

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И КАРБОНАТЫ В ОСАДКАХ БАРЕНЦОВА МОРЯ

Т. И. Горшкова

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Изучение органического вещества в осадках различных водоемов давно привлекает внимание исследователей, но данных по этому вопросу до настоящего времени еще очень мало; кроме того, имеющиеся анализы часто сделаны по разной методике и недостаточно полно, а потому не могут быть сравнимы.

При изучении органического вещества осадков нас интересует как общее количество его, так и природа самого вещества; однако, нужно отметить, что методика определения как качественного, так и количественного состава до сих пор еще недостаточно разработана.

По своей природе и по способу образования органическое вещество морского дна ближе всего стоит к органическому веществу почв. В почвоведческой литературе можно получить богатый материал, посвященный изучению этого вопроса, но и там еще нет точной методики, которая позволяла бы изучить полностью природу органического вещества (34).

Так как главной составной частью органического вещества почв является углерод, содержание которого достигает 58%, то в почвоведении обычно определяют содержание углерода и при умножении на 1,724 получают общее количество органического вещества или «общий гумус».

Изучение органического вещества морских осадков в большинстве случаев также сводится к определению органического углерода и общего азота, причем методика применяется та же, что и при исследовании почв; при умножении органического углерода на 1,724 получают также «гумус» или общее количество органического вещества.

Определение азота имеет важное значение не столько для изучения валового количества его, сколько для получения отношения углерода к азоту, так как на основании этого отношения можно судить о природе органического вещества: органическое вещество растительного происхождения содержит меньше азота, чем органическое вещество животного происхождения, а потому отношение C/N в первом будет больше, чем во втором. Кроме того, отношение C/N указывает на те физико-химические условия, в которых залегают тот или иной осадок.

Большое внимание вопросу об органическом веществе в осадках уделяют Петерсен и его школа (28) в связи с изучением пищи животных в датских водах. Так как эти исследования велись в мелководных водоемах, богатых зарослями *Zostera*, то при исследовании Бойсен-Иенсеном органического вещества донных отложений оказалось, что оно состоит в главной своей массе из остатков *Zostera*, на что указывает отношение углерода к пентозанам (3) и высокие числа, полученные при отношении C/N (28).

Для сравнения содержания углерода и пентозанов были исследованы *Zostera*, планктон и грунт. Отношение $\frac{\text{углерод}}{\text{пентозан}}$ в пробах *Zostera* колеблется от 3,68 до 4,70, в пробах грунта—от 5,1 до 8,6, а в пробах планктона—от 9,3 до 18. Следовательно органическое вещество осадков по отношению углерода к пентозанам близко стоит к *Zostera* и резко отличается от планктона. Содержание углерода в осадках датских вод колеблется от 0,34 до 3,06% и даже достигает 4,3 и 10,2% в илах, богатых сероводородом. Содержание азота колеблется от 0,027 до 0,16%. Отношение углерода к азоту в грунтах колеблется от 8,1 до 12,6 (28), а в *Zostera*—от 34,9 до 11,4 (3), поэтому Бойсен-Иенсен считает, что органическое вещество осадков в закрытых водоемах и фиордах почти сплошь состоит из *Zostera*, в открытых же частях моря—частично из *Zostera*, частично из планктона.

В СССР исследованием осадков пресноводных водоемов много занимался К. К. Гильзен (8, 9, 10, 11, 12). Им исследованы осадки Онежского и Ладожского озер, 19 озер б. Витебской губернии, озера Байкал и Аральского моря. Результаты исследования Онежского озера опубликованы в работе Гильзена и Гинзбурга (9). Пробы осадков были собраны на 16 станциях, причем определение гумуса сделано на всех станциях, а механический состав осадков определен на 12 станциях. К сожалению, механический анализ этих станций нельзя сравнивать с нашими данными, так как только на одной станции выделена фракция меньше 0,01 мм, на всех же остальных станциях фракция меньше 0,25 мм дальнейшему разделению не подвергалась. Чтобы иметь сравнимые с нашими данные по углероду, цифры гумуса были нами перечислены на углерод. Содержание углерода в осадках Онежского озера колеблется от 0,06 до 4,2%. При сравнении содержания углерода с глубиной и фракцией меньше 0,25 мм постоянной зависимости не наблюдается, что отмечают и сами авторы.

В осадках Ладожского озера Гильзеном (10) сделано определение гумуса на 9 станциях, определение азота—на 6 станциях, а механический состав определен (по методу Осборна) только на 3 станциях. Содержание гумуса нами было перечислено на углерод, количество которого колеблется от 0,095 до 5,37%. Содержание азота колеблется от 0,039 до 0,325%. Отношение C/N на трех мелководных станциях колеблется от 1,15 до 2,4, при содержании фракции меньше 0,01 мм в 15,78%, 4,01% и 18,12%. В глубоководных станциях отношение C/N равно 6,6 и 8,3. В работе Гильзена приведена карта распространения гумуса в осадках Ладожского озера, на которой стрелками указаны и течения. При рассмотрении этой карты ясно видно, что содержание органического вещества постепенно увеличивается от берегов по направлению к центру озера. Гильзен считает, что подобное распределение органического вещества находится в зависимости от постоянного течения, вызванного впадающими в озеро водами, которое идет с юга на север по восточному берегу, доходит до середины озера и затем опускается на юг по направлению к Неве. Отсутствие механических анализов не позволяет нам выяснить зависимость количества органического вещества от механического состава осадков.

Для озера Байкал Гильзеном (11) определено содержание гумуса в 7 образцах. Количество гумуса было перечислено нами на углерод, содержание которого колеблется от 0,78 до 1,64%. Азот определен на одной станции и содержание его равно 0,179%. Отношение углерода к азоту равно 7,7. Несмотря на то, что глубины резко колеблются (от 432 до 814 м), на содержании органического вещества это сказывается очень мало.

По данным Гильзена (12), осадки Аральского моря содержат очень мало органического вещества. Количество углерода, определенное на 15 станциях, колеблется от 0,07 до 0,43%. Количество азота определено на 2 станциях и равно 0,0187 и 0,0068%. Отношение C/N равно 6,7 и 10,6.

Гильзеном совместно с Г. Ю. Верещагиным (8) были обследованы 19 озер б. Витебской губернии. Был сделан механический анализ (по Осборну) для всех 19 станций и определено содержание гумуса. При пересчете на углерод оказалось, что содержание последнего колеблется от 0,8 до 47,9%. Получить какую-либо зави-

симость между содержанием органического углерода, глубиной и механическим составом невозможно, что отмечают и сами авторы, так как физико-химические условия в различных озерах различны. Некоторые озера содержат много органического вещества, потому что это—заболочивающиеся озера, богатые органическими остатками, которые, сгнивая, выделяют сероводород, на что указывает и черный цвет осадка. В этих озерах отлагается будущий сапропель. К сожалению, азот в этих осадках не определялся. Помимо механического и химического исследования осадков, в озерах б. Витебской губернии производился подсчет биогенных остатков в грунте, на основании которого авторы приходят к заключению, что «увеличение содержания гумуса в грунте связано с увеличением в нем остатков фитопланктона и с уменьшением остатков зоопланктона» и что «количество гумуса в грунте прямо пропорционально количеству осадочных элементов в фитопланктоне и обратно пропорционально количеству местного элемента бентической фауны».

Исследованию органического вещества в осадках Черного моря уделяет большое внимание А. Д. Архангельский (2) в связи с изучением вопроса о происхождении нефти. В своих работах акад. Архангельский приводит данные по определению органического углерода, общего азота и механического состава осадков.

Было проанализировано 15 проб, результаты которых приведены в следующей таблице.

Таблица 1
Table 1

Содержание органического вещества в осадках Черного моря
(по А. Д. Архангельскому)
Content of organic matter in the sediments of the Black Sea
(with A. D. Arkhangelskij)

Характер грунта Character of sediment	Глубина в м Depth in m.	С в % % of carbone	N в % % of nitrogen	Отношение C N The ratio C N
Мидиевый ил. Mydia mud	13	3,26	0,72	4,3
Мидиевый ил. Mydia mud	20	3,41	0,75	4,6
Фазеолиновый ил близ Карадага	85	2,16	0,54	4
Phaseoline mud near Karadag				
Фазеолиновый ил . . Phaseoline mud	175	1,51	1,36	4,2
Серая глина с черными известковыми прослойками	430	2,42	0,54	4,5
Grey clay with black lime interstrata				
Мергель. Marl	210	2,35	0,54	4,3
Серая глина. Grey clay	1 570	2,83	0,38	7,4
» » » »	880	3,47	0,48	7,23
» » » »	1 686	3,07	0,48	6,39
» » » »	2 050	1,72	0,29	5,93
» » » »	2 213	3,27	0,45	7,27
Черный ил. Black mud	—	13,53	1,16	11,66
Серая глина. Grey clay	697	3,27	0,39	8,38
Черный ил. Black mud	1 179	20,32	1,43	14,21
» » » »	1 312	17,36	1,33	13,05

Чтобы сравнить отношение углерода к азоту в осадках с таковым же отношением в планктоне, А. Д. Архангельский (2) приводит данные Брандта (5) по анализу планктона. Содержание углерода в планктоне колеблется от

14,81 до 42,82%, содержание азота — от 1,8 до 5,61%, а отношение C/N — от 6,09 до 13,3 (среднее из 9 определений равно 9,7).

Отношение C/N в осадках Черного моря очень изменчиво. На основании этих отношений А. Д. Архангельский все осадки Черного моря разделяет на три группы.

«К первой относятся отложения мелководные, мидиевый и фазеолиновый ил, а также относительно мелководные разности глубоководного ила до глубины 450—500 м. Для этой группы осадков отношение C/N равно 4—4,5, т. е. оно меньше, нежели для планктона. Ко второй группе относятся образцы типичной глубоководной серой глины с содержанием углерода до 3,5%. Здесь величина отношения C/N колеблется от 6 до 8 и, таким образом, не отличается от планктона. К третьей группе принадлежит черный ил, богатый органическим веществом, для которого отношение C/N колеблется от 11,5 до 14,2, тогда как в анализах планктона, приводимых Брандтом, наибольшее значение C/N равно 13,4».

Причину, вызывающую повышенное отношение C/N, А. Д. Архангельский объясняет следующим образом: «Уменьшение содержания азота в черном иле по сравнению с серой глиной приходится относить на большую энергию, на большую быстроту разложения органического вещества в условиях его массового и, повидимому, очень медленного накопления, какие имели место в черном иле».

Для открытой части Баренцова и Белого морей до сих пор были опубликованы наши данные лишь по содержанию углерода и азота во фракции меньше 0,01 мм (13).

Более подробное исследование было произведено нами для осадков Мотовского залива (14), где определение углерода и азота сделано на 30 станциях. Содержание углерода колеблется от 2,76 до 0,15%, содержание азота — от 0,021 до 0,36%. Отношение C/N меняется от 6,5 до 8,2; среднее для 30 станций равно 7. Цвет осадков Мотовского залива всюду зеленовато-серый. При сравнении данных, полученных для органического вещества, с механическим составом, глубиной, содержанием хлорофилла и биомассой бентоса получилась закономерная зависимость: количество органического вещества увеличивается с увеличением фракции меньше 0,01 мм. При сравнении с биомассой бентоса выяснилось, что органическое вещество увеличивается вместе с увеличением инфауны и уменьшается с увеличением эпифауны. Какой-нибудь зависимости с общим количеством биомассы бентоса не наблюдается. По отношению углерода к фракции меньше 0,01 мм удалось установить, что мелкие частицы (фракция < 0,01 мм) песчаных осадков, расположенных близ берегов, содержат больший процент углерода, чем глинистые частицы глубоководных осадков, далеко расположенных от берега. Соотношение количества углерода и количества хлорофилла показало, что органическое вещество в прибрежных участках богаче хлорофиллом, чем в глубоководных, расположенных далеко от берега.

Изучению полного химического состава органического вещества морских осадков за последнее время уделяют много внимания американские геологи. В работе Траска (31) приводятся анализы органического вещества четырех различных осадков, которые исследовались им в связи с вопросом, существует ли нефть в современных осадках.

Большого внимания заслуживает также работа Ваксмана (7), посвященная изучению распространения органического вещества в морских осадках, химической природе и происхождению морского гумуса. Распространение органического вещества изучалось им по количеству органического углерода и общего азота, и всюду вычислялось отношение этих двух величин. Необходимо отметить, что Ваксманом была применена для определения углерода иная методика чем та, которой пользовались мы при своих исследованиях: он вел определение углерода методом окисления органического вещества определенным количеством раствора Cr_2O_3 и обратным титрованием неиспользованной хромовой кислоты. Этот метод, очень удобный для определения органического вещества почв, для морских осадков

может давать преувеличенные результаты в силу того, что окисляется не только органическое вещество, но также и закисное железо. Цифры отношения углерода к азоту у Ваксмана получились выше полученных нами для осадков Баренцова моря. В работе Ваксмана приведены анализы осадков, собранные в северо-западной части Атлантического океана на больших глубинах, а также и на мелководных местах. Содержание углерода в осадках мелководных водоемов колеблется от 2,75 до 0,34% (24 станции), содержание азота—от 0,306 до 0,042%. Отношение C/N меняется от 12 до 8,5. На глубинах от 2720 до 5400 м органическое вещество определено на 4 станциях. Содержание углерода меняется от 0,456 до 0,348%, содержание азота—от 0,061 до 0,032%. Отношение C/N меняется от 11,7 до 7,5.

Изучение природы органического вещества морских осадков Ваксман вел на одном образце. Методика исследования была применена такая же, как и при исследовании почв: осадок обрабатывался щелочью, а из раствора органическое вещество осаждалось кислотой. Ваксману удалось выделить несколько фракций и подробно исследовать химическую природу каждой из них, на основании чего он приходит к выводу, что морской гумус очень сходен с почвенным, но все же несколько отличается от него; поэтому Ваксман предлагает пользоваться для пересчета углерода на органическое вещество не множителем 1,724, а 1,887. Далее Ваксман считает, что гумус образуется в морских отложениях в результате бактериального разложения растительных и животных морских остатков сухопутного и морского происхождения, и отличается гораздо меньшей способностью окисляться, чем свежие растительные и животные остатки.

2. КАРБОНАТЫ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ОСАДКАХ БАРЕНЦОВА МОРЯ

Переходя к вопросу об исследовании органического вещества в осадках Баренцова моря, необходимо отметить, что работа имела целью дать возможно более полную картину распределения органического вещества в осадках Баренцова моря, показать, в какой зависимости оно находится от различных факторов окружающей среды и по отношению углерода к азоту приблизительно установить, однородно ли это органическое вещество и к какому типу относятся осадки Баренцова моря.

Материалом послужили пробы грунта, собранные Государственным океанографическим институтом на э/с «Персей» во время 12-й, 13-й, 17-й, 19-й, 21-й, 28-й, 29-й и 36-й экспедиций с 1927 по 1931 г. и на э/с «Николай Книпович» во время 10-й и 24-й экспедиций 1930 и 1931 гг. На э/с «Персей» во время 12-й, 13-й, 17-й, 21-й и 36-й экспедиций сборы осадков были произведены мною, во время 19-й экспедиции—К. Р. Олевинским, во время 28-й экспедиции—В. П. Зенковичем и во время 29-й экспедиции—М. В. Кленовой.

На э/с «Николай Книпович» во время 10-й экспедиции осадки собраны Лютовым, а в 24-м рейсе—К. А. Рачковской.

Для исследования органического вещества в большинстве случаев был взят материал, собранный дночерпателем Петерсена в 0,25 м². Проба грунта вырезалась цилиндрической формочкой (высотой 12 см и диаметром 8 см) по возможности в том месте, где не нарушены слои осадка, заворачивалась в бумагу и высушивалась на паровом отоплении. Для анализа брались 1—5 см³. Образец в количестве 25—50 г тонко растирался в агатовой ступке и тщательно перемешивался. В пробах определялись количество гигроскопической воды, карбонатная углекислота, органический углерод и общий азот¹. Количество карбонатной углекислоты определялось обычным методом—поглощением натронной известью; углерод определялся по методу Кнопа, а азот—по методу Кьельдаля. Изменение в приборе при определении углерода состояло лишь в том, что вместо железной проволоки вставлялся кали-аппарат с раствором азотно-кислого серебра (15). Большинство определений карбонатной углекислоты и органического углерода производилось в одной пробе. Сначала определялась СО₂, а затем—углерод сжиганием хромовым ангидридом и крепкой серной

¹ Для анализа брался материал <1 мм. Частицы > 1 мм отсеивались в сите и в анализ не поступали.

Таблица 2

Table 2

Содержание органического углерода, общего азота и карбонатов в осадках Баренцова моря
Content of organic carbon, general nitrogen and carbonates in the sediments of the Barents Sea

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м Depth in m	Г р у н т Soil	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
628	69°29'	37°56'	146	Илистый песок зеленовато-серый	0,73	0,10	7	0,57	1,3
631	70°55'	37°33'	249	Песчанистый ил зеленовато-серый	0,71	0,11	6,5	0,44	1,6
637	72°39'	37°56'	245	Ил зеленовато-серый	2,21	0,32	6,9	0,39	5,6
642	74°08'	36°45'	230	Песчанистый ил зеленовато-серый	1,35	0,23	6	0,24	5,6
646	74°30'	35°27'	277	Ил зеленовато-серый	2,8	0,42	6,7	0,69	4,0
650	74°35'	32°34'	172	Песчанистый ил зеленовато-серый	1,26	—	—	1,02	1,2
652	74°01'30"	29°53'	370	Ил зеленовато-серый	2,28	0,30	7,5	0,36	6,3
654	74°57'30"	26°38'	290	Ил зеленовато-серый	2,07	0,28	7,3	0,14	14,0
655	74°45'	26°08'	296	Песчанистый ил зеленовато-серый	1,36	0,24	6	0,40	3,4
656	74°59'	26°00'	212	Песчанистый ил зеленовато-серый	2,08	0,32	6,5	0,39	5,3
662	72°00'	26°00'	290	Песчанистый ил зеленовато-серый	0,56	0,09	6,3	1,42	0,4
666	69°32'30"	32°36'30"	228	Ил зеленовато-серый	1,15	0,16	7,1	0,54	2,1
667	69°36'30"	32°13'30"	162	Ил зеленовато-серый	1,43	0,21	7	0,49	2,9
670	69°34'	32°04'	80	Ил зеленовато-серый	0,51	0,074	6,4	0,14	3,6
671	69°31'30"	32°46'30"	277	Очень песчанистый ил	1,75	0,28	5,6	0,92	1,9
673	69°30'	33°19'30"	219	Песчанистый ил зеленовато-серый	1,07	0,19	6,8	0,43	2,4
699	68°51'	42°33'	71	Илистый песок зеленовато-серый	0,34	0,05	6,8	0,58	0,6
700	68°51'30"	43°00'	56	Илистый песок зеленовато-серый	0,41	0,06	6,9	1,72	0,23
704	68°45'30"	41°06'	56	Илистый песок зеленовато-серый	0,40	0,06	7	1,23	0,32
749	69°45'30"	41°06'	140	Илистый песок зеленовато-серый	0,50	0,10	5	0,53	0,9
755	71°16'30"	41°21'	220	Песок зеленовато-серый	0,15	—	—	0,19	0,9
758	72°32'30"	41°22'	340	Ил зеленовато-серый	2,22	0,34	6,5	0,60	3,37

27,34 - 22

Продолжение табл. 2
Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в т Depth in m.	Г р у н т Soil	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
762	74°25'	41°08'	196	Илистый песок зеленовато-серый Muddy sand greenish-grey	0,97	0,14	7,0	0,18	5,3
765	74°58'	47°03'	240	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,90	0,27	7,0	0,56	3,3
766	74°26'30"	47°05'	136	Песок зеленовато-серый Sand greenish-grey	0,48	0,068	7,0	0,27	1,7
767	74°01'	47°01'	255	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	2,00	0,32	6,3	0,83	2,4
774	71°08'30"	42°14'	170	Илистый песок зеленовато-серый Muddy sand greenish-grey	0,91	0,13	7,0	0,76	1,2
776	71°00'	47°59'	141	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	0,98	0,15	6,6	0,96	1,0
782	70°30'	47°02'	119	Песок зеленовато-серый Sand greenish-grey	0,63	0,10	6,3	0,69	0,9
1015	75°0'	30°32'	370	Ил зеленоватый Mud greenish	1,77	0,29	6,1	0,68	2,8
1017	75°59'30"	30°01'	311	Песчанистый ил зеленовато-серый с камнями Sandy mud greenish-grey with stones	1,43	0,19	7,5	0,45	3,0
1024	77°27'30"	30°12'	196	Песчанистый ил коричневый с камнями Sandy mud brown with stones	0,96	0,13	7,3	0,32	3,0
1025	77°35'	31°35'	161	Песчанистый ил коричневый Sandy mud brown	1,04	0,18	6,0	0,34	3,0
1026	77°37'	34°08'	191	Ил коричневый Mud brown	1,28	0,19	6,8	0,34	3,9
1029	78°08'	35°22'	106	Песчанистый ил коричневатый Sandy mud brown	0,54	0,07	7,6	0,18	3,0
1030	78°11'	35°55'	100	Песчанистый ил коричневатый Sandy mud brown	0,76	0,096	7,9	0,21	3,6
1032	78°07'	37°50'	200	Ил коричневый Mud brown	1,28	0,19	6,8	0,34	4,6
1033	78°04'	39°05'	215	Илистый песок коричневый Muddy sand brown	0,83	0,14	6,0	0,29	3,0
1040	78°34'	35°02'	165	Песчанистый ил коричневый с камнями Sandy mud brown with stones	0,64	0,10	6,4	0,18	3,0
1042	77°31'	35°06'	193	Ил коричневый Mud brown	1,22	0,18	6,8	0,32	4,0
1043	76°58'01"	35°7'30"	103	Илистый песок с камнями Muddy sand with stones	0,39	0,08	5,0	0,17	2,0
1044	76°28'	36°16'	270	Песчанистый ил зеленовато-серый с камнями Sandy mud greenish-grey with stones	1,10	0,18	6,1	0,33	3,0
1046	76°1'30"	34°53'	256	Верх коричневый, низ зеленовато-серый; песчанистый ил Upper brown, bottom greenish-grey; sandy mud	1,75	0,20	8,7	0,45	4,0
1050	75°00'	35°05'	195	Верх коричневый, низ зеленовато-серый; песчанистый ил Upper brown, bottom greenish-grey; sandy mud	1,86	0,31	6,0	0,44	4,0

52,06-44

Продолжение табл. 2
 Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м Depth in m.	Г р у н т S o i l	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
1064	71°30'30"	34°48'	217	Илистый песок зеленовато-серый Muddy sand greenish-grey	0,49	0,07	7,0	0,38	0,9
✓ 1143	73°18'18"	21°27'36"	470	Верх желтоватый, низ серый; песчанистый ил Upper yellowish, bottom grey; sandy mud	1,46	0,2	7,3	1,21	1,2
1153	74°01'48"	22°11'	435	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; песчанистый ил Upper yellowish, bottom green- ish-grey; sandy mud	1,24	0,19	6,5	0,67	2,0
1155	74°14'30"	23°03'36"	294	Зеленовато-серый песчанистый ил Sandy mud greenish-grey	1,11	—	—	0,56	2,0
1158	74°24'30"	27°04'	400	Желтоватый песчанистый ил . Sandy mud yellowish	1,51	0,23	6,6	0,64	2,3
1159	74°26'24"	28°18'	400	Ил желтоватый (низ серый) . Mud yellowish (bottom grey)	1,92	0,27	7,0	0,83	2,3
✓ 1161	74°29'18"	30°50'	303	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; песчанистый ил Upper yellowish, bottom green- ish-grey; sandy mud	1,40	0,21	6,6	0,60	2,3
1162	74°33'	32°00'	199	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	1,31	—	—	0,87	1,5
✓ 1163	74°36'	33°00'	204	Верх желтовато-серый; песча- нистый ил Upper yellowish, bottom grey; sandy mud	1,31	0,19	6,9	0,96	1,3
1166	75°05'	32°45'	216	Верх желтоватый; низ серый, ил Upper yellowish; bottom grey; mud	1,23	0,16	7,6	1,47	0,83
1170	76°06'	30°03'	310	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	1,88	0,21	8,0	0,72	2,6
1176	75°41'30"	27°48'	248	Ил желтовато-серый Mud yellowish-grey	2,22	0,33	6,7	0,50	4,4
1179	75°03'	26°21'30"	225	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; ил Upper yellowish; bottom green- ish-grey; mud	2,41	0,36	6,7	0,48	5,0
1181	74°42'	24°26'	193	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; ил Upper yellowish; bottom green- ish-grey; mud	1,96	0,26	7,5	—	—
1189	73°28'18"	24°8'24"	411	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; ил Upper yellowish; bottom green- ish-grey; mud	1,36	0,2	6,8	0,78	1,7
1191	73°18'36"	25°35'	419	Желтоватый песчанистый ил . Yellowish sandy mud	1,00	0,18	6,0	1,04	0,9
1194	72°29'	27°22'	297	Верх желтоватый, низ зелено- вато-серый; песчанистый ил Upper yellowish; bottom green- ish; sandy mud	0,77	0,10	7,7	1,28	0,6
1198	69°17'30"	33°30'24"	200	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	0,89	0,14	6,4	0,63	1,4
1224	74°27'30"	37°42'	165	Илистый песок Muddy sand	0,83	0,15	5,6	0,38	2,1

7432-63

Продолжение табл. 2
Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м Depth in m.	Грунт Soil	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
1225	74°38'30"	37°03'	208	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,42	0,22	6,5	0,28	5,0
1228	65°14'24"	35°8'	156	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,40	0,20	7,0	0,35	4,0
1231	75°45'	33°25'	238	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,87	0,29	7,0	0,10	18,0
1237	76°44'	33°48'	125	Илистый песок коричневатый Muddy sand brownny	1,01	0,13	7,6	0,12	8,4
1239	77°16'36"	35°36'	138	Песчанистый ил коричневатый Sandy mud brownny	0,74	0,11	6,7	0,15	5,0
1241	77°48'	36°45'	132	Илистый песок коричневый . Muddy sand brown	0,43	0,06	7,1	0,00	—
1246	78°45'	39°32'	193	Ил коричневый Mud brown	0,93	0,16	6,0	0,24	4,0
1248	79°12'30"	40°54'	220	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	0,85	0,13	6,6	0,22	4,0
1251	79°36'48"	43°23'	318	Ил коричневый Mud brown	1,53	0,22	7,0	0,07	22,0
1253	79°7'12"	42°03'	370	Глинистый ил коричневый . . Clay mud brown	1,29	—	—	0,15	15,0
1255	79°18'36"	44°35'	147	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	1,12	0,18	6,3	0,16	7,0
1256	79°4'36"	44°59'	131	Илистый песок зеленовато-серый Muddy sand greenish-grey	0,51	—	—	0,09	5,6
1259	78°55'	48°52'	345	Ил коричневый Mud brown	1,54	—	—	0,07	22,0
1262	78°48'36"	52°06'	296	Ил коричневый Mud brown	1,45	0,25	6,0	0,09	16,0
1264	78°37'18"	55°20'	207	Песчанистый ил коричневый. Sandy mud brown	0,79	0,11	7,1	0,05	15,0
1530	69°30'	33°30'	275	Песчанистый ил желтоватый, низ серый Sandy mud yellowish, bottom- grey	0,86	0,12	7,1	—	—
1532	70°33'24"	33°34'	240	Песчанистый ил зеленовато-серый, низ серый Sandy mud greenish-grey, bot- tom-grey	0,77	0,11	7,0	—	—
1533	71°00'	33°30'	223	Илистый песок зеленовато-серый Muddy sand greenish-grey	0,64	0,092	7,0	0,92	0,7
1534	71°31'54"	33°44'	261	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	0,83	0,11	7,5	—	—
1535	72°00'	33°38'30"	275	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,19	0,14	8,0	0,86	1,4
1536	72°30'	33°30'	290	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,44	0,20	7,0	0,83	1,0
1537	72°59'30"	33°30'	227	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,62	0,19	8,0	—	—
1541	73°30'	33°15'	286	Песчанистый ил зеленовато-серый Sandy mud greenish-grey	1,70	0,22	7,6	—	—

144 25-26

Продолжение табл. 2
 Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м Depth in m	Грунт Soil	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
1543	74°31'	38°93'	256	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	3,12	—	—	0,73	4,2
1566	76°36'	28°19'	166	Песчанистый ил желтоватый; низ зеленовато-серый Sandy mud yellowish; bottom greenish-grey	2,00	0,27	7,4	0,5	4,0
1567	76°34'	27°08'	100	Желтоватый песчанистый ил; низ серый; ил Yellowish sandy mud; bottom grey; mud	1,05	0,15	7,0	—	—
1574	75°57'	25°40'	92	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	1,40	0,18	7,7	—	—
1577	75°26'	26°19'	178	Илистый песок зеленовато-се- рый Muddy sand greenish-grey	0,75	—	—	—	—
1578	75°10'	26°10'	170	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	1,66	0,26	6,4	—	—
✓ 1603	73°07'	46°29'	330	Ил зеленовато-серый Greenish-grey mud	2,57	0,35	7,3	—	—
1606	72°29'	48°56'	147	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	0,81	0,12	6,7	—	—
✓ 1608	73°20'	48°44'	259	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	2,93	0,36	8,0	—	—
✓ 1609	73°39'	50°01'	267	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	1,96	0,27	6,8	0,6	3,2
1611	73°22'	53°57'	37	Илистый песок зеленовато-се- рый Muddy sand greenish-grey	0,29	0,042	7,0	—	—
✓ 1614	73°39'	52°24'	109	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	0,84	0,12	7,0	—	—
1616	74°00'	52°00'	262	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	2,45	0,35	7,0	—	—
✓ 1618	73°37'	51°27'	221	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	2,09	0,27	7,7	1,17	1,7
✓ 1619	73°29'	50°56'	270	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	2,63	0,39	6,8	1,21	2,17
✓ 1620	73°18'	51°27'	165	Илистый песок зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	0,77	0,11	7,0	0,95	0,8
✓ 1623	73°04'	50°30'	199	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	1,35	0,19	7,1	0,90	1,5
✓ 1948	79°10'	60°25'	195	Песчанистый ил коричневый Sandy mud brown	0,69	0,094	7,3	—	—
✓ 1951	77°58'	65°11'30"	305	Песчанистый ил коричневый Sandy mud brown	1,09	0,16	7,0	—	—
✓ 1952	77°26'	68°26'	430	Песчанистый ил коричневый Sandy mud brown	0,94	0,15	6,2	—	—
✓ 1955	77°14'30"	64°44'	197	Песчанистый ил коричневый Sandy mud brown	1,29	0,19	6,8	—	—
✓ 1957	76°30'	61°03'	103	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	1,59	0,247	6,6	—	—
✓ 1958	76°54'42"	59°46'	244	Ил желтоватый Yellowish mud	2,36	0,34	7,0	—	—

140,98-109

Продолжение табл. 2
Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м. Depth in m.	Г р у н т S o i l	C R % % of C	N B % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ B % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
1959	77°18'	58°31'	300	Песчанистый ил коричневым Sandy mud brown	0,53 0,08	6,7	—	—	
1960	77°42'	57°09'	379	Ил коричневым Mud brown	1,47 0,22	6,7	—	—	
1961	78°25'	56°51'	163	Песчанистый ил коричневым Sandy mud brown	0,45 0,06	7,5	—	—	
1962	78°44'	55°33'	209	Песчанистый ил коричневым . Sandy mud brown	0,54 0,09	6,0	—	—	
1963	79°7'48"	53°56'30"	260	Песчанистый ил коричневым Sandy mud brown	1,41 0,20	7,0	—	—	
1964	79°40'30"	52°31'	445	Ил коричневым Mud brown	1,75 0,26	6,7	—	—	
1967	79°37'36"	48°26'	317	Ил коричневым Mud brown	1,70 0,21	8,0	—	—	
1970	79°47'	44°07'	240	Песчанистый ил коричневатый Sandy mud brown	0,95 0,13	7,2	—	—	
1971	78°17'	45°34'	260	Ил коричневым Mud brown	1,45 0,23	6,3	—	—	
1972	77°59'	46°59'	262	Песчанистый ил коричневым . Sandy mud brown	1,52 0,20	7,6	—	—	
1974	77°03'	49°35'	231	Песчанистый ил коричневым . Sandy mud brown	1,78 0,22	7,8	—	—	
1975	76°43'	49°38'	320	Песчанистый ил коричневым . Sandy mud brown	1,23 0,17	7,2	—	—	
1984	76°02'	51°37'	291	Илистый песок зеленовато-сер. Muddy sand greenish-grey	0,52 0,072	7,2	—	—	
1986	78°07'	53°59'	222	Ил серый Grey mud	1,89 0,29	6,5	—	—	
1990	74°35'	53°18'	225	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	2,83 0,43	6,6	—	—	
1991	74°33'	51°02'	134	Песчанистый ил зеленовато-се- рый Sandy mud greenish-grey	0,71 0,1,0	7,1	—	—	
1992	74°27'	48°36'	195	Илистый песок зеленовато-сер. Muddy sand greenish-grey	0,74 0,096	7,7	—	—	
1994	74°25'	47°59'	215	Илистый песок зеленовато-се- рый Muddy sand greenish-grey	0,96 0,14	7,0	—	—	
1997	74°19'	45°14'	317	Ил зеленовато-серый Mud greenish-grey	2,61 0,35	7,4	—	—	
К 122/1	76°55'	26°10'	109	Верх коричневым, низ зелено- вато-серый; ил Upper brown, bottom greenish- grey; mud	1,26 0,16	7,8	0,78	1,6	
К 122/3	77°28'	26°22'	187	Верх коричневатый, низ се- рый; песчанистый ил Upper brown, bottom grey; sand y mud	1,54 0,23	6,7	—	—	
К 122/5	78°00'	26°30'	144	Верх коричневатый, низ голу- бовато-серый; ил Upper brown, bottom bluish- grey; mud	1,68 0,23	7,3	1,53	1,1	
К 122/7	78°32'	26°45'	151	Верх желтоватый; низ зелено- вато-серый; песчанистый ил . Upper yellowish, bottom gree- nish-grey; sandy mud	1,69 0,22	7,6	—	—	
К 122/8	78°53'	25°32'	133	Верх коричневатого-серый, низ серый; ил Upper brownish-grey, bottom grey; mud	1,63 0,21	7,7	1,74	0,93	

193 22 - 133

Продолжение табл. 2
Continuation of the table 2

Станция Station	Положение станции Coordinates of the station		Глубина в м. Depth in m.	Грунт Soil	С в % % of C	N в % % of N	Отношение C/N The C/N ratio	CO ₂ в % % of CO ₂	Отношение C/CO ₂ The C/CO ₂ ratio
	N	O							
К 122/10	79°28'	28°10'	330	Верх коричневый, низ серый; ил Upper brown, bottom grey; mud	1,63	0,21	7,6	2,11	0,77
К 122/11	79°59'	33°46'	215	Ил серый Grey mud	1,45	0,23	6,3	2,10	0,70
К 122/13	80°43'	33°50'	187	Ил коричневатого-серый Brownish-grey mud	0,93	0,12	7,7	0,90	0,96
К 122/15	81°16'	35°02'	193	Ил коричневый Brown mud	0,88	0,16	5,5	1,76	0,5
К 122/19	80°34'	39°10'	185	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	0,65	0,09	7,0	—	—
К 122/22	79°44'	42°15'	340	Глинистый ил коричневый . . Clay mud brown	1,48	0,187	7,7	0,47	3,0
К 124	79°28'	42°22'	344	Глинистый ил коричневый . . Clay mud brown	1,50	0,189	7,8	—	—
К 125	79°21'30"	39°40'	301	Ил коричневый Brown mud	1,18	0,14	8,4	0,4	2,9
К 126	79°12'30"	36°54'	303	Ил коричневый Brown mud	1,66	0,23	7,2	0,62	2,6
К 127	79°04'30"	34°10'	267	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	1,30	0,17	7,6	0,6	2,1
К 471	73°42'	34°54'	261	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	1,02	0,15	6,8	—	—
К 480	78°31'	36°38'	97	Песчанистый ил розоватый . . Sandy mud pinkish	0,62	—	—	—	—
К 482	79°35'	37°26'	314	Верх коричневый, низ розова- тый; ил Upper brown, bottom pinkish; mud	1,15	0,22	5,2	—	—
К 483	80°15'	39°05'	372	Верх коричневый, низ розо- вато-серый; ил Upper brown, bottom pinkish- grey; mud	0,88	0,13	6,8	—	—
К 489	81°17'	41°43'	215	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	0,61	0,10	6,0	—	—
К 493	81°12'	34°55'	286	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	0,66	0,10	6,6	—	—
К 499	80°29'	29°40'	369	Песчанистый ил коричневый . Sandy mud brown	0,99	0,14	7,0	—	—
К 501	80°28'	31°37'	230	Ил коричневый Mud brown	1,05	0,18	6,0	—	—
К 511	78°27'	41°20'	251	Верх коричневый, низ зелено- вато-серый; песчанистый ил Upper brown, bottom greenish- grey; sandy mud	0,88	0,13	6,8	—	—
К 512	77°25'	40°55'	234	Ил коричневый, низ серый . . . Brown mud, bottom grey	0,99	—	—	—	—
К 514	76°57'	40°45'	225	Верх коричневый, низ голубо- вато-серый; ил Upper brown, bottom bluish- grey; mud	1,10	0,19	7,3	—	—
К 516	75°65'	40°28'	305	Ил розоватый Pinkish mud	1,80	0,25	7,2	—	—
К 518	74°58'	40°08'	185	Песчанистый ил зеленовато- серый Sandy mud greenish-grey	1,30	0,18	7,2	—	—
К 519	76°44'	35°39'	185	Верх коричневый, низ зелено- вато-серый; ил Upper brown, bottom greenish- grey; mud	1,68	0,23	7,3	—	—

201.19 -157

кислотой. В других случаях, когда сжигание велось $K_2Cr_2O_7$ и H_2SO_4 , определение карбонатной углекислоты велось в отдельной навеске, а при определении органического углерода CO_2 предварительно удалялась.

В табл. 2 приводится перечень станций, на которых были произведены определения¹.

Всего было сделано 157 определений органического углерода, 148 определений общего азота и 99 определений карбонатной углекислоты. Содержание углерода колеблется от 0,15 до 3,12%, содержание азота—от 0,02 до 0,42%, отношение C/N—от 5 до 8,7, причем

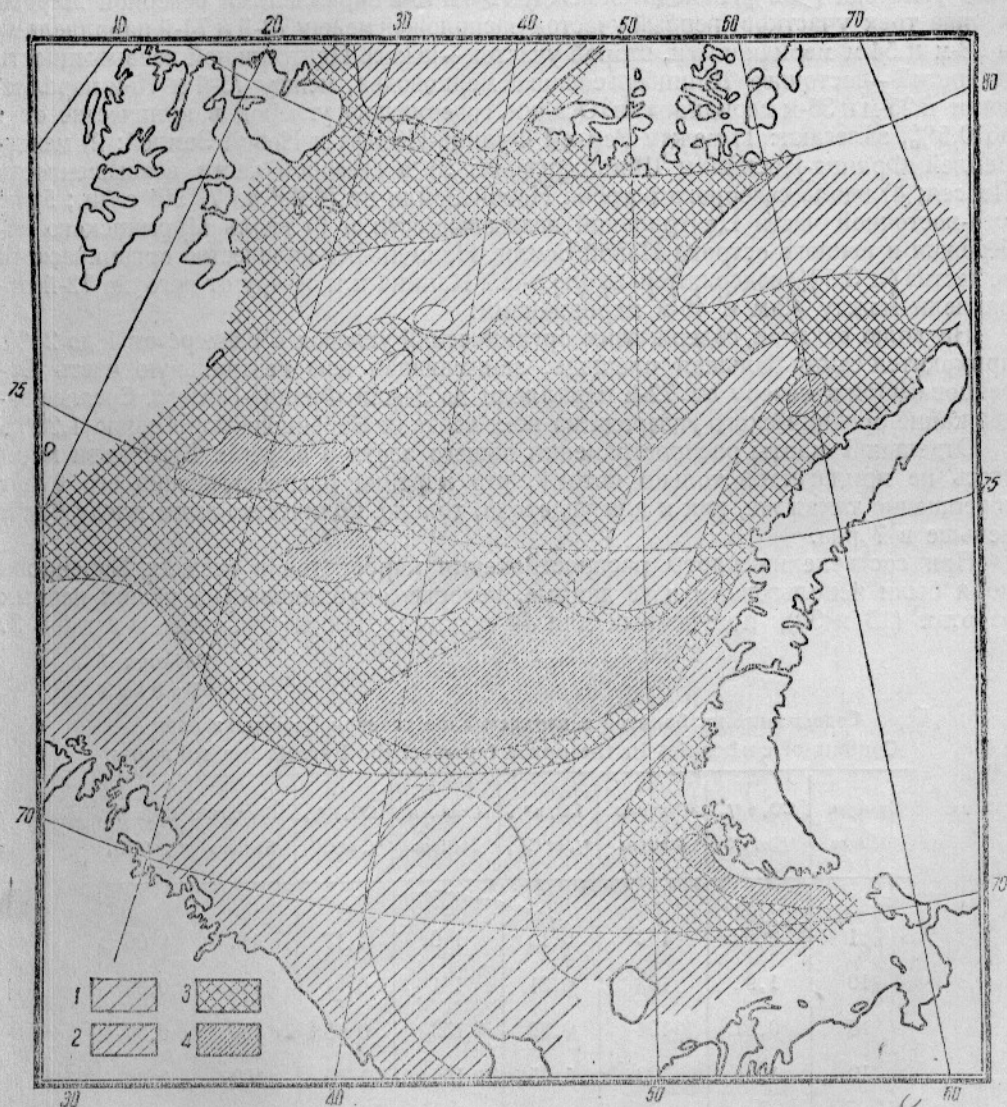


Рис. 1. Содержание органического углерода в осадках Баренцова моря. 1—до 0,5% органического углерода; 2—от 0,5 до 1%; 3—от 1,0 до 2%; 4—свыше 2%.

Fig. 1. Content of organic carbon in the sediments of the Barents Sea. 1—below 0,5% of organic carbon; 2—from 0,5 to 1%; 3—from 1,0 to 2%; 4—above 2%.

отношение меньше 6 было получено всего 5 раз, а больше 8—один раз; среднее из 148 определений равно 7. Таким образом, по отношению углерода к азоту осадки Баренцова моря близки стоят к серым глинам Черного моря (2) и более глубоководным осадкам Ладожского озера (10) и озера Байкал (11), а также к осадкам Атлантического океана, залегающим у берегов Северной Америки, исследованным Ваксманом (7). Как отмечалось выше, отношение C/N на некоторых станциях у Ваксмана выше, чем в осадках

¹ Станции э/с «Николай Книпович» обозначены буквой «К». На них орудием сбора являлась трубка Экмана, в то время как на станциях э/с «Персей»—дночерпатель.

Баренцова моря, но очень возможно, что это объясняется той методикой, которая применялась Ваксманом. Особенно резко эта разница выступает в тех случаях, когда общее количество органического вещества в осадке сравнительно невелико.

Все эти осадки отлагаются в водоемах, богатых кислородом, и резко отличаются от осадков, залегающих в условиях сероводородной среды.

Рис. 1 показывает распространение органического углерода в верхнем слое осадков Баренцова моря, где выделены участки с содержанием углерода: 1) от 3 до 2%; 2) от 2 до 1%; 3) от 1 до 0,5% и 4) меньше 0,5%. Наибольшее количество углерода (>2%) находится между 72-й и 76-й параллелями северной широты в виде трех участков: первый участок расположен между 72-й и 74-й параллелями и 38-м и 54-м меридианами, второй участок—южнее Центральной возвышенности и третий—восточнее Шпицбергенского мелководья, между 75-й и 76-й параллелями и 25-м и 35-м меридианами. Осадки, содержащие углерод в количестве от 1 до 0,5%, залегают: 1) между Землей Франца-Иосифа и Новой Землей; 2) между Землей Франца-Иосифа и Шпицбергенем; 3) в северной части возвышенности Персея; 4) вдоль северного острова Новой Земли от 74°00' до 77°30' с. ш.; 5) на юго-восточной части Центральной возвышенности и 6) вдоль Мурманского побережья и южного острова Новой Земли. Наименьшее количество органического вещества (<0,5%) содержится около п-ова Канина и к северу от него до 72-й параллели между 40-м и 45-м меридианами.

На долю осадков, содержащих органический углерод в размере от 1 до 2 %, приходится самая большая площадь, занимающая всю центральную часть Баренцова моря к северу от 72-й параллели до Земли Франца-Иосифа. Среднее содержание органического углерода во всех осадках Баренцова моря равно 1,28%.

Отдельной карты распространения общего азота в осадках Баренцова моря здесь не прилагается только потому, что картина распространения его будет совершенно такая же, как и для углерода, только количество азота всюду будет меньше в 7 раз.

При составлении карты распространения карбонатов в осадках Баренцова моря были использованы и те данные, которые опубликованы в наших первых работах (13 и 30), полученных для 44 станций. Данные эти сведены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Содержание карбонатов в верхнем слое осадков Баренцова моря
Content of carbonates in the upper layers of the Barents Sea sediments

Станции Stations	CO ₂ в ‰ ‰ of CO ₂	Станции Stations	CO ₂ в ‰ ‰ of CO ₂	Станции Stations	CO ₂ в ‰ ‰ of CO ₂	Станции Stations	CO ₂ в ‰ ‰ of CO ₂
1	2,02	102	0,15	149	1,17	187	0,06
10	1,92	103	0,31	151	0,71	188	0,36
18	0,61	104	0,89	153	0,93	189	0,39
19	1,24	122	1,75	155	1,49	190	0,40
20	0,33	124	2,02	156	1,05	193	1,93
21	0,24	129	0,50	159	1,94	239	0,58
23	0,33	130	0,84	179	0,69	260	0,92
24	0,30	133	1,20	180	0,19	315	1,4
25	0,87	136	0,96	181	0,05	317	0,73
85	0,75	144	0,87	182	0,30	318	1,50
97	0,28	145	0,40	186	0,18	372	0,79

Всего имеется 143 станции, на основании данных которых и была составлена карта распространения карбонатов в осадках Баренцова моря (рис. 2).

Содержание карбонатов в осадках Баренцова моря сравнительно очень невелико и меняется от 0 до 2,11%. Рассматривая карту, на которой указано содержание карбонатной углекислоты от 2 до 1%, от 1 до 0,5%, от 0,5 до 0,25% и меньше 0,25, можно ясно видеть, что наименьшее количество CO_2 находится в северо-восточной части Баренцова моря и в центральной части до 74 параллели. Здесь содержание CO_2 меняется от нуля до 0,3%, причем среднее для 25 станций равно 0,15%. Затем идет район с содержанием CO_2

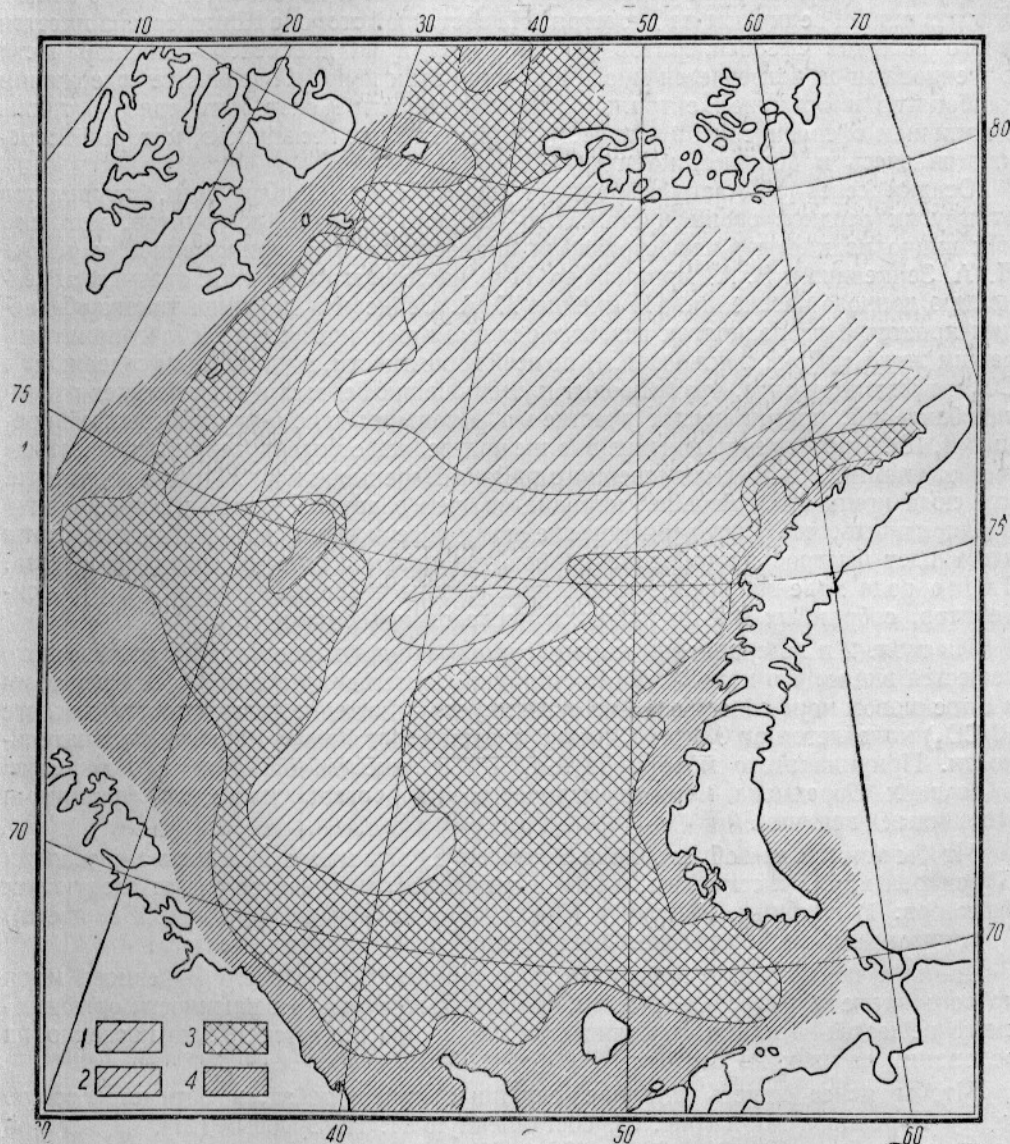


Рис. 2. Содержание карбонатной CO_2 в верхнем слое осадков Баренцова моря.
1—меньше 0,25% CO_2 ; 2—от 0,25 до 0,50%; 3—от 0,51 до 1,0%; 4—больше 1,0%.

Fig. 2. Content of carbonate CO_2 in the upper layer of the Barents Sea sediments:
1—below 0,25% CO_2 ; 2—from 0,25 to 0,50%; 3—from 0,51 to 1,0%; 4—above 1,0%.

от 0,25 до 0,5% (среднее для 30 станций равно 0,39%). Далее идут осадки, содержащие от 0,5 до 1% CO_2 (среднее для 47 станций равно 0,76%). Исключение составляет пятно на юго-западе Центральной возвышенности, на котором среднее для трех станций равно 1,15%. Наконец, к берегам Шпицбергена, Новой Земли и к материкку подходит полоса осадков, содержащая больше 1% CO_2 . Вдоль западного берега Новой Земли осадки со-

держат от 0,87 до 1,21% CO_2 (среднее из 8 определений равно 1,11%). Наибольший процент CO_2 содержится в осадках у берегов Шпицбергена, где он колеблется от 1,53 до 2,11 (среднее из 5 станций равно 1,81%).

Таким образом, количество карбонатов уменьшается от берегов Шпицбергена, Новой Земли и материка по направлению к Земле Франца-Иосифа. Как мы увидим ниже, здесь наблюдается большая связь между распространением карбонатов в осадках, характером окружающих берегов и условиями газового режима придонного слоя. Берега Новой Земли во многих местах сложены из известняков (23), которые постепенно разрушаются и переносятся в виде обломков различной величины на дно моря. На восточной стороне Шпицбергена имеется много выходов сферосидеритов (27), поэтому и на дне северо-западной части Баренцова моря встречается много обломков этих пород. Повышение содержания карбонатов в осадках Центральной возвышенности может быть связано также с наличием сферосидеритов и известково-железистых песчаников, которые встречаются здесь в большом количестве.

Осадки северной части Баренцова моря, бедные карбонатами, отличаются от других осадков своим цветом. Это—область коричневых грунтов, которая, как видно из карты распространения биомассы бентоса, приложенной к работе Л. А. Зенкевича и В. А. Броцкой во 11 ч. настоящего сборника, отличается бедностью донного населения. По мнению Л. А. Зенкевича, причина такого обеднения кроется в особенностях газового режима придонного слоя. Неблагоприятный режим этого района заключается, по всей вероятности, в увеличении содержания CO_2 в придонном слое, что приводит к уменьшению бентоса и способствует развитию бактерий, принимающих участие в образовании железо-марганцевых конкреций (4, 18). Такое предположение вполне подтверждается пониженным количеством карбонатной CO_2 в осадках северного района Баренцова моря. Трудно допустить, что сюда приносится меньше карбонатов, чем в другие участки; скорее можно предположить, что благодаря повышенному содержанию свободной углекислоты здесь идет быстрое растворение карбонатов и замещение их окислами железа. Такого рода явления были хорошо прослежены на больших обломках сферосидеритов, собранных в этом районе и исследованных нами (13).

Из табл. 2 и из сравнения карт распространения карбонатов и органического вещества видно, что какой-либо постоянной связи между этими двумя факторами в Баренцовом море совершенно не существует. Отношение углерода к углекислоте (C/CO_2) колеблется от 0,6 до 22 и не представляет закономерной последовательности. Причина этого кроется в том, что количество органического вещества в осадках Баренцова моря и количество карбонатов являются функциями различных величин.

Чтобы понять, чем обусловлено накопление органического вещества в осадках Баренцова моря, рассмотрим, в какой зависимости находится оно от следующих факторов: 1) глубины, 2) грунта (различного механического состава и цвета), 3) горизонтальных и вертикальных течений и 4) биомассы бентоса.

Данных по количественному составу планктона для всего Баренцова моря до сего времени у нас не имеется, а потому говорить о зависимости органического вещества осадков от количества планктона придется только косвенно на основании данных по бентосу.

Чтобы яснее видеть влияние глубины, приводим здесь батиметрическую карту Баренцова моря (рис. 3), составленную Н. Н. Зубовым (21), на которой имеются изобаты 100, 200, 300 и 400 м. На эту карту нанесены все станции, где определялось органическое вещество в осадках.

На глубинах до 100 м сделаны определения углерода только на 4 станциях (699, 700, 704 и 1611). Глубина колеблется от 37 до 71 м, содержание углерода от 0,29 до 0,41%, среднее—0,36%.

Район глубин от 100 до 200 м можно разбить на несколько частей.

Первая часть охватывает приновоземельское и мурманское мелководье. Здесь сделаны были следующие станции: 628, 749, 774, 776, 782, 1606, 1614, 1620, 1623, 1955, 1957, 1991 и 1994, всего 13 станций. Глубина колеблется от 103

до 199 м (средняя равна 153 м). Содержание углерода меняется от 0,50 до 1,59%; среднее равно 0,92%.

Во второй части—Центральной возвышенности—сделаны станции: 650, 792, 1050, 1162, 1166, 1167, 1224, 1225, 1228 и К518. Глубины здесь меняются от 156 до 216 м, средняя по 10 станциям равна 187 м. Содержание углерода меняется от 0,83 до 1,64%; среднее—1,32%.

Третья часть—возвышенность Персея. Здесь сделаны станции: 1024, 1025, 1026, 1029, 1030, 1032, 1040, 1042, 1043, 1237, 1239, 1241, К480 и К519. Глубины меняются от 97 до 200 м, средняя по 14 станциям равна 149 м. Содержание углерода меняется от 0,39 до 1,28%, среднее—0,88%.

В четвертой части—на Шпицбергенском мелководье (станции 1181, 1566, 1567, 1574, 1577, 1578, К122/1, К122/3, К122/5, К122/7, К122/8 и К122/13—глубины меняются от 92 до 193 м, средняя из 12 станций—150 м. Содержание углерода меняется от 0,75 до 2,00%, среднее равно 1,54%.

На мелководье у Земли Франца-Иосифа (пятая часть) сделано 7 станций: 1255, 1256, 1948, 1961, 1962, К122/15 и К122/19. Глубины меняются от 131 до 209 м (средняя равна 174 м); содержание углерода—от 0,45 до 1,12%, среднее—0,7%.

Всего на глубинах 100—200 м сделано 56 определений. Глубина колеблется от 97 до 200 м, средняя равна 162 м. Содержание углерода изменяется от 0,39 до 2%, в среднем равно 1,08%.

Станции с глубинами в 200—300 м расположены в следующих районах.

Приноземельский район включает в себе 10 станций: 765, 767, 1608, 1609, 1616, 1618, 1619, 1958, 1986 и 1990. Глубины меняются от 221 до 270 м, средняя равна 250 м. Содержание углерода меняется от 1,89 до 2,93%; среднее равно 2,26%.

Центральный район (станции 637, 642, 646, 1044, 1046, 1231 и 1543) имеет глубины от 232 до 277 м; средняя—253 м. Содержание углерода меняется от 1,10 до 3,12%, среднее равно 2,07%.

Юго-западный район (станции 631, 662, 1064, 1194, 1530, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1541 и К471) имеет глубины от 216 до 297 м, средняя—261 м. Содержание углерода меняется от 0,33 до 1,70%, среднее равно 0,95%.

Район, прилегающий к Медвежинскому мелководью (станции 654, 655, 656, 1155, 1176 и 1179), имеет глубины от 212 до 296 м, средняя—260 м. Содержание углерода меняется от 1,11 до 2,41%, среднее—2,02%.

Северный район включает в себе 17 станций: 1248, 1262, 1264, 1962, 1963, 1970, 1971, 1972, 1974, К122/11, К122/15, К127, К489, К501, К512 и К514. Глубины здесь меняются от 193 до 296 м, средняя—241 м. Содержание углерода меняется от 0,54 до 1,45%, среднее из 17 определений равно 1,17%.

Всего на глубине 200—300 м сделано 53 станции; глубины меняются от 193 до 296 м. Средняя глубина равна 263 м, причем средние глубины отдельных районов также близки между собой (250, 253, 261, 260 и 241 м). Содержание углерода меняется от 0,33 до 3,12%; среднее равно 1,53%. В различных районах среднее содержание углерода резко различно (2,26, 2,07, 0,95, 2,02 и 1,17%).

Станции с глубинами 300—400 м расположены в следующих районах. Центральная впадина (станции 758, 1603, 1997 и К516), где глубины меняются от 305 до 340 м; средняя равна 323 м. Содержание углерода меняется от 1,80 до 2,61%, среднее—2,30%.

Западный район включает в себе станции: 652, 1015, 1017, 1159, 1161 и 1170. Глубины меняются от 310 до 400 м, средняя равна 344 м. Содержание углерода меняется от 1,40 до 2,28%, среднее равно 1,78%.

Северный район (станции 1251, 1253, 1259, 1951, 1960, 1967, 1975, К122/10, К122/22, К124, К125, К126, К482 и К486) имеет глубины от 305 до 389 м, средняя равна 326 м. Содержание углерода меняется от 0,88 до 1,53%, среднее—1,42%.

Всего на глубине 300—400 м было сделано 24 станции. Глубина меняется от 301 до 400 м; средняя для всех районов—331 м. Содержание углерода меняется от 0,88 до 2,61%, среднее для трех районов—1,81%.

На глубинах больше 400 м определение углерода было сделано на следующих станциях.

Западный район (станции 1143, 1153, 1158, 1189 и 1191), где глубины меняются от 400 до 470 м, средняя—426 м. Содержание углерода меняется от 1,00 до 1,51%, среднее—1,31%.

Северный район включает станции 1952 и 1964 с глубинами 430 и 445 м и содержанием углерода 0,94 и 1,75%.

Из вышеизложенного ясно видно, что прямой зависимости между глубиной и содержанием органического углерода в Баренцовом море не наблюдается. При сравнении глубины и содержания органического вещества в отдельных районах Баренцова моря с механическим составом и цветом осадков зависимость проявляется гораздо яснее и постояннее.

По цвету осадков все Баренцово море можно разбить на 3 района:

I. Северный район, южной границей которого можно приблизительно считать параллель $76^{\circ} 30'$ с. ш.; верхний слой осадков (до 10 см) этого района окрашен в коричневый цвет, а ниже залегают зеленовато-серые и голубовато-серые осадки.

II. Западный район (к западу от 35 меридиана и к югу от 74 параллели до материка) имеет осадки, которые во влажном состоянии в верхнем слое окрашены в желтоватый цвет, а внизу—в серый и зеленовато-серый цвет; при высушении вся проба становится серой.

III. Третий район захватывает большую часть Баренцова моря, приблизительно от $76^{\circ} 30'$, с. ш. к югу до материка и от Новой Земли до вышеуказанного второго района. Верхние 1—2 см осадков этого района во влажном состоянии окрашены в слабожелтоватый цвет, ниже—в зеленовато-серый; в сухом состоянии вся проба становится зеленовато-серой.

Механический анализ осадков Баренцова моря сделан в секторе геологии моря Всесоюзного института морского рыбного хозяйства и океанографии (б. Государственный океанографический институт) по методу Осборна (22). Для 140 станций, на которых определено органическое вещество, сделан и механический анализ, данные по которому еще не опубликованы, но на основании всех анализов осадков, собранных Государственным океанографическим институтом, М. В. Кленовой составлена карта осадков Баренцова моря (24). На карте проведены линии, соединяющие станции с одинаковым содержанием мелкой фракции (0,01 мм), равным 5, 10, 30, и 50%¹. Если сравнить эту карту с картой распределения органического вещества, то на первый взгляд трудно заметить какую-либо зависимость, так как на участках с одинаковым механическим составом осадков в различных районах количество органического вещества далеко неодинаково. Если же мы будем сравнивать эти два фактора отдельно в каждом из трех вышеназванных районов, то зависимость между ними выступает очень ярко.

Все имеющиеся данные по содержанию органического углерода, расположенные по механическому составу и цвету осадков, приведены в табл. 4, где вычислены средние содержания углерода для каждого вида осадка.

Весь исследованный материал показывает, что содержание органического вещества тесно связано с механическим составом осадков в пределах каждого района Баренцова моря. В северном районе, где залегают коричневые осадки, содержание органического углерода в глинистом иле колеблется от 1,48 до 2,29%, среднее из 3 станций равно 1,78%; в иле—от 0,88 до 1,75%, среднее из 27 станций равно 1,31%; в песчанистых илах—от 0,54 до 1,69%, среднее из 25 станций равно 0,97%; в илистом песке—от 0,39 до 0,84%, среднее из 7 станций равно 0,59%.

¹ Карта приложена к работе М. В. Кленовой в настоящем сборнике.

Таблица 4

Table 4

Распределение углерода в осадках различного цвета и механического состава

Distribution of carbon in sediments of different colours and mechanical composition

Цвет осадка Colour of sediment	Название осадка Name of sediment	Станции Station	Среднее содержание С в % Average % of carbon
Коричневый Brown	Глинистый ил Clay mud	1253, К 122/22, К 124	1,78
	Ил Mud	1026, 1032, 1042, 1246, 1251, 1259, 1262, 1948, 1960, 1964, 1967, 1971, К 122/1, К 122/5, К 122/8, К 122/10, К 122/11, К 122/13, К 122/15, К 125, К 126, К 482, К 485, К 501, К 512, К 514, К 519	1,31
	Песчанистый ил Sandy mud	1024, 1025, 1029, 1030, 1040, 1239, 1248, 1255, 1264, 1951, 1952, 1955, 1962, 1963, 1970, 1972, 1974, 1975, К 122/3, К 122/7, К 127, К 480, К 489, К 493, К 511	0,97
	Илистый песок Muddy sand	1033, 1043, 1237, 1241, 1959, 1961, К 122/19	0,59
Серый Grey	Ил Mud	1181, 1189	1,66
	Песчанистый ил Sandy mud	631, 662, 1143, 1153, 1155, 1158, 1194, 1530, 1532, 1534, 1535, 1536, 1537, 1541, 1566, 1567, К 471, К 499	1,13
	Илистый песок Muddy sand	1064, 1533	0,57
Зеленовато-серый Greenish-grey	Ил Mud	646, 662, 758, 1015, 1159, 1176, 1179, 1543, 1603, 1608, 1616, 1619, 1957, 1958, 1986, 1990, 1997, К 516	2,40
	Песчанистый ил Sandy mud	637, 650, 655, 656, 765, 767, 776, 1017, 1044, 1046, 1050, 1161, 1162, 1163, 1166, 1170, 1225, 1228, 1231, 1572, 1578, 1609, 1614, 1618, 1623, 1991, К 518	1,53
	Илистый песок Muddy sand	628, 642, 699, 700, 749, 762, 774, 1224, 1256, 1620, 1984, 1992, 1994	0,71

В осадках западного района, имеющих в сухом состоянии серый цвет, количество органического углерода колеблется в иле от 1,36 до 1,96%, среднее из 2 определений равно 1,66%; в песчанистом иле—от 0,56 до 1,51%, среднее из 19 станций равно 1,1%; в илистом песке—от 0,49 до 0,64%, среднее из 3 определений равно 0,67%.

Осадки третьего района, занимающие наибольшую часть площади дна Баренцова моря и окрашенные в зеленовато-серый цвет, содержат следующие количества органического углерода: ил—от 1,59 до 3,12%, среднее из 18 станций равно 2,4%; песчанистый ил—от 0,71 до 2,21%, среднее из 29 станций равно

1,53%; илистый песок—от 0,34 до 1,35%, среднее из 14 станций равно 0,71%; песок—от 0,15 до 0,63%, среднее из 3 станций равно 0,49%.

Следовательно, больше всего органического вещества содержат осадки третьего района Баренцова моря, окрашенные в зеленовато-серый цвет. Менее богатыми являются осадки западного района Баренцова моря, по преимуществу серого цвета, и, наконец, меньше всего органического вещества содержат коричневые осадки северного района.

Чтобы выяснить зависимость между содержанием органического углерода и механическим составом, для каждой станции были вычислены отношения углерода к количеству фракции меньше 0,01 мм и умножены на 100; таким образом был вычислен процент углерода, отнесенный к мелкой фракции (рис. 4).

В табл. 5 приведены средние данные для нескольких станций, разбитых по цвету и механическому составу осадков, и приведено среднее отношение

$$\frac{C}{\text{фракция} < 0,01 \text{ мм}} \times 100.$$

Таблица 5

Table 5

Соотношение содержания углерода и механического состава осадков различных районов Баренцова моря в связи с цветом осадков (средние данные)

Interrelation between organic carbon content and mechanical composition of sediments of different regions of the Barents Sea in connection with colour of sediments (average data)

Районы Баренцова моря Regions of the Barents Sea	Цвет осадков Colour of sediments	Название осадков Name of sediments	Число станций Number of stations	Содержание С в % % of carbon	Содержание фракции < 0,01 мм в % % of fraction < 0,01 mm. C × 100	Фракция < 0,01 мм C × 100 fraction < 0,01 mm.
I	Коричневый Brown	Глинистый ил. Clay mud	3	1,78	58,0	3,0
		Ил. Mud	27	1,31	36,7	3,5
		Песчанистый ил. Sandy mud	25	0,97	20,0	4,7
			Илистый песок. Muddy sand	7	0,59	7,4
II	Серый Grey	Ил. Mud	4	1,66	34,5	4,8
		Песчанистый ил. Sandy mud	19	1,14	18,5	6,2
		Илистый песок. Muddy sand	2	0,57	7,3	8,0
III	Зеленовато-серый	Ил. Mud	18	2,4	34,0	6,8
		Песчанистый ил. Sandy mud	29	1,53	18,6	8,1
	Greenish-grey	Илистый песок. Muddy sand	14	0,71	7,21	9,8
		Песок. Sand	3	0,42	2,9	14,4

На основании этих данных построен график (рис. 5), на котором указано отношение

$$\frac{C}{\text{фракция} < 0,01 \text{ мм}} \times 100.$$

Таблица и график ясно показывают, что количество органического углерода находится в прямой зависимости от содержания фракции меньше 0,01 мм в пределах каждого района, а отношение углерода к фракции меньше 0,01 мм, умноженное на 100, является величиной обратно пропорциональной количеству мелкой фракции. В коричневых

осадках для глинистых илов $\frac{C}{\text{фракция} < 0,01 \text{ мм}} \times 100$ равно 3, для илов—3,5, для песчанистых илов—4,7 и для илистых песков—7,9. В зеленовато-серых

осадках, в илах $\frac{C}{\text{фракция} < 0,01 \text{ мм}} \times 100$ равно 6,8, в песчанистых илах—8,1,

в илистом песке—9,8 и в песках—14,4. В серых илах содержание углерода в мелкой фракции равно 4,8, в песчанистых илах—6,2 и в илистых песках—8%. Следовательно, содержание органического вещества в осадках Баренцова моря зависит не только от абсолютного количества мелкой фракции в осадке, но также и от других факторов.

Чтобы проследить зависимость между изменением содержания органического углерода и глубиной в связи с механическим составом и цветом осадков, составлена табл. 6. Все Баренцово море по цвету осадков разбито на три участка, а каждый участок, в свою очередь, разбит на районы, отличающиеся друг от друга по глубине, заключенной между определенными изобатами, проведенными на батиметрической карте.

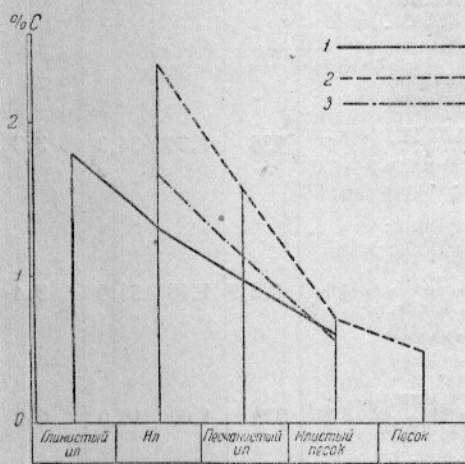


Рис. 4. Среднее содержание углерода (в %) в осадках Баренцова моря, различающихся между собой по цвету и механическому составу. 1—коричневые осадки; 2—зеленовато-серые осадки; 3—серые осадки.

Fig. 4. Average content of carbon (expressed in %) in the sediments of the Barents Sea differing in colour and mechanical composition: 1—brown sediments; 2—greenish-grey sediments; 3—grey sediments.

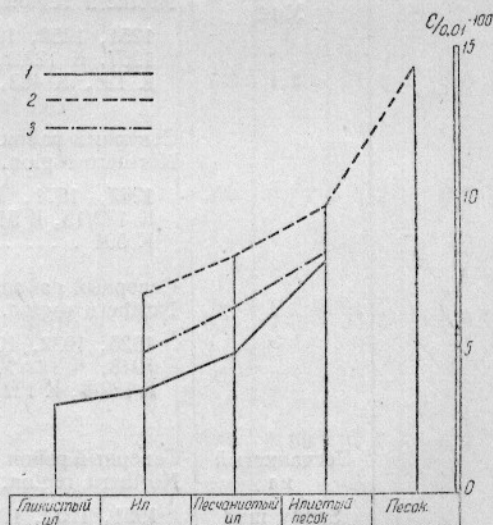


Рис. 5. Средние данные для соотношений $\frac{C \times 100}{\text{фракция} < 0,01 \text{ мм}}$ в различно окрашенных осадках. Обозначения те же, что в рис. 4.

Fig. 5. Average data for the ratio $\frac{C \times 100}{\text{fraction} < 0,01 \text{ mm}}$ in sediments of different colours. Symbols the same as in fig. 4.

Из табл. 6 мы видим, что содержание органического вещества, уменьшающееся при постепенном переходе от глинистого ила к пескам в пределах одного и того же типа осадка на различных глубинах и в разных районах, изменяется очень незначительно. Очень строгой последовательности в увеличении содержания органического вещества с глубиной нет, потому что содержание это находится в большей зависимости от содержания мелкой фракции, которое, в свою

Таблица 6

Table 6

Соотношение между органическим углеродом и механическим составом осадков на различных глубинах (средние величины из нескольких станций)

Interrelation between organic carbon and mechanical composition of sediments at different depths (Average values for several stations)

Цвет осадков Colour of sediments	Характеристика грунта Characteristic of sediment	Название районов Баренцова моря и номера станций Name of regions of the Barents Sea. Nos. of stations	Число станций No. of stations	Глубина в метрах Depth in m.	С в процентах % of carbon	Процент фракции < 0,01 мм % of fraction < 0,01 mm.	$\frac{C}{\text{фр.} < 0,01 \text{ мм}} \times 100$	$\frac{C}{\text{фр.} < 0,01 \text{ мм.}} \times 100$	
Коричневый Brown	Глинистый ил Clay mud	Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1253, К 122/22, К 124. .	3	351	1,78	58,0	3,0		
		Ил Mud	Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1251, 1259, 1960, 1964, 1967, К 122/10, К 125, К 126, К 482, К 486 . .	10	343	1,45	39,4	3,7	
		Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1262, 1971, К 122/11, К 122/15, К 512, К 514, К 501	7	236	1,28	34,3	3,2		
		Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1026, 1032, 1042, 1246, 1948, К 122/1, К 122/5, К 122/8, К 122/13, К 519	10	172,9	1,18	35,0	3,4		
	Песчанистый ил Sandy mud	Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1951, 1952, 1975	3	320	1,09	18,0	6,0		
		Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1248, 1264, 1962, 1963, 1970, 1972, 1974, К 127, К 489, К 493, К 511 . .	10	239	1,03	20,1	5,0		
		Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1024, 1025, 1029, 1030, 1040, 1239, 1255, 1955, К 122/3, К 122/7, К 480 .	11	147	0,93	19,7	4,7		
		Илистый песок Muddy sand	Северный район. Станции: Northern region. Stations: 1043, 1237, 1241, 1961, К 122/19	5	141	0,58	7,4	7,8	

Продолжение табл. 6
Continuation of the table 6

Цвет осадков Colour of sediments	Характеристика грунта Characteristic of sediment	Название районов Баренцова моря и номера станций Name of regions of the Barents Sea. Nos. of stations	Число станций No. of stations	Глубина в м Depth in m.	С в процентах % of carbon	Процент фракции <0,01 мм % of fraction <0,01 mm	С ×100 Fr. <0,01 mm	С ×100 fr. <0,01 mm.
Серый Grey	Песчанистый ил Sandy mud	Юго-западная впадина. South-western depression. Станции. Stations. 1143, 1153, 1158, 1191 .	4	431	1,31	17,2	7,7	
		Юго-западный район. South-western region. Станции. Stations. 631, 662, 11 ⁰⁴ , 1530, 1532, 1534, 1535, 1536, 1537, 1541, K471, 1155 . Мелководье у о-ва Надежды. Shallow of the «Nadezhda» island. Станции. Stations. 1566, 1567	12	270	1,04	17,5	6,0	
Зеленовато серый Greenish- grey	Илистый песок Muddy sand	Юго-западный район. South-western region. Станции. Stations. 1064, 1533	2	220	0,57	7,2	8,0	
		Центральная впадина. Central depression. Станции. Stations. 758, 1603, 1997, K516 .	4	323	2,3	33,2	6,9	
	Ил Mud	Западная впадина. Western depression. Станции. Stations. 1015, 652/1159	3	380	1,99	37,6	6,2	
		Приновоземелье. Off «Novaja Zemlja» region. Станции. Stations. 1608, 1619, 1616, 1990, 1986, 1958	6	248	2,51	37,1	6,7	
		Центральн. и западн. часть. Central and western part. Станции. Stations: 1543, 646, 1176, 1179 .	4	251	2,64	37,0	7,1	
		Песчанистый ил Sandy mud	Западная впадина. Western depression. Станции. Stations. 1017, 1161, 1170, 654, 655 .	5	302	1,63	18,9	10,4
Приновоземелье. Off «Novaja Zemlja» region. Станции. Stations. 765, 767, 1609, 1618 . .	4		246	1,99	23,3	8,5		

Продолжение табл. 6
Continuation to the table 6

Цвет осадков Colour of sediments	Характеристика грунта Characteristic of sediment	Название районов Баренцова моря и номера станций Name of regions of the Barents Sea. Nos. of stations	Число станций No. of stations	Глубина в м Depth in m.	С в процентах % of carbon	Процент фракции < 0,01 мм % of fraction < 0,01 mm.	С C	100 100
Зеленовато-серый Greenish-grey	Песчанистый ил Sandy mud	Центральная часть. Central part. Станции. Stations. 637, 1044, 1046, 1231 . .	4	252	1,8	22,8	7,9	
		Шпицбергенск. мелководье. Spitzbergen shallow. Станции. Stations. 656, 1574, 1578	3	158	1,71	24	7,1	
		Приновоземелье. Off «Novaja Zemlja» region. Станции. Stations. 776, 1606, 1614, 1623, 1991	5	146	1,18	12,6	9,4	
	Центральн. возвышенность. Central plateau. Станции. Stations. 1050, 1162, 1163, 1225, 1228, К 513	8	192	1,41	12,8	11,2		
	Илистый песок Muddy sand	Приновоземелье. Off «Novaja Zemlja» region. Станции. Stations. 749, 762, 774, 1620, 1992 1994	6	160	0,8	7,5	10,0	

очередь, зависит не столько от глубины, сколько от общей конфигурации дна и течений. В центральном районе проследить какую-нибудь определенную зависимость на зеленовато-серых осадках невозможно, так как здесь играет очень важную роль количество различных организмов, на что более подробно будет указано ниже.

Для сравнения скорости течений с распределением органического вещества в осадках Баренцова моря для каждой станции, где определено содержание органического вещества, нами были вычислены скорости течений для трех горизонтов на основании динамических карт, составленных Отделом гидрологии Государственного океанографического института (для глубины от 0 до 100 и до 200 м). Средние значения поверхностных и придонных скоростей для различных осадков приведены в табл. 7.

На основании этих средних данных составлен график (рис. 6), который показывает, что самые сильные течения имеются на серых грунтах в западном районе Баренцова моря; второе место по скорости течений занимает третий район Баренцова моря с зеленовато-серыми осадками и самые слабые течения имеются на коричневых осадках в северной части Баренцова моря.

В пределах каждого района наблюдается одна и та же зависимость между скоростью течения и механическим составом осадка; самые сильные течения

Таблица 7

Table 7

Средние скорости течений в различных районах Баренцова моря

Average rate of currents in different regions of the Barents Sea

Районы Баренцова моря Barents Sea regions	Цвет осадков Colour of sediments	Характеристика осадков Characteristics of sediments	Поверхностная скорость в см/сек. Surface rate in cm./sec.	Придонная скорость в см/сек. Bottom rate in cm./sec.
I	Коричневый Brown	Глинистый ил. Clay mud	0,7	0
		Ил. Mud	2,4	0,8
		Песчанистый ил. Sandy mud	3,0	1,05
		Илистый песок. Muddy sand	3,6	—
II	Серый Grey	Ил. Mud	3,2	—
		Песчанистый ил. Sandy mud	4,2	—
		Илистый песок. Muddy sand	6,2	—
III	Зеленовато-серый Greenish-grey	Ил. Mud	2,6	0,77
		Песчанистый ил. Sandy mud	4,0	1,9
		Илистый песок. Muddy sand	5,7	2,2

встречаются на илистых песках, слабее—на песчанистых илах и самые слабые—на илах и глинистых илах.

Скорость придонных течений во всех районах гораздо меньше, чем поверхностных, причем самая малая скорость имеется на коричневых осадках в северной области.

Сопоставление наших данных по содержанию органического вещества в осадках с данными, полученными при изучении скорости течений, является крайне необходимым потому, что течения обуславливают не только механический состав осадков, но играют очень важную роль и для развития жизни бентоса и планктона. Как отмечалось выше, в настоящий момент мы еще не имеем ни данных по химическому составу планктона, ни данных по годовой продукции его, а потому провести сравнение наших данных с планктонной жизнью Баренцова моря мы не в состоянии.

В отношении количественного учета биомассы бентоса Баренцова моря мы пользовались как работой М. С. Идельсона (21), так и рукописью Л. А. Зенкевича и В. А. Бродской (17). Благодаря любезности Л. А. Зенкевича мы имели в своем распоряжении оригинал составленной им карты распространения биомассы бентоса (17), которую весьма интересно сопоставить с нашей картой распространения органического вещества в осадках Баренцова моря (рис. 1)¹.

Пользуясь этой картой и цифровым материалом по отдельным станциям, нами были вычислены средние данные для биомассы бентоса и органического углерода в связи с различными осадками и различными глубинами (табл. 8).

¹ Пользуюсь случаем выразить свою благодарность Л. А. Зенкевичу за все те указания, которые были сделаны им при выполнении настоящей работы.

Таблица 8

Table 8

Распространение органического углерода и биомассы бентоса в связи с различными осадками и различными глубинами (средние данные из нескольких станций)

Distribution of organic carbon and benthos biomass in connection with different sediments and different depths (average data for several stations)

Районы Баренцова моря Barents Sea regions	Цвет осадков Colour of sediments	Название осадков Sedimentst	Число станций Number of stations	Глубина в м Depth in m.	Содержание С в % % of C	Содержание фракции <0,01 мм в % % of fraction <0,01 mm.	Содержание биомассы бентоса в г/м ² (по Зенкевичу) Benthos biomass in g. per sq. m. (by Zen- kevich's data)	Биомасса бентоса в г/м ² для станций, на которых определен углерод Benthos biomass in g. per sq. m. for stations where carbon was determined
I	Коричневый Brown	Глинистый ил. Clay mud	3	351	1,78	58,0	10—25	—
		Ил. Mud	27	278	1,31	36,7	{ 10, 10—25 250—50 }	—
		Песчанистый ил. Sandy mud	25	209	0,97	20,0	{ 10, 10—25 25—50 }	30
		Илистый песок. Muddy sand	7	135	0,59	7,4	{ 35—50 50—100 }	55
II	Серый Grey	Ил. Mud	2	400	1,66	34,5	{ 10 10—25 }	—
		Песчанистый ил. Sandy mud	19	310	1,14	17,7	{ 10—25 50—100 }	59
		Илистый песок. Muddy sand	2	220	0,57	7,7	{ 50—100 100—200 }	59
III	Зелено- вато-се- рый Greenish- grey	Ил. Mud	18	310	2,4	37,0	{ 25—50, 50—100 100—200 }	80
		Песчанистый ил. Sandy mud	29	213	1,53	18,0	{ 25—50, 50—100 100—200 }	90
		Илистый песок. Muddy sand	14	139	0,71	7,5	100—200	193

Рассматривая табл. 8 и составленный на основании ее данных график (рис. 7), можно заметить, что как по богатству фауны, так и по богатству органическим веществом первое место занимают зеленовато-серые осадки третьего района Баренцова моря; второе место занимает юго-западный район; самым бедным биомассой является северный район с коричневыми грунтами. Если же будем рассматривать количество биомассы бентоса в связи с механическим составом осадков и глубиной, то увидим, что количество органического вещества и мелкой фракции увеличивается с глубиной, в то время как биомасса бентоса постепенно уменьшается. Кроме того, из данных табл. 8 и карты Зенкевича видно, что в пределах одного и того же осадка количество биомассы бентоса иногда меняется.

Объяснение этим фактам можно найти в работе М. С. Идельсона (21), который рассматривает развитие биомассы бентоса Баренцова моря в зависимости от глубины, температуры и течения и считает, что количество биомассы бентоса убывает с повышением температуры и увеличением глубины. Далее он высказывает предположение, что с глубиной убывает количество органического вещества в осадках, а потому уменьшается и биомасса бентоса. Наши исследования, как мы выше видели, показали, что в Баренцовом море количество органического вещества в большинстве случаев возрастает с глубиной, если возрастает количество мелкой фракции. Но так как количество мелкой фракции зависит от течений, то на разных

глубинах могут залегать разные грунты, а отсюда и количество органического вещества в них будет разное. Ярким примером подобной зависимости может служить юго-западная часть Баренцова моря, где благодаря сильному течению на глубинах больших 400 м залегают песчанистые осадки; количество органического вещества здесь также сравнительно низкое.

Из данных табл. 8 ясно видно, что зависимость между количеством органического вещества в осадках и биомассой бентоса безусловно имеется, но не совсем прямая. Здесь приходится говорить не об отдельной станции, а о целом районе. В районах, богатых биомассой бентоса, которая распространяется обратно пропорционально глубине, накапливается и большое количество органического вещества, но не в тех же самых точках, а, наоборот, увеличиваясь с глубиной.

Согласно Л. А. Зенкевичу (19), районы так называемого «полярного фронта», в которых происходит встреча теплых и холодных вод и имеется хорошая вертикальная циркуляция, в Баренцовом море расположены близ южного острова Новой Земли и в районе Центральной возвышенности, где имеется наибольшее количество биомассы бентоса. Наибольшее количество органического вещества (содержание $C > 2\%$) содержится в зеленовато-серых илах, залегающих на больших сравнительно глубинах близ Новой Земли и в районах, расположенных южнее и западнее от Центральной возвышенности. При рассмот-

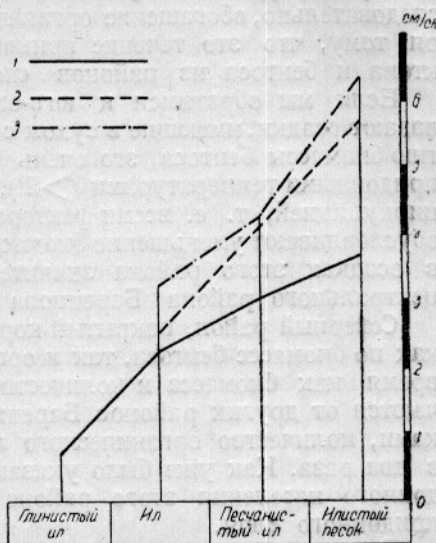


Рис. 6. Средняя скорость поверхностных течений на различных осадках в различных районах Баренцова моря. Обозначения те же, что в рис. 4.
Fig. 6. Average rate of surface currents on different parts of the Barents Sea. Symbols the same as in fig. 4.

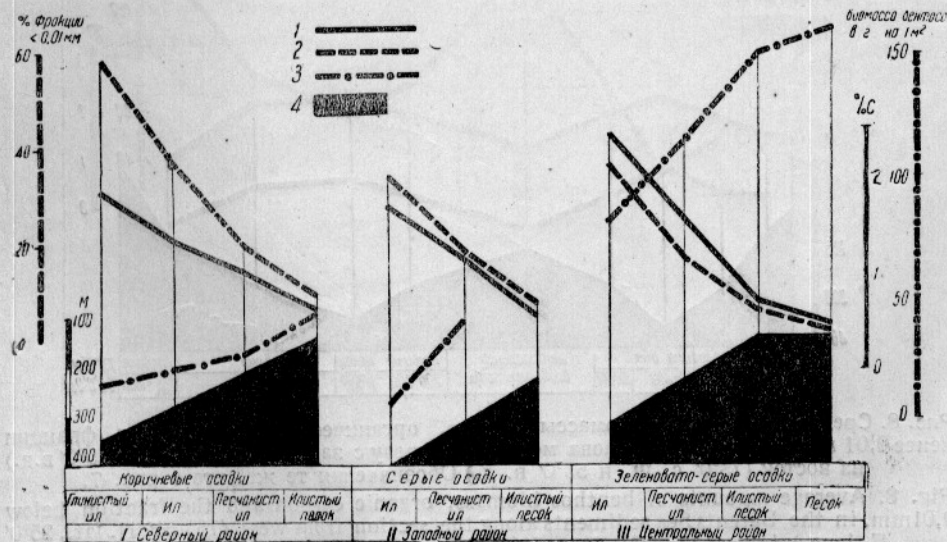


Рис. 7. Средние количества биомассы бентоса, органического углерода и фракции меньше 0,01 мм в осадках различных участков Баренцова моря. Обозначения: 1—содержание углерода в %; 2—содержание фракции < 0,01 мм в %; 3—биомасса бентоса в г/м²; 4—глубина в м.

Fig. 7. Average amounts of benthos biomass, organic carbon and the < 0,01 mm. fraction in sediments of different areas of the Barents Sea. Symbols: 1—carbon content in %; 2—the < 0,01 mm. fraction content in %; 3—benthos biomass in g./m². 4—depth in m.

трении карты течений ясно видно, что в обоих случаях течение идет от районов «полярного фронта» к указанным нами участкам с зеленовато-серыми илами; следовательно, обогащение органическим веществом может происходить благодаря тому, что это течение приносит сюда большое количество мертвого планктона и бентоса из районов «полярного фронта» (16, 19).

Если мы обратимся к юго-западному району Баренцова моря, где преобладают осадки, имеющие в сухом состоянии серый цвет, то заметим, что по развитию биомассы бентоса это очень бедный район. Он характеризуется высокими придонными температурами ($>2^\circ$), большими глубинами и плохой вертикальной циркуляцией, т. е. всеми факторами, которые, согласно М. С. Идельсону (21), обуславливают уменьшение биомассы бентоса. Количество органического вещества в осадках этого района значительно ниже, чем в зеленовато-серых осадках центрального района Баренцова моря.

Северный район, покрытый коричневыми осадками, является самым бедным как по биомассе бентоса, так и органическим веществом и карбонатами. Но в то время как биомасса и количество карбонатов этого района очень резко отличаются от других районов Баренцова моря, покрытых зеленовато-серыми осадками, количество органического вещества уменьшается здесь не больше, чем в два раза. Как уже было указано выше, Л. А. Зенкевич причину бедности донного населения этого района видит в неблагоприятном газовом режиме придонного слоя.

Во время экспедиции Государственного океанографического института на э/с «Николай Книпович» в 1932 г. А. В. Трофимову отчасти удалось доказать некоторую особенность газового режима коричневых осадков (31). Определяя окислительно-восстановительный потенциал и концентрацию водородных ионов в осадках северной области Баренцова моря, где под слоем коричневых осадков залегают зеленовато-серые и голубовато-серые осадки, А. В. Трофимов

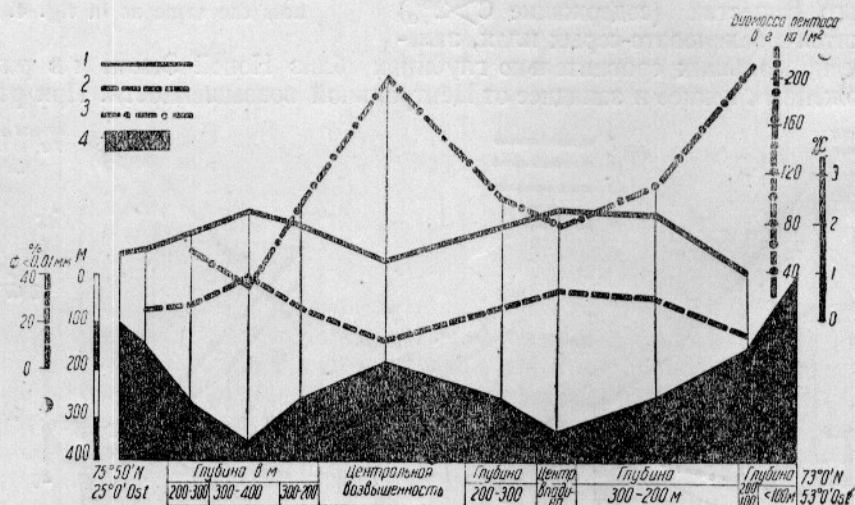


Рис. 8. Среднее количество биомассы бентоса, органического углерода и фракции менее 0,01 мм в осадках Баренцова моря по разрезу с запада (75°50' с. ш. и 25°0' в. д.) на восток (73°0' с. ш. и 53°0' в. д.). Обозначения те же, что в рис. 7.

Fig. 8. Average amounts of benthos biomass, organic carbon and the fraction below 0,01mm. in the Barents Sea sediments along the section from west (75° 50' N. lat., 25°0' E. long.) to east (73°0' N. lat., 53°0' E. long.). Symbols the same as in fig. 7.

обнаружил на некоторых станциях в области перехода от коричневых к зеленовато-серым слоям резкое понижение рН (до 6) или, другими словами, резкое повышение кислотности, которое он связывает с увеличением содержания CO_2 и считает, что его можно связать с моментами стагнации. Исследования А. В. Трофимова являются очень ценным подтверждением высказанного раньше Л. А. Зенкевичем

взгляда (16, 19) и хорошо согласуются с нашими данными по карбонатной углекислоте.

Сравнительно большой процент органического вещества в осадках свидетельствует о том, что помимо бентоса здесь, по всей вероятности, имеется и другой источник органического вещества. Таким источником могут служить планктон и бактериальная жизнь, так как район этот богат железомарганцевыми конкрециями, в образовании которых бактерии, по всей вероятности, играют большую роль. За возможность участия бактерий в накоплении органического вещества в осадках вполне определенно высказывается Ваксман в вышеупомянутой работе (7).

Более яркую картину распространения органического вещества в осадках Баренцова моря в зависимости от различных факторов дают составленные нами два разреза, пересекающие все Баренцово море с запада на восток и с севера на юг. Первый разрез (рис. 8) проходит почти по 74-й параллели от 75°50' с. ш. и 25°00' в. д. до Новой Земли. На разрезе указаны средние данные для глубины, фракции <0,01 мм, содержание органического углерода и биомасса бентоса в г/м².

Рис. 8 наглядно показывает, что количество углерода изменяется почти параллельно изменению количества фракции <0,01 мм и строго согласуется с глубиной, количество же биомассы изменяется обратно пропорционально глубине, а следовательно, и количеству углерода и фракции <0,01 мм. Так как этот разрез проходит полностью в одной области, а именно — зеленовато-серых осадков, выделенных нами как третий район, то зависимость между всеми величинами всюду сказывается весьма ясно.

Таблица 9

Table 9

Содержание биомассы бентоса, органического углерода и фракции <0,01 мм в Баренцовом море по разрезу с запада на восток (средние данные из нескольких станций)
Content of benthos biomass, organic carbon and the <0.01 mm. fraction in the Barents Sea along the section from West to East (average data for several stations)

Районы между изобатами Areas between isobates	Число станций Number of stations	Глубина в м Depth in m.	Содержание С в % % of carbon	Содержание фракции <0,01 мм в % % of fraction <0,01 mm.	Содержание биомассы бентоса в г/м ² Benthos biomass in g. per sq. m.
100—200 м	12	150	1,54	25,7	—
200—300 м	6	260	2,02	31,0	59
300—400 м	5	427	1,31	20,5	12
300—200 м	7	255	2,07	25,6	99
Центральная возвышенность. Central plateau.	10	187	1,32	12,1	196
200—300 м	7	253	2,07	35,6	99
Центральная впадина. Central depression . .	4	323	2,25	33,2	80
300—200 м	11	250	2,26	29,6	114
200—100 м	13	153	0,92	13,2	204

На основании этих данных составлен график, изображенный на рис. 9.

Так как этот разрез пересекает Баренцово море в различных участках, отличающихся между собой по физико-химическим условиям, по количеству биомассы бентоса и по свойствам осадков, то зависимость между приведенными величинами здесь гораздо сложнее, чем мы видели в первом разрезе. Кривые, выражающие количество углерода и мелкой фракции, пересекаются при переходе от коричневых к зеленовато-серым осадкам и очень близко сходятся в области серых осадков в силу того, что отношение между этими двумя величинами различно в каждом из трех вышеуказанных районов Баренцова моря.

Второй разрез проходит с севера на юг (от 80°00' с. ш. и 40°00' в. д. до 70°33' с. ш. и 33°34' в. д.). Для составления его были взяты средние данные нескольких станций, приведенные в табл. 10.

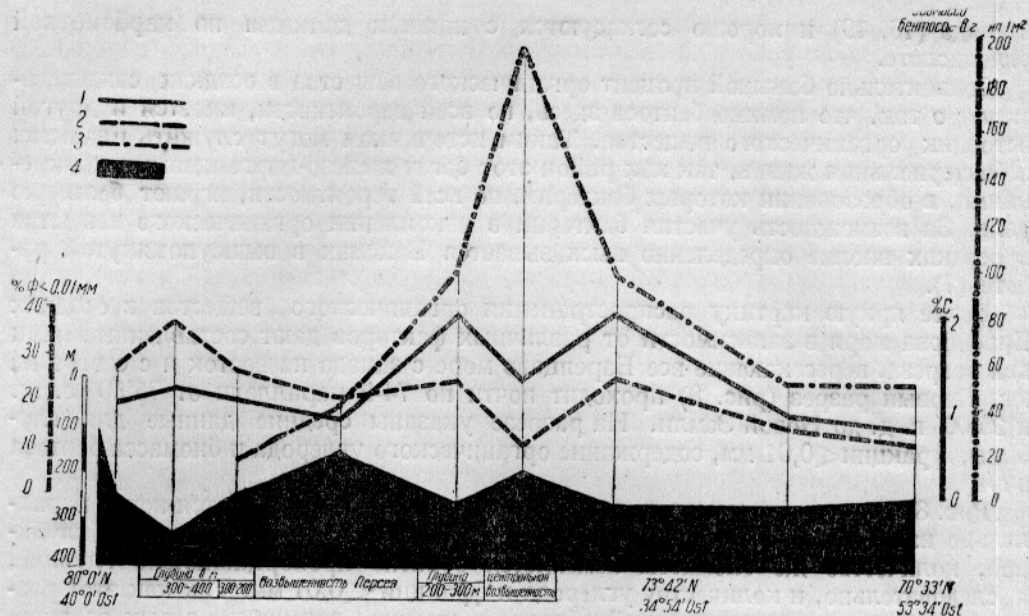


Рис. 9. Средние количества биомассы бентоса, органического углерода и фракции $<0,01\text{ мм}$ в осадках Баренцова моря по разрезу с севера ($80^{\circ}0'$ с. ш. и $40^{\circ}0'$ в. д.) на юг ($70^{\circ}33'$ с. ш. и $33^{\circ}34'$ в. д.). Обозначения те же, что в рис. 7.

Fig. 9. Average amounts of benthos biomass, organic carbon and the $<0,01\text{ mm}$. fraction in the Barents Sea sediments along the section from North ($80^{\circ}0'$ N. and $40^{\circ}0'$ East) to the South ($70^{\circ}33'$ N. and $33^{\circ}34'$ East). Symbols the same, as in fig. 7.

Таблица 10

Table 10

Содержание биомассы бентоса, органического углерода и фракции $<0,01\text{ мм}$ в Баренцовом море по разрезу с севера на юг (средние данные из нескольких станций)

Content of benthos biomass, organic carbon and fraction $<0,01\text{ mm}$. in the Barents Sea along the section from North to South (average data for several stations)

Районы между изобатами Areas between isobates	Число станций Number of stations	Глубина в м Depth in m.	Содержание С в % % of carbon	Содержание фракции $<0,01\text{ мм}$ в % % of fraction $<0,01\text{ мм}$.	Содержание биомассы бентоса в г/м ² Benthos biomass in g. per 1 sq. m.
200—300 м	22	241	1,17	27,7	—
300—400 м	14	326	1,42	38,4	—
300—200 м	23	241	1,17	27,7	16
Возвышенность Персея. «Persey» plateau	14	149	0,88	22,23	39,7
200—300 м	7	253	2,07	25,6	99,0
Центральная возвышенность. Central plateau	10	187	1,32	12,1	195
200 м—ст. К 471	7	253	2,07	25,6	99
Ст. К 471—200 м	13	261	0,95	15,6	50
200 м—ст. 1532	1	240	0,77	12,6	54

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распространение органического вещества в осадках Баренцова моря в различных районах неравномерно и находится в тесной связи с различными факторами. Намечается три резко отличных друг от друга района.

I. Северная часть Баренцова моря, покрытая коричневыми осадками, южной границей которой можно принять параллель $76^{\circ}30'$ с. ш.

II. Юго-западная часть Баренцова моря, охватывающая пространство на запад от 35-го меридиана и к югу от 74-й параллели до материка. Цвет осадков здесь в верхнем слое желтоватый, ниже—серый и зеленовато-серый; в сухом состоянии пробы по преимуществу серого цвета.

III. Третий район занимает всю центральную часть Баренцова моря от $76^{\circ}30'$ с. ш. до материка, на востоке подходит к Новой Земле, на западе—к Медвежинскому мелководью, а южнее 74-й параллели—к 35-му меридиану. Этот район имеет по преимуществу зеленовато-серые осадки.

В каждом из районов наблюдается уменьшение содержания органического вещества в осадках параллельно с уменьшением содержания мелкой фракции ($<0,01$ мм). С глубиной количество углерода убывает лишь в тех случаях, если одновременно уменьшается и содержание фракции $<0,01$ мм. Следовательно, в пределах каждого района Баренцова моря количество углерода в осадках находится в тесной зависимости от количества мелкой фракции. Такая же зависимость наблюдалась нами и при исследовании осадков Мотовского залива (14).

Так как количество мелкой фракции зависит от рельефа дна и течений, то и накопление органического вещества находится в большей зависимости от этих двух факторов, чем от абсолютной глубины.

Накопление того или иного количества органического вещества в осадках зависит главным образом от богатства бентосом и планктоном, которое в свою очередь зависит от физико-химических условий окружающей среды. Рассматривая северный район Баренцова моря, покрытый коричневыми осадками, мы видим, что он является самым бедным по содержанию органического углерода, а также и по развитию биомассы бентоса.

Гидрологическими данными этот район характеризуется, как район с плохой вертикальной циркуляцией (18), которая, по всей вероятности, мешает богатому развитию планктона и обуславливает неблагоприятный газовый режим придонного слоя, что отчасти доказано вышеупомянутой работой А. В. Трофимова (32). Чрезвычайно малые количества карбонатной углекислоты также свидетельствуют о том, что придонный слой этого района обогащен свободной углекислотой, которая способствует растворению карбонатов.

Второй район, расположенный на юго-западе Баренцова моря, характеризуется также сравнительно низким содержанием органического углерода в осадках и бедностью биомассой бентоса. Согласно М. С. Идельсону (21), причинами, обуславливающими подобное обеднение этого района, являются плохая вертикальная циркуляция, повышенные придонные температуры ($>2^{\circ}$) и большие глубины.

Зеленовато-серые осадки третьего района, занимающего большую часть площади Баренцова моря, содержат наибольшее количество органического вещества. Особенно обогащенными являются районы, обозначенные Л. А. Зенкевичем (19) как районы «полярного фронта». Здесь, по указанию Л. А. Зенкевича, имеется хорошая вертикальная циркуляция, которая обуславливает богатство планктона, а отсюда—и богатство бентоса. В своих работах Крепс и Вержбинская (6, 25, 27) доказали, что в районах с хорошей вертикальной циркуляцией наблюдается обеднение морской воды фосфатами и нитратами в силу того, что в подобных условиях очень богато развита планктонная жизнь, присутствие которой подтверждается данными по хлорофиллу (25).

Относительно природы органического вещества можно сказать, что оно всюду животного происхождения, так как все наши станции были сравнительно далеко расположены от берегов, а потому влияние береговой растительности сказываться здесь не может. Кроме того, донная растительность в Баренцовом море располагается у берегов неширокой полосой и сравнительно на небольших глубинах (33).

Так как отношение углерода к азоту в осадках Баренцова моря очень постоянно—почти всюду равно 7, то все осадки Баренцова моря мы можем отнести к типу

осадков, которые отлагаются в водоемах, имеющих большое количество кислорода во всей толще воды.

Черный цвет осадков верхнего слоя и высокие отношения углерода к азоту, так характерные для осадков, отлагающихся в условиях сероводородной среды, в Баренцовом море до сих пор ни разу не были найдены.

Настоящая работа показала, что накопление органического вещества в осадках Баренцова моря находится в тесной зависимости от многих других явлений окружающей среды. Чтобы полностью выяснить картину накопления органического вещества в осадках и источники его образования, необходимы еще следующие данные: 1) полный химический анализ различного вида планктона; 2) количественный сезонный и среднегодовой учет планктона в различных районах; 3) полный химический анализ отдельных организмов; 4) количественный учет фауны; 5) изучение течений; 6) изучение газового режима придонного слоя; 7) изучение бактерий в осадках; 8) полный химический анализ органического вещества осадков.

В настоящее время мы еще не располагаем такими данными, а потому полученную картину распространения органического вещества в осадках Баренцова моря можно считать лишь предварительной.

Москва 1934

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. Об осадках Черного моря и их значении в познании осадочных горных пород. „Бюллетень Московского о-ва испытателей природы“, отдел геологии, т. V, № 3—4, М., 1927.
2. Архангельский А. Д. Условия образования нефти на Северном Кавказе. Изд. журн. „Нефт. х-во, М., 1927.
3. Boyesen-Jensen. Studies concerning the organic matter of the sea-bottom, „Rep. Danish Biol. Stat“, XXII“, 1914.
4. Буткевич В. С. Образование морских железо-марганцевых отложений и участвующие в нем микроорганизмы. „Труды Морского научного института“, т. III, вып. 3, М., 1928.
5. Brandt. Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons. „Wissensch. Meeresunters. herausg. von Kommission Wissensch.“, Untersuch. d. Deutschen Meere in Kiel, N. F. III, 1898.
6. Verjbinskaja. N. Observations on the nitrite changes in the Barents Sea, „Journal du Conseil International pour l'exploration de la mer“, vol. VII, Nr. 1, 1932.
7. Waksman. A. On the distribution of organic matter in the sea-bottom and the chemical nature and origin of marine humus. „Soil Science“, vol. XXXVI, Nr. 2, 1933.
8. Вережанин Г. Ю. и Гильзен К. К. К познанию грунтов некоторых озер Витебской губернии. „Известия Сапропелевого комитета“, вып. III, Л., 1926.
9. Гильзен К. К. и Гинсбург Н. И. Исследование грунта Онежского озера. „Труды Минералогического музея Академии наук СССР“, т. IV, Л., 1934.
10. Гильзен К. К. Исследования грунта озер России. Ладожское озеро, „Известия Русского географического общества“, т. LI, СПб., 1905.
11. Гильзен К. К. Исследование грунта озер России, Материалы по исследованию грунта Байкальского озера, „Известия Русского географического общества“, т. 1, СПб., 1913.
12. Гильзен К. К. Грунт Аральского моря. „Научные результаты Аральской экспедиции“, вып. X, СПб., 1911.
13. Горшкова Т. И. Химико-минералогическое исследование осадков Баренцова и Белого морей. „Труды Государственного океанографического института“, т. I, вып. 2—3, М., 1931.
14. Горшкова Т. И. Органическое вещество в осадках Мотовского залива. „Труды ВНИРО“, т. V, М., 1936.
15. Горшкова Т. И. „Инструкции Государственного океанографического института“ (Сектор геологи), № 11. Инструкция по химическому анализу морских осадков. М., 1933.
16. Zenkewitch, Brotzkaya and Idelson. Materials for the study of the productivity of the sea-bottom in the White, Barents and Kara Seas. „Journal du Conseil International pour l'exploration de la mer“, vol. III, Nr. 3, 1928.
17. Зенкевич Л. А. и Броцкая В. А. Материалы по количественному учету донной фауны Баренцова, Белого и Карского морей. № 8. Количественный учет донной фауны Баренцова моря (настоящий сборник, ч. II).
18. Зенкевич Л. А. К вопросу о вентиляции придонного слоя при помощи вертикальной циркуляции. „Бюллетень Государственного океанографического института“, вып. 5, М., 1932.

19. Зенкевич Л. А. Материалы по питанию рыб Баренцова моря. Введение, „Доклады первой сессии ГОИН“, № 4, М., 1933.
20. Зубов Н. Н. Гидрологические работы Морского научного института в юго-западной части Баренцова моря летом 1928 г. на экспедиционном судне «Персей». „Труды Государственного океанографического института“, т. II, вып. 1, М., 1932.
21. Идельсон М. С. Материалы по количественному учету донной фауны Баренцова, Белого и Карского морей, № 7, Распределение биомассы бентоса в южной части Баренцова моря, „Труды Государственного океанографического института“, т. III, вып. 4, М., 1934.
22. Кленова М. В. и Авилов И. К. „Инструкции Государственного океанографического института“ (Сектор геологии), № 8. Инструкция по механическому анализу, М. 1934.
23. Кленова М. В. Отчет о геологических работах на Новой Земле в 1925—1927 гг. „Труды ВНИРО“, т. I, М., 1935.
24. Кленова М. В. Осадки Баренцова моря. Наст. сборник, а также геология и геоморфология Баренцова моря, „Справочник морей“, Л., 1933.
25. Kreps E. and Verjbinskaja N. Seasonal changes in the phosphate and nitrate content and in hydrogen ion concentration in the Barents Sea. „Journ. du Cons“. vol. V, Nr. 3, 1930.
26. Kreps E. and Verjbinskaja N. The consumption of nutrient salts in the Barents Sea. „Journ. du Cons“. vol. VII, Nr. 1, 1932.
27. Обручев С. Геологический очерк восточного побережья Шпицбергена между заливами Уэльс-бай и Агард-бай, „Труды МНИ“, т. II, вып. 3, М., 1927.
28. Petersen C. G. and Boysen-Jensen. Valuation of the sea. I. Animal life on the sea-bottom, its food and quantity. „Report of the Danish Biol. Stat.“ XX, 1911.
29. Самойлов Я. В. и Горшкова Т. И. Осадки Баренцова и Карского морей. „Труды Морского научного института“, т. I, вып. 14, М., 1924.
30. Соколов А. В. Динамическая карта Баренцова моря. „Труды Государственного океанографического института“, т. II, вып. 2, М., 1932.
31. Trask P. D. Does petroleum form in time of deposition. „Bull. Amer. Ass. Petrol. Geologist“. 14, Tulsa Oklahoma, 1930.
32. Трофимов А. В. Об окислительно-восстановительных условиях и реакции pH морских осадков (рукопись).
33. Флеров Б. К. Распределение водорослей у берегов Новой Земли. „Труды ГОИН“, т. II, вып. 1, М., 1932.
34. Шмук А. К химии органического вещества почвы, „Труды Кубанского сельскохозяйственного института“, т. I, вып. 2, 1924.

ORGANIC MATTER AND CARBONATES IN THE SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA

By T. I. Gorshkova

S U M M A R Y

The aim of the present work was to give the fullest possible picture of the distribution of organic matter in the sediments of the Barents Sea, to show the dependence of the organic matter on different factors of the medium and to find out whether the above matter was homogeneous throughout the Barents Sea and to what type of sediments it might be related. For the work we availed ourselves of the samples of the sea bottom, collected by the State Oceanographical Institute (at present Institute of Marine Fisheries and Oceanography of the USSR) on board the research ship «Persey» during the 12th, 13th, 17th, 19th, 21st, 28th, 29th and 36th expeditions from 1927 to 1931 and on board the research ship «Nikolaj Knipovich» during the 11th and 24th expeditions of 1930 and 1931.

For the study of organic matter, the material collected with Eckman's tube was partly used, but in the main, Peterson's 0,25 m. bottom sampler served. The bottom samples were cut out by means of a cylindrical tube as nearest to the place where the sediment layers had remained untouched; possible then the samples were wrapped in paper and dried. From 1 to 5 cc. were taken for analysis. In the samples was determined the quantity of hygroscopic water, of carbonate CO_2 , organic carbon and total nitrogen. The quantity of carbonate CO_2 was determined by the usual method of absorption of sodium lime; carbon was determined by Knop's method and nitrogen by Kjeldahl's method.

The modification in equipment when determining carbon consisted only in using the natrium apparatus with a solution of AgNO_3 instead of the iron wire. The majority of determinations of the carbonate CO_2 was made from one sample. In other cases when the oxidation was made with $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ and H_2SO_4 the determination of CO_2 was made by weighing separate; whereas previous to determining the organic carbon the carbonate CO_2 was eliminated.

Determinations were made at the following stations («Nikolaj Knipovich» stations are marked with the letter K, see table 2).

Altogether 157 determinations of organic carbon were made, 148 determinations of nitrogen and 99 determinations of carbonate CO_2 .

The quantity of organic carbon was found to range between 0.15 to 3.12%; that of nitrogen from 0.02 to 0.42%; ratio of carbon to nitrogen from 5 to 8.7. The average ratio of 158 determinations was found to be seven. Thus as the carbon-nitrogen ratio of Barents Sea sediments are similar to the gray clays of the Black Sea (see table 1) and to the deep water sediments of the Ladozhskoje and Bajkal lakes, as well as to sediments of the Atlantic Ocean, found off the coast of North America and investigated by Waksman.

In some of Waksman's stations the carbon-nitrogen ratio is somewhat higher than the Barents Sea sediments; the discrepancy; however, is very likely due to the methods applied by Waksman.

The above discrepancy is most conspicuous in those cases when the total amount so organic matter in the sediments is comparatively small. All the above-mentioned sediments are settled in basins rich in oxygen and markedly differ from sediments, found in a sulphur-hydrogenic medium.

Fig. 1 shows the distribution of organic carbon in the upper layer of the Barents Sea sediments; the carbon content of the different areas is marked thus: I—3 to 2%; II—2 to 1%; III—I to 0.5%; IV—below 0.5%.

The maximum amount of carbon ($>2\%$) is to be found between the 72nd and 76th in parallels in three areas: area No 1 situated between the 72nd—79th parallels and the 25th—35th meridians; area No 2—southward from the central plateau; area No 3—eastward from Spitzbergen's shallow water between the 75th and 76th parallels and the 25th—35th meridians.

Amounts of carbon ranging from I to 0.5% were found in sediments 1) between Franz-Joseph Land and Novaja Zemlja; 2) between Franz-Joseph Land and Spitzbergen; 3) in the northern part of the Persey Plateau; 4) along the northern island of Novaja Zemlja from 77° to $77^{\circ}30'$; 5) in the south-western part of the Central Plateau; and 6) along the Murman coast and the southern island of Novaja Zemlja.

The minimum quantity of organic carbon ($<0.5\%$) is found off the Kanin peninsula and northward from it to the 72nd parallel, between the 40th and the 45th meridians.

Sediments containing from I to 2% of carbon occupy all of the central part of the Barents Sea northward from the 72nd parallel up to Franz—Joseph Land.

The average percentage of organic carbon throughout the Barents Sea amounts to 1.28%. Since the picture is perfectly identical for nitrogen content no special map is appended here.

In planning the map of distribution of carbonate CO_2 we availed ourselves among others data of that published in our previous papers, gathered from 44 stations. This data is given in table 3.

Thus the map (fig. 2) of the distribution of carbonates in the Barents Sea has been planned from 143 analyses. The quantity of carbonates ranges from 0 to 2.11%. In the map is shown CO_2 content from 2 to 1%, from 1 to 0.5%, from 0.5 to 0.25% and below 0.25%.

The minimum amount of CO_2 was found in the northwestern part of the Barents Sea and in the central part up to the 74th parallel. Here the amount of CO_2 varies from 0 to 0.3%, the mean value of 25 stations being 0.15%.

Next comes the region with CO_2 content ranging from 0.25 to 0.5%, the mean value for 30 stations being 0.39%. Content of CO_2 in the following area ranges from 0.5 to 1%, the mean value for 47 stations being 0.76%.

The spot southwest from the Central Plateau is an exception to the whole, the mean value for 3 stations being 1.15%.

The maximum amount of CO_2 ($<1\%$) is found in the sediments along the coasts of Spitzbergen, Novaja Zemlja and those of the mainland.

Thus the amount of carbonates decreases from the coasts of Spitzbergen, Novaja Zemlja and the mainland in the direction of Franz-Joseph Land. As will be seen further, the interrelation of carbonate content and the quantity of biomass of the benthos is but slight here, the main relationship being observed with the coast and conditions of the gaseous regime of the bottom layer.

Table 2 and the comparison of maps 1 and 2 show, that there exists no constant relationship whatever between the above-mentioned two values in the Barents Sea. The ratio C/CO_2 ranges from 0.6 to 22%, having no regular sequence. The reason is to be explained the fact that both the quantity of organic substance and that of CO_2 in the Barents Sea are functions of different values.

In order to determine the conditions under which the accumulation of organic matter in the Barents Sea sediments occurs, it is advisable to find out the dependence of the above accumulation on the following factors:

- 1) depth;
- 2) bottom: a) mechanical composition, b) colour;
- 3) horizontal and vertical currents;
- 4) quantity of the biomass of the benthos.

So far there has been no data available on the quantitative composition of

the plankton for the Barents Sea in its whole. Thus we have to judge the connection of organic matter and the bottom by means of the benthos.

In order to show more clearly the dependence on depth, the author presents a bathymetric map of the Barents Sea, planned by N. N. Zubov on which all stations are pointed out where the determination of organic substance has been made (Fig. 3).

Further on is given the carbon content in different regions of the Barents Sea at depths of 100—300 meters, 200—300 meters, 300—400 meters and above 400 meters.

The data quoted does not show any direct relationship existing between depth and quantity of organic carbon in the Barents Sea.

When comparing depth and organic matter in separate areas of the Barents Sea in connection with mechanical composition and colour of sediments, the interrelationship stands in far bolder relief and seems far more constant.

As to colour of sediments—all of the Barents Sea may be divided into three areas:

I. The northern region (considering the southern border to be the 76°30' parallel)—the upper layer of sediments of this region (from 1 to 10 cm.) is brown in colour, with underlying gray and blue-gray sediments.

II. The western region (westward from the 35th meridian and southward from the 74th parallel up to the mainland) is characterized by yellowy-gray sediments in the upper layer 1—2 cm.; when damp, the bottom layer is gray and greenish-gray; at drying the majority of samples became gray.

III. The third region covers the greatest part of the Barents Sea, from about 76°30' southward up to the mainland, and from Novaja Zemlja up to Region II and the Medvezhenskoje shallow water. The sediments of this region when moist have an upper layer—from 1—2 cm.—of a slightly yellow tint; the bottom layer looks greenish-gray; when dry the whole sample is mostly greenyish-gray. The mechanical analysis of the Barents Sea sediments was performed in the department of biology of the Institute of Marine Fisheries and Oceanography of the USSR (former State Oceanographical Institute) by Osborn's method. Mechanical analysis was made too for the 140 stations where the carbon content had been determined. On the basis of all mechanical analyses a map of mechanical composition of sediments of the Barents Sea was planned by M. V. Klenova (see fig. 1 in Klenova's article). The mechanical composition is represented by isolines, connecting with one another stations with small fractions (fractions below 0.01 mm.) 5, 10, 30 and 50%.

If we compared this map with our map (see fig. 1) we should fail at first sight to detect any marked interrelationship between mechanical composition and organic matter, the quantity of organic matter differing widely in plots of different areas having the same mechanical composition.

But when these two values are compared separately for every one of the three above-mentioned stations, the relationship stands out in bold relief (see table 4).

On the basis of the average values given in Table 4 we have planned the chart (see fig. 4).

All the studied material has shown the 3rd area of the Barents Sea—greenish-gray in colour—to be abundant in organic matter; somewhat poorer in this way are the sediments of the southwestern area mostly gray in colour and finally, the brown sediments of the northern area were found to contain the smallest amount of organic matter.

In order to find out the relationship between the organic carbon and the small fraction, the ratio of carbon to fraction below 0.01 mm. was computed for every station and then multiplied by 100. Thus the percentage of carbon from the small fraction was obtained.

In table 5 and chart 5 are given the average data for several stations which show the quantity of organic matter within each region by directly dependent on fraction below 0.01 mm. whereas the ratio
$$\frac{C}{\text{fraction} < 0.01 \text{ mm.}} \times 100$$
 is a constant value, reversely proportionate to the quantity of the small fraction. The sediments of different

regions with similar mechanical composition have different amounts of organic carbon, hence the amount of carbon depends not only on the absolute value of the small fraction but on other factors too.

In table 6 the Barents Sea is divided into three- above mentioned areas of which every one in its turn is divided into regions, situated between definite isobates.

The average values computed for carbon, fraction below 0.01 mm. and for ratio $\frac{C}{\text{fraction} < 0.01 \text{ mm.}} \times 100$ have shown the above values within the same type of sediments at different depths to vary but slightly and with no strict sequence.

The average rate of surface and bottom layer currents as seen from table 7 and chart (fig. 6) is strongest in the southwestern region on gray sediments; somewhat slower than this rate is found to be on the greenish-gray bottom of the second region; the weakest currents are on the brown sediments of the northern region.

In order to show the relationship between organic matter and the quantity of the biomass of the benthos we give here the map of the benthos biomass distribution (see fig. 5) planned by L. A. Zenkevich. Using this map and the numerical data for separate stations, taken from the paper of L. A. Zenkevich and V. A. Brotskaja was computed the average data for the benthos biomass and the organic matter in connection with different sediments and depths (see table 8 and fig. 7).

The central region termed as 3d region covered with greenish-gray sediments contains the greatest quantity of the benthos biomass; next stands the western region and finally the poorest one in benthos biomass is the northern region with brown soils.

When comparing the quantity of the benthos biomass, with mechanical composition, depth and carbon content it is seen that the amount of carbon increases with the increase of the small fraction and depth, whereas the benthos biomass gradually decreases under the same conditions.

Besides from table 8 and the map it may be seen that quantity of the benthos biomass is subject to variations within the same sediment. The works of M. S. Idelson and L. A. Zenkevich may explain these factors.

The maximum amount of organic matter above 2%, as mentioned above, is found in the greenish-gray muds, occurring in regions with greatly developed benthos, due to thorough vertical circulation, observed in such places and to comparatively low bottom temperatures. The second region has a smaller quantity of benthos biomass due to weaker vertical circulation, greater depths and higher bottom temperatures. The quantity of organic matter here is lower than in the third region.

The northern region covered with brown soils, according to L. A. Zenkevich, is characterized by an unfavourable gaseous regime of the bottom layer, this being very likely due to accumulation of free CO_2 .

The increase of acidity of the medium in this region was proved in the work of A. V. Trofimov.

Our own data on carbonate CO_2 fully confirms this suggestion. The small amount of carbonate CO_2 may be accounted for by the presence of free CO_2 , which dissolves all remains of carbonates found in these sediments. For finding out the interrelationship between the different factors active in the Barents Sea two profiles have been drawn. The first one—from 75°50' N. and 25°0' East to Novaja Zemlja (73° N. and 53°0' E. The section shows average data for depth fraction below < 0.01 mm. percent of organic carbon and quantity of benthos biomass in gr. per 1 m². (see table 9 and fig. 8). It may be seen from the graph that the amount of carbon, fraction below < 0.01 mm. and depth are in direct dependence on one another whereas the benthos biomass is in reverse proportion thereto. As the elevation (section) has been made through the sediments of one region, denoted as Region 3, the relationship between the values is homogeneous throughout. The second section passes from north to south (from 80°0' N. and 40°0' E. till 70°33' N. and 33°34' E.).

The average data of several stations (see table 10 and fig. 9) was used for planning it.

Since this section crossing the Barents Sea in different regions, the relationship between the quoted values here is far more complicated than in the first section. The lines indicating the amount of carbon and the small fraction intersect in the point of transition from brown to greenish-gray sediments, closely approaching one another in the region of the gray sediments due to the different interrelationship between the above two values in every one of the three above mentioned regions of the Barents Sea.

Thus the distribution of organic matter in the sediments of the Barents Sea in different regions is not homogeneous, closely depending on different factors of the medium.

Three regions are to be noted:

I. The northern part of Barents Sea, the southern border thereof being at parallel 76°30', covered with brown sediments.

II. The second region is the southwestern one, covering the space westward from the 35th meridian and southward from the 74th parallel up to the mainland. The sediments of this region when dry are mostly of a grey colour.

III. The third region occupies all the central part of the Barents sea from 76°30' up to the mainland, coming up to Novaja Zemlja in the East and to Spitzbergen shallow waters in the West, and southward from the 74th parallel up to about the 35th meridian.

Within each separate region the amount of carbon is in close relationship with the quantity of the small fraction.

The quantity of the small fraction depending on the bottom relief and the currents, the accumulation of organic matter depends rather on the two values than on absolute depth.

The source conditioning the amount of organic matter in the Barents Sea sediments is the development of plankton and benthos life which in its turn depends on physico-chemical conditions of the medium.

As concerns the nature of the organic matter under question it may be said that it is the animal origin throughout, all our stations being rather far from the coasts and therefore not subject to the influence of coastal vegetation.

The carbon-nitrogen ratio in the Barents Sea sediments being altogether constant (about 1:7) the Barents Sea sediments are to be classified as those found in basins with large amounts of oxygen reaching to the very bottom of the basin.

During the numerous investigations of the Barents Sea not once were any black sediments found in the upper layer; never was a high C/N ratio discovered when the organic matter was studied, such ratio being characteristic for black sediments occurring in sulphur-hydrogen medium.

This work is a first attempt to find the relationship between the different phenomena the Barents Sea.

In order to draw a complete picture of the accumulation of organic matter in the Barents Sea and to study the sources of its formation we want the following data:

1. Complete physical analysis of all kinds of plankton.
2. Quantitative seasonal and average yearly estimation of plankton in different regions.
3. Complete chemical analysis of separate organisms.
4. Quantitative estimation of fauna.
5. Study of currents.
6. Study of the gaseous regime of the bottom layer.
7. Study of bottom bacteria.
8. Complete chemical analysis of organic matter and sediments.

The data available at present is insufficient, hence the above-given picture of organic distribution in the Barents Sea is to be considered as a first attempt.