взвеси в толще вод заливов изменяется в очень широких пределах (табл. 1). Ее распределение связано с гидрологическими особенностями, а также определяется расстоянием от основного источника питания терригенным материалом.

Таблица 1. Содержание взвеси в бухтах Северного острова Новой Земли и прилегающих акваторий Баренцева моря (по материалам исследований разных лет)

Бухта	Год месяц	Станция	Глубина, м	Концентрация взвеси, мг/л					
				поверх- ность	дно	макси- мально	мини- мально	среднее	
								по стан- ции	по бух- те
Крестовая	1984 VII	1310*	24	6,5	5,2	6,5	5,2	5,8	4,9
		1311**	86	3,0	4,4	4,5	3,0	3,9	
		1304***	154	7,7	3,0	8,8	1,2	4,5	
		1303****	224	2,5	5,2	7,8	2,1	4,0	
Северная Сульменева	1984 VII	1312*	22	14,8	6,5	14,8	6,5	9,7	5,4
		1313**	85	3,3	0,1	5,9	0,1	2,2	
		1309***	145	—	6,1	9,2	6,1	7,6	
		1308****	214	3,3	4,7	6,5	2,6	5,0	
Машигина	1982 IX	988*	48	2,0	2,9	5,9	2,0	4,0	4,8
		989**	15	5,2	5,2	6,4	5,2	5,6	
		987***	115	2,2	5,3	10,8	0,8	4,8	
	1984 VII	1315*	34	13,2	6,7	13,5	6,7	6,7	6,0
		1314**	125	2,5	5,3	5,3	2,5	3,4	
		1320***	61	5,6	9,0	9,0	4,6	6,6	
		1319****	140	6,6	4,8	6,6	1,8	4,7	
	1987 X	2163*	18	7,8	6,2	7,8	5,1	6,4	5,5
		2167*	106	8,3	6,0	8,3	3,5	5,5	
		2164*	125	8,1	8,7	8,7	2,5	5,9	
2165**		80	5,2	4,9	6,9	3,0	4,7		
Норден- шельда	1984 VII	1322*	38	90,3	46,3	304,2	26,1	127,9	92,0
		1321**	122	113,9	12,2	113,9	2,9	49,0	
		1328***	91	7,6	5,7	7,6	4,4	6,1	
		1327****	165	7,9	2,3	7,9	2,3	4,7	
Борзова	1984 VIII	1344*	30	10,0	10,0	11,5	6,0	9,6	8,4
		1345**	148	6,7	11,8	11,8	5,5	7,1	
		1346****	128	6,6	7,2	7,2	2,2	4,9	
	1987 IX	2136*	24	6,0	12,6	59,6	8,1	24,0	12,1
		2137*	133	19,4	8,1	19,4	6,5	11,9	
2138**	118	6,3	6,8	9,1	4,2	6,2			
Русская Гавань	1984 VIII	1353*	105	92,1	17,1	152,4	17,1	67,6	40,4
		1354**	97	12,2	9,3	29,5	3,9	13,3	
		1352***	188	3,6	7,0	7,1	3,6	5,7	
		1351****	208	6,3	9,6	9,6	4,2	6,9	
Иностран- цева	1984 VII	1329*	153	16,3	7,2	17,9	7,2	12,4	12,3
		1338**	129	19,0	7,8	19,7	5,6	12,2	
		1337***	67	4,7	5,9	5,7	4,5	5,2	
		1336****	147	8,7	8,3	8,7	3,6	6,8	
	1987 IX	2142*	45	12,9	4,0	12,9	2,5	6,8	6,6
		2143**	120	3,3	7,4	10,8	3,3	6,4	
		2144***	222	10,5	8,4	10,5	2,2	6,4	
Бунге	1984 VII	1331*	70	12,4	41,4	41,4	12,4	23,4	23,4
		1330****	187	12,4	5,0	12,4	5,0	7,3	
		1332****	175	4,5	5,5	6,0	1,0	4,1	

\* У вершин бухт.

\*\* В бухтах, перед выходом в море.

\*\*\* В зоне смешивания вод.

\*\*\*\* В открытом море.

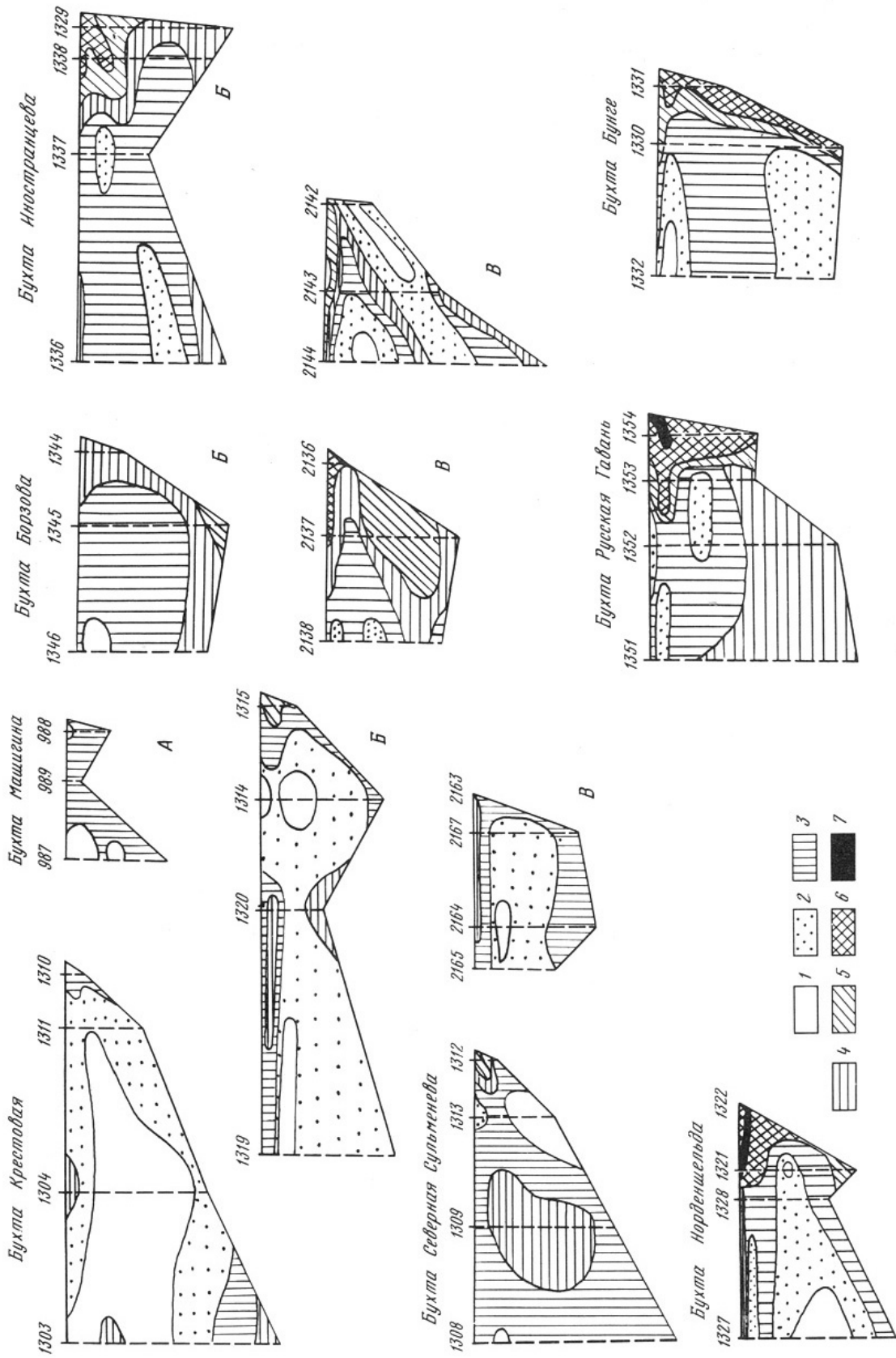
Наиболее низкие концентрации (3,0-6,5 мг/л) взвешенного материала были отмечены в бухте Крестовой, самой южной из исследуемых нами бухт, расположенной в области горного оледенения. Ледники здесь занимают преимущественно долины горных хребтов и не достигают уровня моря. В бухту впадает несколько небольших рек, которые, как и большинство рек Северного острова, питаются в основном за счет талых вод, протекающих вначале по ледяному руслу, затем среди моренных и делювиальных отложений. Вечная мерзлота, которая протаивает на глубину 50-70 см, мешает углублению реками своих русел. Чем далее на север, тем количество рек и их размеры уменьшаются.

Бухты Северная Сульменева и Машигина находятся в области оледенения, переходного от покровного к горному, причем северная граница этой области проходит в верховьях губы Машигина. Часть выводных ледников этого района спускается до уреза воды, однако протяженность ледяных берегов невелика. Первый ледник появляется в бухте Машигина-Ледянка, соединенной узким проливом непосредственно с самой губой Машигина. В этих бухтах концентрация взвеси имеет повышенное значение (до 15 мг/л). Основная концентрация продуктов речных выносов наблюдается в верхней части бухт, так как пресная речная вода, распространяясь по поверхности более тяжелой морской воды, переносит взвесь на расстояние, не превышающее нескольких сот метров. При выходе из бухты значения концентрации взвеси значительно понижаются (до 5,9 мг/л), возрастая в зоне смешивания вод (до 10,8 мг/л), где проявляется влияние более теплого и насыщенного взвесью вдольберегового потока. В эти бухты, лишенные постоянного снежного покрова, максимальное количество обломочного материала поступает в начале лета, в период интенсивного таяния ледников и наиболее полноводных рек.

Бухты Борзова, Норденшельда, Русская Гавань, Иностранцева, Бунге расположены в самой обширной области оледенения - покровного типа, которая простирается севернее условной границы, проходящей от верховьев губы Машигина до мыса Желания. Отличительной особенностью этой области является наличие огромного ледника, перекрывающего большую часть суши. Выводные ледники образуют на границе моря и суши ледяной обрыв высотой в несколько десятков метров. Краевые части ледников, спускающихся в море, отличаются сильной трещиноватостью, увеличивающейся в зависимости от рельефа подстилающего ложа. Длина морских фронтов ледников на Северном острове Новой Земли около 200 км, на каждый километр фронта приходится более 125 км<sup>2</sup> ледникового покрова, что обуславливает большие скорости и большой расход льда [*Кренке, 1982*]. При нарушении гидростатического равновесия ледников и воды, когда скорость движения ледников превышает скорость абразии морем, происходит продуцирование айсбергов, самые крупные из которых могут достигать 10-16 м над поверхностью моря и 25-30 м в поперечнике [*Каплин, 1958*].

Максимальные концентрации взвеси (127,9 мг/л) были отмечены нами в вершине бухты Норденшельда, в которую выходит самый крупный выводной ледник баренцевоморского побережья - Норденшельда, имеющий площадь 1080 км<sup>2</sup> при длине 52 км. Высокие значения концентрации взвеси наблюдаются в бухте и перед выходом в море (49,0 мг/л), однако уже в море на расстоянии менее 10 км в зоне смешивания вод они не превышают 6,1 мг/л, уменьшаясь до 4,7 мг/л в районе открытого моря. Высокие концентрации взвеси наблюдались также в вершинах бухт Русская Гавань (67,6 мг/л) и Бунге (23,4 мг/л), но уже в море ее средние значения невелики и не превышали соответственно 5,2 и 7,3 мг/л. Более низкие концентрации были зафиксированы в бухтах Борзова (8,4 мг/л - в 1984 г., 12,1 мг/л - в 1987 г.) и Иностранцева (12,3 мг/л - в 1984 г., 6,6 мг/л - в 1987 г.).

Во всех бухтах, расположенных в области покровного оледенения, где происходит интенсивное таяние ледников, спускающихся к урезу воды, где вместе с талой водой выносятся значительное количество терригенного материала, наблюдаются одинаковые закономерности его распределения. Максимальные значения (в разных бухтах от 11,5 до



Р и с. 2. Количественное содержание и распределение взвеси в водах некоторых бухт Северного острова Новой Земли. Для бухт Машина, Борзова, Иностранцева  
 А — работы в 1982 г.; Б — 1984 г.; В — 1987 г. 1-7 — концентрация взвеси, мг/л: 1 — 0-3; 2 — 3-5; 3 — 5-7; 4 — 7-10; 5 — 10-15; 6 — 15-100; 7 — более 100.  
 Цифры на рис. — номера станций



304,2 мг/л) наблюдаются в вершинах бухт, где подледниковые потоки выносят тонкоизмельченный глинистый материал («ледниковое молоко»), здесь же происходит и основное его накопление в виде светло-серого глинистого ила. Перед выходом в море концентрация взвешенного материала уменьшается, в бухтах Норденшельда, Русская Гавань в 3-5 раз, в остальных незначительно. При выходе в море в районе смешивания вод концентрация взвешенного материала на всех станциях уменьшается и колеблется в пределах от 5,2 мг/л (бухта Иностранцева) до 7,3 мг/л (бухта Бунге). В пробах воды, взятых на станциях в открытом море, концентрация взвеси колеблется в пределах 4,0-4,9 мг/л, что близко к среднему многолетнему значению для Баренцева моря, равному 5 мг/л. Исключение составляют станции 1336 и 1351, где концентрации были несколько выше - 6,8-6,9 мг/л. Полученные данные показывают, что большая часть взвешенного материала, поступающего в бухты Северного острова с твердым стоком рек и при таянии ледников, осаждается в самих бухтах, в нескольких километрах от источника и лишь очень незначительная часть выносится в открытое море.

Схемы поступления взвешенного материала в бухты Северного острова Новой Земли и особенности его распределения в толще вод представлены на рис. 2. На всех профилях можно проследить распространение пресных более насыщенных взвесью вод заливов в Баренцевом море, основной фон которого составляют воды с концентрациями 0-5 мг/л (Крестовая, Машигина, Норденшельда) и 5-7 мг/л (Северная Сульменева, Борзова, Русская Гавань, Иностранцева, Бунге). В вершинах бухт на всех горизонтах отмечаются повышенные значения взвеси, причем максимальные значения наблюдаются на глубинах 0-10 м, где идет основная разгрузка ледникового материала, за исключением бухт Борзова и Бунге, в которых наивысшие значения наблюдаются в придонных горизонтах. Крупнозернистая взвесь осаждается недалеко от источника, тонкозернистая в слое опресненных вод переносится на значительные расстояния. Опресненная вода, насыщаясь взвесью и делаясь плотнее, опускается вниз и смешивается с подстилающими водами. На глубине 25-50 м холодная и соленая вода промежуточного слоя препятствует проникновению более легких поверхностных опресненных вод на дно. Повышенное содержание взвеси в воде прослеживается в открытом море на расстоянии 25-30 км от источника поступления терригенного материала. Взвешенный материал, поступающий в бухты Крестовая, Северная Сульменева, Машигина преимущественно с твердым стоком рек, почти полностью осаждается в бухтах и его дальнейшее распространение в море не прослеживается.

Для Баренцева моря общий процесс похолодания Арктики, начавшийся с 40-х годов имел свои особенности - в 40-60-х годах наблюдалось повышение температуры воздуха и лишь в начале 60-х она стала несколько снижаться [Захаров, 1976]. По данным Чижова, Корякина [1964], Чижова и др. [1968], в этот период происходит сильное отступление ледников на Северном острове Новой Земли. Так, в период с 1933 по 1952 г. ледник Бунге сократился на 1500 м, ледник Иностранцева на 8000 м, ледник Броунова - на 5000 м и т.д. По результатам исследований, проведенных в 1930-1959 гг., сокращение площади ледникового покрова на Новой Земле составило около 430 км<sup>2</sup> [Чижов, Корякин, 1962]. По данным А.Н. Кренке [1982], общий ледниковый сток Новой Земли в этот период в пересчете на воду составил 16 км<sup>3</sup>/год. Из них 4 км<sup>3</sup> приходится на сток льда в море, в том числе около 2 км<sup>3</sup> в виде айсбергов.

В 1987 г. в бухтах Машигина-Ледянка, Борзова и Иностранцева нам удалось на катере подойти к ледникам и отобрать образцы льда, различающиеся по степени загрязнения - от прозрачных до очень темных, содержащих различное количество кластического материала. На судне в лабораторных условиях образцы льда были растоплены и вода профильтрована через мембранные фильтры.

Последующий анализ показал, что в 1 литре воды, полученной из растопленного льда, содержится в зависимости от степени его загрязнения от 0,71 до 4,29 г осадочного материала (табл. 2).

**Таблица 2. Гранулометрический состав осадочного материала, выносимого льдом с ледников Новой Земли**

Бухта	Содержание материала в 1 л растопленного льда, г/л	Содержание фракций, %				
		песчаные	алевритовые	пелитовые		
		1–0,1	0,1–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	менее 0,001
Борзова	0,71	0,26	0,26	2,92	33,16	63,40
Иностранцева	2,10	0,15	0,18	17,09	24,85	57,73
Машигина-Ледянка	4,29	8,42	1,16	15,24	24,77	40,38

Как видно из табл. 2, доля песчано-алевритовых фракций в общем количестве терригенного материала, содержащегося в ледниках, очень мала. Преобладают пелитовые фракции мельче 0,001 мм. Как правило, крупнозернистый материал осаждается на дне бухт по мере таяния льда, не поступая практически во взвесь.

По определению А.П. Лисицына [1974], под взвесью понимаются все частицы, которые имеют размеры от 0,1 мм и мельче, т.е., согласно таблице, почти весь материал, полученный нами после фильтрации растопленного льда.

Используя приведенные выше данные о ежегодном ледовом стоке ледников Новой Земли в море (4 км<sup>3</sup>) и среднее содержание терригенного материала во льдах, полученное из наших исследований (2,4 г/л), можно весьма приближенно оценить объем терригенного материала, выносимого ледниками в море и поступающего во взвесь. Эта цифра составит около 9 млн т. При этом более половины взвешенного вещества поступает в Баренцево море. Поскольку за последние годы наблюдается процесс замедления таяния ледников, эта цифра, по-видимому, практически будет несколько ниже.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аксенов А.А., Дунаев Н.Н., Ионин А.С. и др. Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время. М.: Наука, 1987. 276 с.
- Захаров В.Ф. Похолодание Арктики и ледяной покров арктических морей. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 98 с. (Тр. ААНИИ; Т. 337).
- Каплин П.А. Отступление ледников Новой Земли // Природа. 1958. № 3. С. 88-90.
- Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1978. Т. 3: Северный край, ч. 2: Новая Земля.
- Корякин В.С. Особенности движения льда и морфологии ледников в области покровного оледенения Новой Земли. М.: Межвед. геофиз. комитет // Исследование ледников и ледниковых районов. 1962. Вып. 2. С. 76-85.
- Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 232 с.
- Котляков В.М., Кренке А.Н. Роль наземного оледенения в водно-ледниковом балансе Арктики // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1980. № 4. С. 125-130.
- Лисицын А.П. Методы сбора и исследований водной взвеси для геологических целей // Тр. ИОАН СССР. 1956. Т. 19. С. 204-231.
- Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. М.: Наука, 1974. 438 с.
- Медведев В.С. Роль современных ледников как источника терригенного осадочного материала // Тез. докл. III съезда сов. океанологов. Секция "Геология, геофизика, геохимия океана: Осадочный слой, палеоокеанология". Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 165-166.

*Медведев В.С., Потехина Е.М.* Количественное распределение и особенности динамики взвеси в юго-восточной части Баренцева моря // *Океанология*. 1986. Т. 31, № 4. С. 639-645.

*Чижов О.П., Корякин В.С.* Современные изменения режима новоземельского ледяного покрова // *Материалы гляциологических исследований: Хроника. Обсуждения*. М.: Межвед. геофиз. ком. 1964. Вып. 10. С. 172-173.

*Чижов О.П., Корякин В.С., Давидович Н.В. и др.* Оледенение Новой Земли. М.: Наука, 1968. 338 с.

**Ссылка на статью:**



***Медведев В.С., Потехина Е.М.* Вынос современными ледниками Новой Земли терригенного взвешенного материала в Баренцево море // *Современные процессы осадконакопления на шельфах мирового океана*. М.: 1990. С. 103-110.**