

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ОСАДКОВ АЗОВСКОГО МОРЯ И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Канд. хим. наук Т. И. ГОРШКОВА

(ВНИРО)

Приступая к исследованию химического состава осадков Азовского моря и Таганрогского залива, мы ставили перед собой задачу изучить количественный и качественный состав органического вещества осадков Азовского моря и Таганрогского залива, выяснить источник накопления органического вещества и изучить скорость перехода продуктов его распада в водную среду.

Все эти данные были необходимы для составления гидрохимического прогноза Азовского моря после зарегулирования стока рек Дона и Кубани.

МЕТОДИКА

Для выяснения общего количества органического вещества в осадках Азовского моря определяли органический углерод, общий азот и общий фосфор в верхнем и нижних слоях осадков. Кроме того, в тех же пробах определяли карбонатную уголекислоту и натуральную влажность. Помимо этого, сделан полный химический анализ нескольких проб осадков Азовского моря.

Для определения качественного состава органического вещества пользовались методикой кислотного гидролиза, при котором органическое вещество расщепляется аналогично тому, как это происходит при деятельности ферментов.

Исследование почв в том же направлении ранее вели С. Ваксман [5] и И. В. Тюрин [23], сотрудники лимнологической станции в Косине [20, 22] для озерных отложений и мы — для осадков Северного Каспия [12, 13].

Так как накопление органического вещества в осадках Азовского моря и Таганрогского залива происходит за счет мути, приносимой реками, и за счет отмершего планктона и бентоса, то, помимо осадков, анализировали муть Дона и Кубани, а также фитопланктон, собранный в Таганрогском заливе.

Чтобы проследить скорость распада органического вещества и переход биогенных элементов в воду, исследовали грунтовый раствор верхнего и нижних слоев осадков Азовского моря и Таганрогского залива в разные годы и сезоны и проводили экспериментальные работы в лаборатории в г. Таганроге по скорости распада органического вещества морских осадков, мути Дона и фитопланктона.

Для выяснения морфологического состава органогенной части осадков проведен микроскопический анализ нескольких образцов осадков Азовского моря и мути Таганрогского залива.

ТАГАНРОГСКИЙ ЗАЛИВ

Материалом для исследования органического вещества в осадках послужили пробы грунта Азовского моря и Таганрогского залива, собранные дночерпателем Петерсена и трубкой Экмана во время Азовской экспедиции ВНИРО в 1950—1953 гг. (рис. 1). В Таганрогском за-

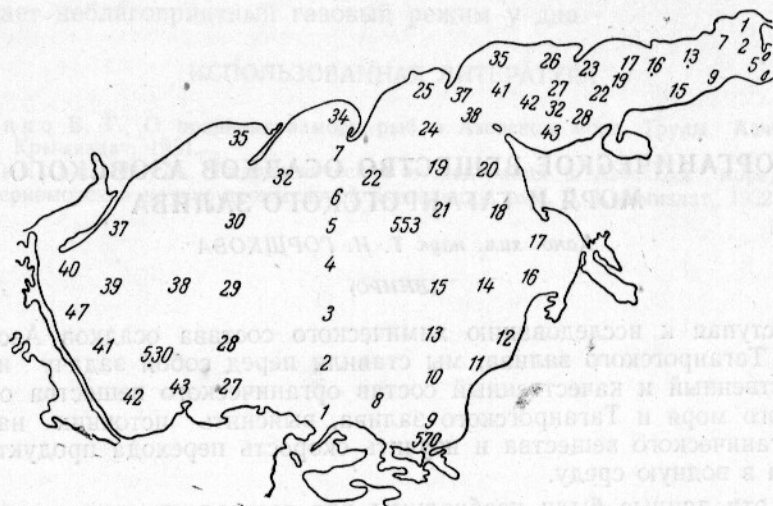


Рис. 1. Схема станций, на которых проведен анализ осадков Азовского моря и Таганрогского залива.

ливе исследовали 16 образцов верхнего слоя осадков и 11 образцов нижележащих слоев. Полученные результаты приведены в табл. 1.

На основании полученных данных построена карта распределения органического углерода в верхнем слое осадков Таганрогского залива (рис. 2).

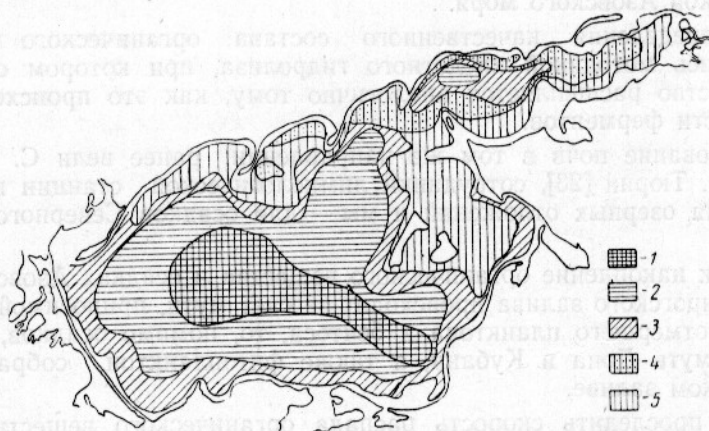


Рис. 2. Распределение органического углерода, выраженного в процентах к абсолютно сухому веществу, в верхнем слое осадков Азовского моря:

1—от 2,9 до 2,4; 2—от 2,4 до 2,0; 3—от 2,0 до 1,5; 4—от 1,5 до 1; 5—от 1 до 0,5.

Содержание органического углерода в осадках кутовой части залива составляет всего лишь 0,44%. По направлению к Азовскому морю оно постепенно увеличивается и в западной части залива составляет

Таблица 1

Химический состав осадков Таганрогского залива
(в % к абсолютно сухому веществу)

Номер станции	Слой в см	Процент фракции < 0,01 мм	Натуральная влажность	CO ₂	C	N	C/N	P
1	Средняя проба	12,6	—	2,82	0,75	0,10	7,5	0,03
2	Верхний	2,7	—	2,29	0,44	0,07	6,3	0,03
5	"	25,0	54,0	3,21	1,42	0,16	8,8	0,035
7	"	—	—	—	0,80	0,1	8	—
9	"	6,7	—	—	0,99	0,1	9,9	—
13	"	36,8	—	3,51	1,22	0,17	7,1	0,049
13	10—12	47,0	—	—	1,20	0,17	7,0	0,027
13	34—36	11,6	—	—	0,57	0,07	8,1	0,044
13	63—67	37,5	—	—	0,67	0,09	7,4	0,04
15	Верхний	21,2	—	3,03	0,45	0,06	7,5	0,03
19	"	36,7	73,1	—	1,33	0,21	6,3	0,05
23	"	48,4	74,5	—	1,71	0,26	6,6	0,05
24	"	29,2	67,5	—	1,33	0,20	6,6	0,037
26	"	38,7	—	2,78	1,21	0,20	6,0	—
27	"	40,3	—	—	1,59	0,24	6,6	0,035
28	"	30,8	—	—	1,08	0,17	6,3	0,031
28	10—12	48,3	—	—	1,02	0,15	6,8	0,04
28	68—70	32,7	—	—	0,92	0,14	6,6	0,032
32	Верхний	32,2	69,5	—	1,52	0,22	6,9	0,05
32	10—12	42,1	44,5	—	1,13	0,18	6,3	0,03
32	33—35	37,2	—	—	1,01	0,15	6,7	0,017
32	70—72	57,3	53,3	—	1,25	0,20	6,2	0,020
35	Средняя проба	49,5	—	2,81	2,28	0,32	7,1	0,027
37	То же	41,8	67	—	1,54	0,22	7,0	0,05
37	10—12	—	72,2	—	1,18	0,19	6,2	—
37	40—42	43,8	—	—	1,38	0,19	7,2	0,03
37	80—86	47,8	49,4	—	1,26	0,18	7,0	0,053

2% от абсолютно сухого осадка. Такое распределение органического углерода обусловлено механическим составом осадков Таганрогского залива. Подобная зависимость отмечена нами и при исследовании осадков других морей [10]. По мере увеличения фракции < 0,01 мм количество органического углерода в осадках увеличивается, так как илистые частицы < 0,01 мм больше всего адсорбируют органическое вещество, растворенное в воде, и захватывают детрит, падающий на дно водоема.

Количество азота меняется от 0,06 до 0,32%. Отношение C/N в осадках прибрежных районов, обогащенных органическим веществом растительного происхождения, колеблется от 7,5 до 9,9, а на остальных станциях — от 6 до 8, среднее отношение C/N по всему заливу равно 7,1.

Содержание фосфора в илистых осадках колеблется от 0,05 до 0,06, а в песчаных осадках — от 0,03 до 0,04%.

При исследовании осадков по вертикали наблюдается постепенное уменьшение органического вещества, что также отмечалось нами и при исследовании осадков других морей [14].

Определение карбонатной углекислоты проводили всего лишь в 8 пробах, в которых содержание ее колебалось от 2,29 до 3,51%, что в переводе на CaCO₃ составляет от 5,1 до 8%.

Определение натуральной влажности для 27 проб показало прямую зависимость влажности от механического состава осадков. Средние значения, вычисленные нами для различных типов грунтов, составляют для илистых песков 31,5%, для песчаных илов 56,5% и для илов — 70,3%. Сравнивая наши данные с данными С. В. Бруевича [3] по Кас-

пийскому морю, мы видим, что натуральная влажность осадков Таганрогского залива немного выше влажности осадков Каспийского моря, в котором средние величины для илистого песка равны 23%, для песчанистого ила — 38 и для ила — 65%.

На основании натуральной влажности можно сказать, что осадки Таганрогского залива относятся к современным морским отложениям, которые залегают мощным слоем. Только в юго-западной части залива на станции 43 нам удалось обнаружить размыв более древних вязких глин.

АЗОВСКОЕ МОРЕ

В осадках Азовского моря определяли карбонатную углекислоту, органический углерод, общий азот и фосфор в 44 образцах верхнего слоя

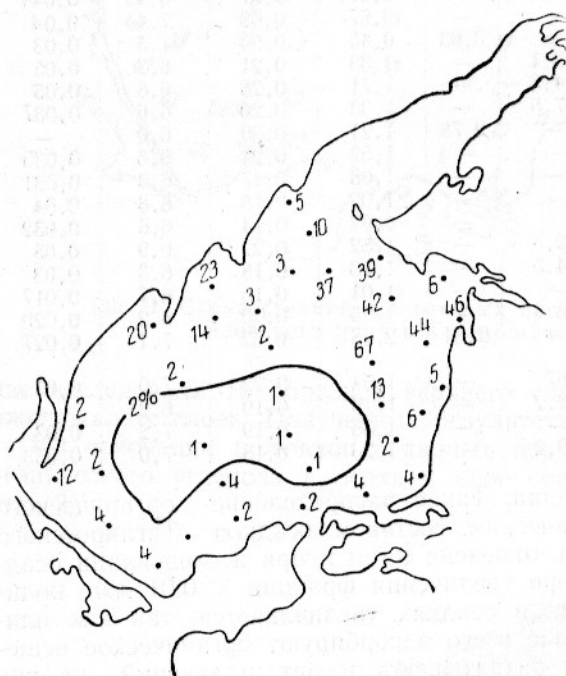


Рис. 3. Распределение карбонатов, выраженных в процентах к абсолютно сухому веществу, в верхнем слое осадков Азовского моря.

восточной части Азовского моря. Грунты, залегающие в центральной части моря, имеют наименьшее количество карбонатов (<2%).

Было бы неправильно думать, что распространение ракушечника в Азовском море всегда было такое же, как в настоящее время. Полученные нами в июле 1951 г. по разрезу Керчь — Осипенко колонки грунта показали следующую картину.

Станция 2,	Длина колонки 120 см	Станция 3,	Длина колонки 76 см
0—40	Темносерый ил	0—8	Ил с ракушкой
41—42	Крупная ракушка	9—10	Крупная ракушка
43—50	Темносерый ил	11—51	Темносерый ил
51—52	Крупная ракушка	52—53	Крупная ракушка
53—71	Ил с мелкобойной ракушкой	54—61	Ил с ракушкой
72—73	Крупная ракушка	62—63	Крупная ракушка
74—120	Темносерый ил	64—75	Ил с ракушкой
		74—76	Крупная ракушка

грунта из дночерпательной пробы и в 10 образцах осадков подстилающих слоев из трубки Экмана (табл. 2).

На основании полученных данных составлена карта распределения органического углерода в верхнем слое Азовского моря и Таганрогского залива (см. рис. 2) и карта распределения карбонатов в верхнем слое осадков Азовского моря (рис. 3).

Содержание карбонатной углекислоты в осадках Азовского моря, определенное для 55 проб, колеблется от 0,45 до 29,74%, или от 1 до 69% CaCO_3 , и обусловлено, главным образом, наличием крупного и мелкобитого ракушечника. Почти у всех берегов ракушечные осадки залегают широкой полосой. Наибольшее количество ракушечника встречается в

**Химический состав осадков Азовского моря
(в % к абсолютно сухому веществу)**

Номер станции об-щий	Год	Месяц	Слой в см	CO ₂	CaCO ₃	C	N	C/N	P	N/P	Натуральная влажность	Характер грунта
Разрез Керчь-Осипенко												
1	1951	Апрель	Верхний из дночерпателя	1,05	2,4	1,74	0,29	6	0,07	4,1	73,2	Ил
2	1951	Июль	0—10	0,5	1,13	2,03	0,34	6	0,06	5,7	76,3	Ил, немного ракушки
2	1951	"	30—35	0,65	1,47	1,95	0,31	6,3	0,058	5,4	—	Ил
2	1951	"	80—85	0,82	1,86	2,03	0,30	6,8	0,05	6	—	"
2	1951	"	115—120	0,45	1,02	1,84	0,30	6,1	0,05	6	—	"
3	1951	"	Верхний из дночерпателя	1,51	3,43	2,01	0,34	5,9	0,06	5,6	74,2	Ил с ракушкой
3	1951	"	20—26	1,54	3,50	1,53	0,30	5,6	0,05	6	—	"
3	1951	"	50—52	1,18	2,68	1,87	0,33	5,7	0,05	6,6	—	То же
3	1951	"	70—74	0,73	1,66	1,72	0,28	6,2	0,048	5,8	—	"
3	1952	"	Верхний из дночерпателя	2,09	4,75	2,84	0,44	6,4	0,06	7,3	80	"
4	1951	"	То же	0,73	1,66	2,08	0,33	6,3	0,05	6,6	—	"
5	1951	Апрель	"	1,07	2,4	2,13	0,30	7	—	—	76,2	"
6	1951	"	"	1,80	4,09	2,16	0,30	7	0,06	4,8	74,2	"
6	1951	Июль	"	1,80	4,09	1,97	0,32	6,1	0,065	5,0	—	"
Западный район												
32	1951	Апрель	Средняя проба	6,47	14,7	0,60	0,08	7,5	0,03	3	32	Илистый песок с ракушкой
30	1951	"	Верхний из дночерпателя	0,98	2,23	2,44	0,36	6,8	0,06	6	74,9	То же
38	1951	"	То же	—	—	1,81	0,30	6,0	0,06	5	78,9	"
29	1951	"	"	0,56	1,27	2,40	0,37	6,5	0,045	8	76,7	"
29	1952	Июль	"	0,42	0,95	2,62	—	—	—	—	—	"
28	1951	Апрель	"	2,05	4,60	2,05	0,30	6,6	0,05	8	—	"
530*	1953	Июль	Верхний из дночерпателя	0,83	1,90	2,6	—	—	—	—	79,46	"
27	1951	Апрель	То же	1,20	2,73	2	0,32	6,2	0,05	6,4	78,8	"
42	1951	"	"	1,88	4,27	1,61	0,25	6,4	0,046	5	66,6	Ил с ракушкой
41	1951	"	"	1,99	4,50	2,2	0,33	6,6	0,06	5,5	—	То же
39	1951	"	"	1,05	2,4	2,08	0,39	5,6	0,07	5,6	—	"

* Нестандартные станции.

Продолжение табл. 2

Номер станции об-щий	Год	Месяц	Слой в см	CO ₂	CaCO ₃	C	N	C/N	P	N/P	Нату-раль-ная влаж-ность	Характер грунта
40	1951	Апрель	Верхний из дночерпателя	5,31	12,07	1,16	0,16	7,2	0,04	4	63,3	Песчанистый ил с ракушкой
37	1951	"	То же	1,26	2,86	2,05	0,28	7,3	0,05	5,6	—	Ракушка с илом
35	1951	"	Средняя проба	9,10	20,7	0,94	0,16	5,8	0,03	5,0	—	То же
34	1951	"	"	10,16	23,09	1,01	0,12	8,4	0,03	4	—	
Восточный район												
8	1951	Июль	Верхний из дночерпателя	2,18	4,95	1,92	0,32	6,0	0,05	6—4	72,5	Ил
8	1952	"	0—2	1,53	3,5	2,10	0,30	7	0,04	4—7	—	"
9	1951	"	0—2	2,17	5,0	1,57	0,25	6,1	0,05	5	—	"
10	1952	Апрель	0—2	1,20	2,70	2,56	0,47	5,5	0,06	7,8	80	"
10	1952	"	0—2	2,14	4,86	2,91	0,46	6,4	0,62	7,4	78	"
10	1953	Июль	0—2	0,51	1,16	2,81	—	—	—	—	78,4	"
11	1951	"	0—2	2,90	6,59	1,00	0,12	8,3	—	—	—	Глина
12	1951	"	0—3	2,2	5,0	1,79	0,24	7,5	0,065	4	64,3	"
12	1951	"	30—34	3,5	7,95	1,29	0,15	8,6	0,045	3,3	—	"
12	1951	"	60—64	2,65	6,02	1,20	0,15	8,0	0,038	3,9	—	"
13	1951	"	Средняя проба	5,76	13,09	2,02	0,35	6,0	0,053	6,6	—	Ил с ракушкой
14	1951	"	"	19,38	44,0	0,90	0,15	6,0	0,037	4	—	"
15	1951	"	Верхний из дночерпателя	29,8	67,7	0,73	0,14	5,2	0,037	4	—	Песчанистый ил с ракушкой
16	1951	"	Средняя проба	20,33	46,2	0,75	0,10	7,5	0,036	3	—	То же
17	1951	"	Верхний из дночерпателя	2,88	6,5	1,03	0,17	6,0	0,043	4	64,1	"
18	1951	"	Средняя проба	18,63	42,3	0,70	0,11	6,4	—	—	—	"
19	1951	"	"	16,6	37,7	0,60	0,11	5,5	0,04	2,7	—	"
20	1951	"	"	17,44	39,6	0,79	0,11	7,3	0,04	2,7	—	"
22	1951	"	"	1,44	3,27	2,25	0,35	6,4	0,033	10	75,4	Ил с ракушкой
24	1951	"	"	4,7	10,6	1,16	0,22	5,3	0,05	4,4	—	То же
25	1951	"	Верхний из дночерпателя	2,45	5,56	1,14	0,21	5,4	0,05	4,2	62,1	Песчанистый ил с ракушкой
Кубань												
570*	1952	Апрель	0—6	1,39	3,16	1,90	0,29	6,5	0,07	4,1	—	Песчанистый ил с ракушкой
"	1952	"	8—18	2,11	4,79	1,41	0,20	7,0	0,06	3,3	—	"
"	1952	"	44—52	1,99	4,36	1,16	0,16	7,1	0,053	3,0	—	"
735*	1952	Июль	Верхний из дночерпателя	2,40	5,45	1,68	0,28	6,0	0,07	4,0	—	"

*) Нестандартные станции

В центральной части Азовского моря периодически идет обильное отложение ракушечника, которое, по всей вероятности, связано с миграцией и смертностью донных животных при изменении газового режима Азовского моря.

Содержание органического углерода, как видно из табл. 2 и рис. 2, колеблется от 0,6 до 2,91%, что в среднем составляет 1,63%.

Наибольшее количество органического углерода обнаружено в центральной и юго-восточной части моря, где оно колеблется от 2,4 до 2,9%. Осадки, содержащие органического углерода больше 2%, занимают всю центральную часть моря с глубинами больше 10 м.

Осадки Азовского моря, представляющие ракушку с илом, расположенные в восточной и северной части моря, содержат органического углерода от 0,6 до 1%.

Как видно из табл. 2, на некоторых станциях сделаны повторные определения: Так, на ст. 10 количество органического углерода в апреле 1952 г. равнялось 2,56, в июле 1952 г. — 2,91 и в июле 1953 г. — 2,81%. Следовательно, в июле органическое вещество немного повышается, но это расхождение находится в пределах ошибки опыта.

Для сравнения содержания органического вещества в осадках Азовского моря с другими морями нами вычислен средний процент органического углерода для верхнего слоя осадков в Азовском, Баренцовом морях и в Северном Каспии (табл. 3).

Таблица 3

Средний процент органического углерода в осадках различных морей

Море	Предельные колебания в %	Средний процент	Число проб
Азовское	0,6—2,91	1,63	45
Баренцово	0,15—3,12	1,28	158
Северный Каспий	0,25—3,0	0,63	66

Таким образом, наибольшее количество органического вещества в верхнем слое осадков Азовского моря очень близко к Баренцову морю и Северному Каспию. Средние значения в Азовском море немного выше Баренцова моря и в 2,5 раза больше Северного Каспия, что объясняется преобладанием илистых грунтов в Азовском море и широким распространением песчаных осадков в Баренцовом море и особенно в Северном Каспии.

Исследование осадков в глубину показало, что на одних станциях более глубокие слои показывают увеличение органического вещества в осадках, что связано с более тонкозернистыми осадками; на других станциях, где механический состав довольно однородный по всей колонке, наблюдается постепенное его уменьшение.

Количество азота в осадках Азовского моря колеблется от 0,08 до 0,46%, среднее для всего моря равно 0,26%, для центральной части 0,33 и для прибрежной — 0,12%. Отношение C/N для центральных станций колеблется от 5,2 до 7, в прибрежных станциях от 7,2 до 8,6; среднее для центральных станций 6,1, для прибрежных 7,6, а для всего моря 6,4.

Как мы знаем из исследований осадков других морей, отношение C/N в большинстве случаев колеблется от 7 до 8 [10, 11]. Пониженное отношение C/N в осадках Азовского моря, по всей вероятности, объяс-

няется большим процентом свежего органического вещества, образовавшегося за счет отмершего планктона и бентоса.

В более глубоких слоях отношение C/N постепенно увеличивается, что опять указывает на обеднение нижних слоев более свежим органическим веществом.

Содержание фосфора в осадках Азовского моря колеблется от 0,03 до 0,076%. В илистых осадках центральной части моря количество фосфора в среднем равно 0,061%, в прибрежных осадках, обогащенных ракушечником — 0,042%, а среднее по всему морю составляет 0,053%. Отношение N/P меняется от 2,7 до 7,8, среднее для береговых станций 3,6, для центральных — 5,6, а для всего моря 4,8.

Содержание фосфора в осадках Азовского моря близко к содержанию их в других морях, в которых отлагаются зеленовато-серые осадки, то есть более восстановленные. Поэтому количество фосфора в осадках Азовского моря совпадает с количеством фосфора в осадках Каспийского моря [4], Черного моря [1] и южной части Баренцова моря [19] и резко отличается от коричневых осадков Белого, Карского и северной части Баренцова моря, где содержание фосфора доходит до 0,5% [8].

Натуральная влажность верхнего слоя осадков Азовского моря колебалась от 82 до 32%. Мягкие, жидкие илы имеют влажность от 76 до 82%, илы с небольшим количеством ракушечника — 74,2%, песчаные илы с ракушкой — 64,1% и песчаный ил с большим количеством ракушки — 32%.

Так же, как и в Таганрогском заливе, в Азовском море мы встречаем, почти всюду современные осадки, причем преобладающее количество составляют илы и глинистые илы. Только в районе г. Ачуева нами были обнаружены более древние осадки, отличающиеся значительной вязкостью.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗВЕСЕЙ ДОНА, КУБАНИ И АЗОВСКОГО МОРЯ

Чтобы проследить, сколько органического вещества вносится в море в виде твердого стока Доном и Кубанью и какова природа этого органического вещества, нами проанализирована муть Дона, собранная в 1950—1952 гг., муть Кубани, собранная в апреле и июле 1952 г., муть Азовского моря и кутовой части Таганрогского залива. Большинство проб было получено путем 24-часового отстаивания¹. Неосевшую коллоидную муть переливали сифоном в другую посуду, и здесь она осаждалась после прибавления 13%-ного сернокислого алюминия и 7%-ного едкого кали. В полученном осадке определяли количество гидрата алюминия и вычитали его из коагулированной мути. Количество углекислоты, углерода, азота и фосфора в коллоидной мути вычисляли на навеску без коагулянта. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Исследование взвесей показало, что все взвеси, осаждающиеся без коагуляции, имеют незначительный процент карбонатной углекислоты, особенно муть Кубани.

Содержание органического углерода в мути Азовского моря и в кутовой части Таганрогского залива достигает 4,33%, так как вместе с терригенной мутью осаждаются и отмерший планктон. Взвесь Кубани и Дона содержит органического углерода меньше 2%.

В 1952 г. во взвеси Дона количество органического вещества резко возросло, что, по всей вероятности, связано с размывом во время паводка свежееобнаженных земляных площадей при гидростроительстве.

Отношение C/N указывает, что муть Азовского моря обогащена органическим веществом планктонного происхождения, а муть Кубани

¹ В Азовском море коллоидную муть не собирали, так как после 24-часового отстаивания вода над осевшей мутью была прозрачной.

и Дона — растительного происхождения [26]. Особенно резко выделяется в этом отношении муть Дона и Таганрогского залива, собранная в апреле 1951 г.

Как известно, 1951 г. был годом большого паводка, поэтому весенняя муть Дона и залива была сильно обогащена различными древесными обломками, что сильно повлияло на состав взвеси, а следовательно, и на отношение C/N.

Количество фосфора в осевших взвесах колеблется от 0,047 до 0,08, а отношение N/P от 9,5 до 2, причем во взвесах, обогащенных растительным органическим веществом, отношение N/P меньше, чем в органическом веществе планктонного происхождения. Такая зависимость была отмечена нами и при исследовании осадков Азовского моря.

Исследование коллоидной мути показало, что коллоидная муть богаче карбонатами, чем муть, осевшая без коагуляции. Особенно резкое увеличение отмечается в коллоидной мути Кубани.

Содержание органического вещества в коллоидной мути во всех пробах увеличивается, особенно в мути Дона 1952 г.

При сравнении количества органического углерода илистых осадков Азовского моря с количеством органического вещества взвесей видно, что осадки Азовского моря, как правило, содержат органического вещества больше, чем муть Дона и Кубани. Увеличение органического вещества в мути Дона за последние годы нужно рассматривать как временное явление. Избыточное количество органического вещества осадков Азовского моря по сравнению с мутью Дона нужно отнести за счет органического вещества, образующегося в самом водоеме, то есть за счет отмершего планктона и бентоса.

ПОЛНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСАДКОВ И ВЗВЕСЕЙ

Чтобы яснее представить минералогический состав осадков Азовского моря и взвеси Кубани и Дона, нами проведен полный химический анализ, данные по которому приведены в табл. 5.

Таблица 4

Химический состав взвесей Дона, Кубани, Азовского моря и кутовой части Таганрогского залива
(в % к абсолютно сухому веществу)

Район	Азовское море				Осевшая муть без коагуляции				Коллоидная муть			
	1950		1952		1951		1952		1952		1952	
	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль
Год	1950	1951	1952	1952	1951	1952	1951	1952	1952	1952	1952	1952
Дата	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль	апрель	июль
CO ₂	2,27	2,11	0,98	1,62	2,94	2,11	3,61	2,38	18,11	5,82	9,2	4,12
C	4,10	1,59	4,09	1,20	4,33	2,43	1,33	2,08	3,26	4,72	7,32	6,60
N	—	0,24	0,76	0,17	0,34	0,28	0,19	0,15	0,36	0,53	0,62	0,66
C/N	—	6,6	5,2	7	12,7	8,67	7	13,8	9	9	11	10
P	—	—	0,08	0,047	0,075	0,08	0,069	0,074	0,066	0,13	0,14	0,14
N/P	—	—	9,5	3,6	5,5	3,5	2,8	2	5,45	4	4,4	4,6

Таблица 5

Химический состав осадков Азовского моря и взвесей рр. Кубани и Дона и Таганрогского залива (в % к абсолютно сухому веществу)

Показатели	Номер станции		Муть без коагуляции		Коллоидная муть		
	30	3					
	1951 г.	1952 г.	Кубани	залива	Кубани	залива	Дона
	1951 г.	1952 г.	29/VII 1952 г.	23/IV 1952 г.	29/VII 1952 г.	23/IV 1952 г.	6/V 1952 г.
Гигроскопия	4,92	5,09	3,3	7,05	11,00	13,12	21,13
SiO ₂	54,88	54,46	63,68	53,7	25,99	40,75	35,07
TiO ₂	0,50	0,49	0,45	—	0,23	0,39	0,20
Al ₂ O ₃	17,93	18,78	13,70	20,56	14,21	18,74	17,60
Fe ₂ O ₃	5,61	6,15	4,11	5,08	2,78	6,44	3,25
Mn	0,07	0,08	0,08	—	—	—	0,14
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,14	0,18	0,15	0,29	0,32
CaO	1,95	1,57	2,52	3,96	21,02	6,65	8,10
MgO	1,98	1,92	1,50	2,66	4,48	5,52	5,70
SO ₃	1,56	1,56	1,06	—	1,07	—	—
Потеря при прокаливании	13,22	13,46	9,75	11,51	27,24	19,46	27,38
Сумма	97,83	98,60	96,99	97,68	97,72	98,24	97,76
C	2,44	2,84	1,66	2,43	3,26	4,72	7,2
N	0,36	0,44	0,19	0,28	0,36	0,53	0,61
CO ₂	0,98	2,09	1,12	2,11	18,11	5,82	9,05
CaCO ₃	2,23	4,75	2,54	4,79	37,53	11,78	14,4
Fe	3,93	4,31	2,88	3,56	1,95	4,5	2,27
Fe ₂ O ₃	0,90						
FeO	4,20						

Как видно из табл. 5, для анализа были взяты две пробы верхнего слоя осадков Азовского моря из западной (ст. 30, 1951 г.) и центральной (ст. 3, 1952 г. [3]) частей моря. Полученные результаты очень сходны между собой, что говорит за однородность илистых осадков, покрывающих все Азовское море. Большой процент алюминия и сравнительно малый процент кремнекислоты свидетельствуют о том, что осадки Азовского моря в главной своей массе состоят из глинистых минералов и содержат мало частиц кварца.

Муть кутовой части Таганрогского залива имеет очень близкий химический состав к осадкам Азовского моря, что вполне согласуется с тем, что осадки Азовского моря образуются, главным образом, за счет мути Дона.

Осадок Кубани отличается большим количеством кремнекислоты и меньшим количеством алюминия, следовательно, здесь имеется обогащение осадка кварцем и обеднение глинистыми частицами.

Коллоидная муть Кубани, Дона и залива обогащена карбонатами (особенно Кубани), органическим веществом и коллоидами глинозема и кремния.

В полных анализах не определяли щелочи и закисное железо, но отношение Fe^{+++}/Fe^{++} было изучено для нескольких образцов грунта Азовского моря и мути залива. В 1951 г. получены были следующие данные:

Fe^{+++}/Fe^{++}	
Станция 4	0,5
Станция 30	0,17
Станция 29	0,31
Муть залива	2,1

Из этих данных видно, что муть залива содержит окисного железа больше, чем закисного; в осадках Азовского моря закисное железо значительно преобладает над окисным, что вполне согласуется с цветом осадков, наличием свободного сероводорода в нижних слоях осадков Азовского моря [16] и обогащением пиритом [17].

Легко растворимые формы железа определены в растворах, полученных при первом и втором гидролизе.

Полученные величины приведены в табл. 6.

Таблица 6
Содержание железа в первом и втором гидролизате
(в % к сухому осадку)

Номер станции	Слой в см	I гидролиз	II гидролиз	Сумма
2	0-10	—	1,09	—
2	30-35	—	0,94	—
2	80-85	—	0,92	—
2	115-120	1,56	1,08	2,64
3	Верхний	1,95	0,93	2,88
3	70-74	1,84	1,13	2,97
12	0-3	2,70	0,66	3,36
12	30-34	3,19	0,57	3,76
12	60-64	3,30	0,55	3,85
22	Верхний	2,27	1,07	3,34
13	"	2,21	0,94	3,16
30	"	2,39	1,25	3,64
39	"	2,72	1,15	3,88
35	"	1,56	0,66	2,22

При сравнении общего количества железа в осадках с перешедшим в гидролизаты, видно, что значительная часть железа переходит в раствор 5%-ной H_2SO_4 .

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОСАДКОВ И ВЗВЕСЕЙ

Качественный состав органического вещества изученных нами осадков был определен методом кислотного гидролиза.

Осадок обрабатывали 5%-ной серной кислотой на водяной бане в течение 5 часов и полученный первый гидролизат отфильтровывали

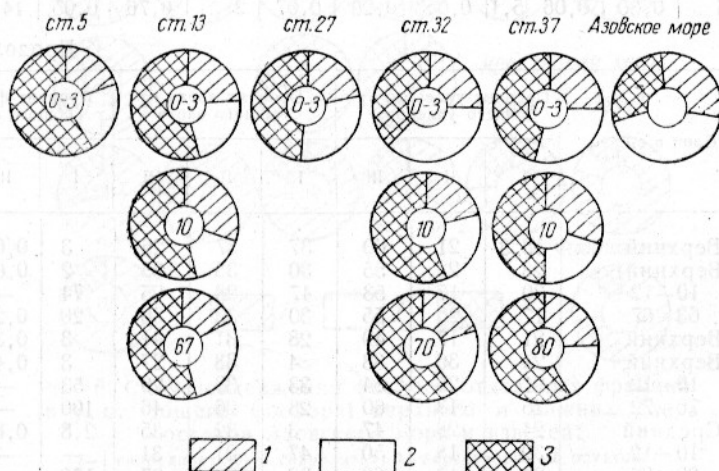


Рис. 4. Схема содержания органического углерода отдельных фракций (в % от общего углерода) верхнего и нижних слоев осадков Таганрогского залива:

1—I гидролизат; 2—II гидролизат; 3—нерастворимый остаток.

через стеклянный фильтр № 3. Осадок просушивали, обрабатывали 80%-ной серной кислотой на холоду 2,5 часа и после добавления 140 см³ воды нагревали снова 5 часов на водяной бане. Второй гидролизат отфильтровывали через тот же стеклянный фильтр № 3. Во всех трех фракциях, то есть I, II гидролизате и в нерастворенном остатке определяли углерод, азот и фосфор. Азот определяли по методу Кьельдаля, углерод по методу Кюпа [9], фосфор по методу Дениж [2].

Кроме того, в I гидролизате определяли сахара по методу Иссекута [18]. Количество сахаров II гидролизата, умноженное на 0,9, показало процент клетчатки.

Результаты анализов осадков Таганрогского залива приведены на рис. 4 и в табл. 7, где вычислен процент углерода, азота и фосфора каждой фракции от общего углерода, азота и фосфора данной пробы.

Органический углерод (см. рис. 4 и табл. 7) в верхних слоях осадков Таганрогского залива является более подвижным, поэтому углерод нерастворимого остатка с глубиной увеличивается, а лабильная часть, переходящая в I и II гидролизаты, постепенно уменьшается. Кроме того, при продвижении от кута залива к Азовскому морю наблюдается увеличение более подвижного органического вещества, поэтому углерод нерастворимого остатка постепенно уменьшается.

Т а б л и ц а 7

**Результаты анализов осадков Таганрогского залива по методу Тюрина,
(в % к абсолютно сухому веществу)**

Номер станции	Слой в см	I гидролиз 5%-ной H ₂ SO ₄				II гидролиз 80%-ной H ₂ SO ₄			III остаток после гидролиза			
		C	N	C/N	P	C	N	C/N	C	N	C/N	P
5	Верхний	0,26	0,060	4,3	0,001	0,30	0,05	5,2	0,86	0,04	20	0,033
13	Верхний	0,28	0,05	5,4	0,001	0,27	0,063	4	0,67	0,06	10	0,048
13	10-12	0,36	0,08	4,5	0,020	0,20	0,047	4	0,63	0,04	15	0,007
13	63-67	0,12	0,028	4,3	0,008	0,18	0,031	5,8	0,37	0,03	10	0,032
27	Верхний	0,34	0,06	5,4	0,001	0,47	0,077	6	0,78	0,10	7,8	0,034
32	Верхний	0,37	0,07	5,3	0,001	0,56	0,084	6	0,59	0,06	9,8	0,048
32	10-12	0,27	0,06	4,5	0,016	0,29	0,077	4	0,67	0,15	13	0,014
32	70-72	0,32	0,056	5	0,02	0,17	0,052	3	0,76	0,10	7,6	—
37	Средний	0,37	0,07	5	0,014	0,44	0,07	6	0,73	0,08	9	0,04
37	10-12	0,45	0,09	5	0,014	0,23	0,04	5	0,70	0,06	12	—
37	80-86	0,30	0,06	5,1	0,053	0,20	0,07	2	0,76	0,05	14,8	—

Продолжение

Номер станции	Слой в см	Процент углерода от общего углерода			Процент азота от общего азота			Процент фосфора от общего фосфора		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
5	Верхний	18,3	21	60	37	37	26	3	0,6	96
13	Верхний	23	22	55	30	35	35	2	0,6	97
13	10-12	30	17	53	47	28	25	74	—	26
13	63-67	17	26	55	30	33	36	20	0,2	79
27	Верхний	21	17	49	28	31	41	3	0,3	96
32	Верхний	24	36	38	34	38	27	3	0,4	96
32	10-12	21	25	54	33	38	29	53	—	46
32	70-72	25	13	60	28	26	46	100	—	—
37	Средний	24	28	47	3	32	35	2,8	0,8	96
37	10-12	32	18	50	47	21	31	—	—	—
37	80-86	24	16	60	33	38	27	100	—	—

Количество легко растворимого фосфора с глубиной возрастает, так как в нижних слоях осадков фосфор находится в более минерализованной форме, чем в верхних.

Результаты исследований кислотного гидролиза осадков Азовского моря и взвесей приведены в табл. 8 и на рис. 5 и 6.

Так же, как и в осадках Таганрогского залива, кислотный гидролиз показал, что в верхнем слое осадков Азовского моря органическое вещество является более лабильным, чем в нижних слоях, поэтому на всех станциях с глубиной наблюдается увеличение углерода нерастворимого остатка и уменьшение углерода I гидролизата.

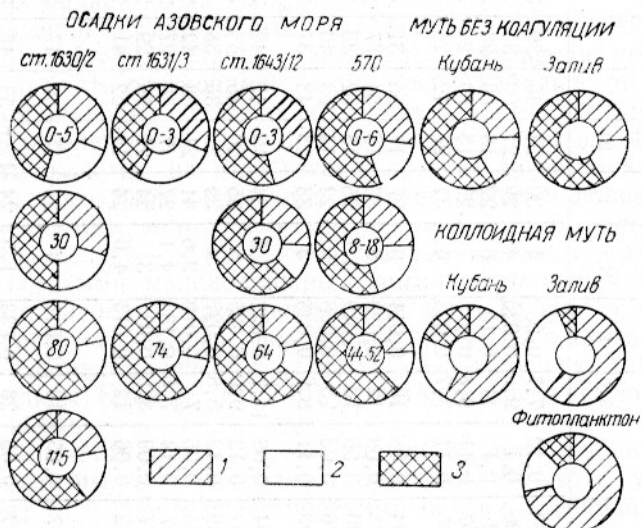


Рис. 5. Схема содержания органического углерода отдельных фракций (в % от общего углерода) верхнего и нижних слоев осадков Азовского моря и взвесей:

1—I гидролизат; 2—II гидролизат; 3—нерастворимый остаток.

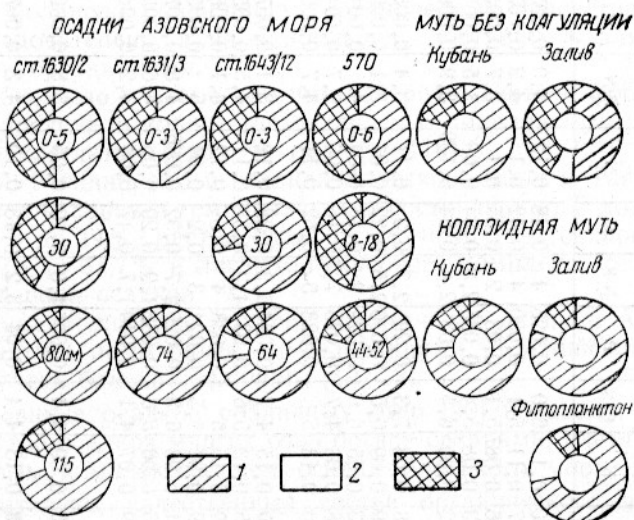


Рис. 6. Схема содержания фосфора отдельных фракций (в % от общего фосфора) верхнего и нижних слоев осадков Азовского моря и взвесей:

1—I гидролизат; 2—II гидролизат; 3—нерастворимый остаток.

Сходную картину изменения показывает фосфор осадков Азовского моря. Всюду наблюдается увеличение с глубиной легко растворимого фосфора I гидролизата.

Т а б л и ц а 8
Результаты анализов осадков Азовского моря и взвесей Кубани и кутовой части Таганрогского залива по методу Тюрина
(в % к абсолютно сухому веществу)

Номер станции	Год	Слой в см	I гидролиз 5%-ной H ₂ SO ₄						II гидролиз 80%-ной H ₂ SO ₄						III остаток после гидролиза						Процент угле-рода от общего углерода			Процент азота от общего азота			Процент фос-фора от обще-го фосфора					
			C	N	C/N	P	N/P	C	N	C/N	P	N/P	C	N	C/N	P	N/P	C	N	C/N	P	N/P	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
2	1951	0-100,60	0,1	6,0	0,025	4	0,48	0,12	4,0	0,005	24	0,93	0,12	7,7	0,03	4	30	24	46	20	35	35	42	8	50	42	8	50				
2	1951	30-250,57	0,11	5,1	0,030	4	0,42	0,1	4,2	0,038	26	0,96	0,1	9,6	0,025	4	29	21	50	35	32	32	51	8	41	35	51	8	41			
2	1951	80-85,0,46	0,087	5,1	0,03	2	0,37	0,1	3,7	0,005	20	1,2	0,1	11	0,15	6	22	18	60	29	35	36	70	10	30	36	70	10	30			
2	1951	115-120,0,43	0,08	5,4	0,035	2,3	0,34	0,09	3,5	0,005	18	1,07	0,11	9,8	0,015	7	23	18	59	28	32	40	70	10	20	32	40	70	10	20		
3	1951	Верх-ний	0,62	0,095	6,5	0,03	2,6	0,139	3,9	0,006	21	0,85	0,11	7,7	0,023	4	31	27	42	28	41	31	50	10	40	42	50	10	40			
3	1951	70-74,0,48	0,08	7,3	0,29	2,7	0,3	0,11	3,4	0,005	22	0,94	0,086	10	0,014	9	27	17	56	31	38	31	61	10	29	31	61	10	29			
12	1951	0-3	0,59	0,09	6,5	0,036	2,5	0,22	3,1	0,035	14	0,98	0,08	12	0,023	5	33	13	54	37	29	34	55	10	35	37	29	34	55	10	35	
12	1951	30-34	0,33	0,05	6,6	0,029	2	0,16	4	0,004	10	0,80	0,06	13	0,019	3,1	25	13	62	33	26	41	64	10	26	33	26	41	64	10	26	
12	1951	60-64	0,28	0,06	4,7	0,028	7	0,16	2,7	0,004	15	0,76	0,03	25	0,006	5	23	14	63	40	40	20	74	10	16	40	20	74	10	16		
22	1951	Верх-ний	0,75	0,13	5	0,023	5	0,52	4,7	0,006	18	0,98	0,11	8,9	0,036	3	33	23	43	37	31	32	35	9	56	37	31	32	35	9	56	
13	1951	То же	0,70	0,15	4,7	0,024	6,2	0,38	3,1	0,007	17	0,94	0,08	11,7	0,022	3,6	34	19	47	42	34	24	45	13	42	42	34	24	45	13	42	
30	1951	"	0,85	0,13	5,6	0,03	4,3	0,5	4,5	0,005	22	1,09	0,12	9,0	0,025	5	35	20	45	36	30	34	50	8	42	36	30	34	50	8	42	
39	1951	"	0,79	0,15	5	0,038	4	0,5	4,1	0,006	20	0,69	0,12	5,8	0,027	4	39	25	36	38	30	32	53	8	39	38	30	32	53	8	39	
35	1951	"	0,39	0,07	5,5	0,024	3	0,2	5	0,005	8	0,35	0,05	7	0,019	2,6	41	21	38	42	24	32	50	10	40	42	24	32	50	10	40	
5701	1952	0-6	0,51	0,08	6,3	0,029	2,7	0,32	4,8	0,007	9,4	1,07	0,14	7,6	0,134	4,1	27	17	56	27	23	50	41	9	50	27	23	50	41	9	50	
5701	1952	8-18	0,35	0,06	5,8	0,032	1,9	0,29	4,5	0,005	12	0,77	0,09	8,5	0,03	3	24	21	55	29	29	42	47	8	45	29	29	42	47	8	45	
5701	1952	44-52	0,29	0,07	4,1	0,040	1,7	0,17	4,2	0,0068	5,8	0,72	0,06	12	0,013	4,6	24	14	62	41	24	35	67	12	22	41	24	35	67	12	22	
Муть Кубани осевшая, 29/VII		0,40	0,09	4,4	0,005	1,8	0,29	0,05	5,8	0,0064	7,8	0,97	0,05	19	0,011	4	24	17	59	47	56	27	72	9	19	47	56	27	72	9	19	
Муть залива осевшая, 23/IV		0,58	0,13	4,4	0,04	3,2	0,43	0,10	4,3	0,007	14	1,42	0,05	28	0,033	1,5	24	17,6	58	46	35	19	50	9	41	46	35	19	50	9	41	
Муть Кубани коллоидная, 29/VII		2,03	0,21	9,4	0,049	4,3	0,77	0,12	6,4	0,0058	20	1,61	0,03	20	0,011	2,7	57	23	20	58	33	9	74	9	17	58	33	9	74	9	17	
Муть залива коллоидная, 23/IV		2,90	0,30	9,5	0,10	2,8	1,47	0,13	11	0,001	14	0,35	0,046	9	0,014	3,2	61	31	8	62	28	10	81	7	12	8	62	28	10	81	7	12

Рассматривая осадки верхнего слоя по всей площади Азовского моря, каких-либо резких отличий, какие были отмечены нами в Таганрогском заливе, здесь мы не наблюдаем.

По всему Азовскому морю наблюдается очень близкий качественный состав органического вещества осадков, что говорит об однообразии исходного материала, отлагающегося на дне Азовского моря.

Количество углерода I гидролизата во всех пробах по всему морю колеблется от 30 до 39% от общего количества углерода осадка, а в нижних слоях падает до 22—23%.

При сравнении органического вещества осадков Азовского моря с осадками Таганрогского залива, видно, что в Азовском море органическое вещество более растворимо, то есть более лабильно по сравнению с Таганрогским заливом, особенно его кутовой части, где углерод I гидролизата составляет всего лишь 18% от общего углерода. Причиной такой разницы является, на наш взгляд, то, что органическое вещество осадков Азовского моря образуется за счет более молодого отмершего планктона и бентоса, в то время как в кутовой части залива органическое вещество осадков обусловлено, главным образом, растительными остатками, богатыми малоподвижным лигнино-гумусовым комплексом.

Кислотный гидролиз, проведенный для мути Кубани и мути кутовой части Таганрогского залива, полученных путем осаждения без коагуляции, дал сходные количества углерода, переходящего в I и II гидролизат, к осадкам Кубани (ст. 570) и кутовой части Таганрогского залива (ст. 5 и 13).

Коллоидная часть как мути залива, так и мути Кубани дает резко отличные величины. В I гидролизат переходит 61—57% углерода, во II гидролизат 31—23% и нерастворенный остаток содержит всего лишь 8—20% углерода.

Следовательно, тонкая муть отличается не только увеличением общего количества углерода, но и качественный состав ее является резко отличным от осевшей мути.

Большой процент углерода, перешедшего в I и II гидролизат, указывает на большую подвижность органического вещества коллоидной мути, а следовательно, и на наибольшую доступность для усвоения ее различными организмами.

Как выше было указано, помимо углерода, азота и фосфора, в I гидролизате определяли количества сахара и гемицеллюлозы, а во втором — количество клетчатки (табл. 9, см. стр. 110).

Из табл. 9 видно, что в осадках Азовского моря и Таганрогского залива углерод сахаров и гемицеллюлозы составляет от 5 до 10%, клетчатки — от 4,6 до 14%, растворимый остаточный (без сахаров и клетчатки) — от 18 до 37,7% и лигнино-гумусового комплекса от 47 до 63% от общего углерода осадков.

Сравнивая количество сахаров и клетчатки осадков Азовского моря с приведенными нами ранее исследованиями Каспийского моря, мы получаем очень близкие величины [12, 13].

Исследование осадков различных озер [20] показало, что органическое вещество осадков многих озер богаче сахарами, клетчаткой и лигнино-гумусовым комплексом, чем осадки Азовского моря.

Следовательно, качественный состав органического вещества осадков Азовского моря очень близок к осадкам Каспийского моря и резко отличен от многих озерных отложений, обогащенных органическим веществом растительного происхождения.

Количество сахаров и клетчатки во взвеси Кубани и залива является несколько повышенным по сравнению с морем, особенно в коллоидной мути, где количество сахаров и клетчатки увеличивается в 2—3 раза по сравнению с осевшей мутью.

Таблица 9

Содержание сахаров и клетчатки в осадках Азовского моря, Таганрогского залива и взвеси

Номер станции	Слой в см	Гидролиз 5%-ной H ₂ SO ₄				Гидролиз 80%-ной H ₂ SO ₄				Процент углерода	
		процент от осадка		процент от общего угле- рода		про- цент от осадка		процент от общего углерода		растворенного, остаточного	лигнинного ус- ового комплекса
		сахар + геми- целлюлоза	уг л е р о д			клетчатки	У г л е р о д				
			сахаров	остаточ- ный	сахаров		остаточ- ный	клетчатки	остаточ- ный		

Таганрогский залив

5	Верхний	—	—	—	—	—	0,27	0,12	0,18	8,4	12,6	—	60
13	11	—	—	—	—	—	0,19	0,08	0,19	6,6	15,4	—	55
13	63—67	—	—	—	—	—	0,15	0,06	0,12	9,0	17,0	—	55
37	Верхний	—	—	—	—	—	0,21	0,10	0,34	6	22	—	47
37	80—86	0,23	0,10	0,21	8	16	0,41	0,18	0,02	14	2	18	60

Азовское море

13	Верхний	0,49	0,19	0,51	9,4	24,6	0,31	0,12	0,26	5,9	13,1	37,7	47
2	115—120	0,38	0,15	0,28	8,1	14,9	0,38	0,15	0,19	8,2	9,8	24,7	59
12	0—3	0,23	0,09	0,50	5	28	0,40	0,16	0,06	9,0	4	32	54
12	30—34	0,33	0,13	0,20	10	15	0,15	0,06	0,10	4,6	8,4	23,4	62
12	60—64	0,30	0,12	0,16	10	13	0,17	0,07	0,09	5,8	8,2	21,2	63

Взвеси

Муть залива без коагуля- ции	1,00	0,4	0,18	16	8	0,84	0,33	0,09	13,5	4,1	12,1	58,4
Муть Кубани без коагуля- ции	0,42	0,17	0,23	10	14	0,47	0,18	0,11	10	7	21	59
Муть залива коллоидная	2,55	1,02	1,88	21	40	3,5	1,4	0,07	29,6	1,4	41,4	8
Муть Кубани коллоидная	2,70	1,08	0,95	33	24	1,92	0,77	—	23	—	24	20

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ РАСТВОРОВ

Исследованию грунтовых растворов осадков Азовского моря и Таганрогского залива посвящена отдельная работа [16], поэтому здесь мы коснемся только постольку, поскольку они отражают состав самих осадков.

Грунтовые растворы осадков Таганрогского залива и Азовского моря определяли в апреле 1951 и 1952 гг. и в июле 1950—1953 гг.

На основании всего изученного материала было установлено, что количество биогенных элементов в грунтовых растворах меняется сезонно. Особенно резкие изменения наблюдаются для фосфора. Весной количество фосфора понижается до аналитического нуля, а летом увеличивается до 1 мг/л. Содержание кремния и азота весной также в несколько раз меньше, чем летом.

С глубиной количество биогенных элементов в грунтовом растворе увеличивается в силу большей минерализации биогенных элементов, особенно фосфора, что было видно при кислотном гидролизе осадков

Азовского моря и Таганрогского залива. Кроме того, в этом отношении большую роль играет и механический состав осадков. В тонкозернистых осадках в грунтовый раствор переходит сравнительно много биогенных элементов, так как они больше содержат органического вещества. Переход биогенных элементов из нижних слоев в верхние происходит очень замедленными темпами в силу малой пористости осадков.

В крупнозернистых осадках в грунтовом растворе меньше накапливается биогенных элементов ввиду меньшего количества органического вещества в осадках и быстрого перехода из нижних слоев в верхние в связи с большой пористостью осадков.

Меньшее количество биогенных элементов в грунтовом растворе верхнего слоя осадков по сравнению с нижними слоями свидетельствует о том, что в верхнем слое осадков Азовского моря и Таганрогского залива не происходит накопления значительного количества органического вещества, и по своему качественному составу оно также мало отличается от нижних слоев, то есть является сравнительно устойчивым.

Весной грунтовый раствор обедняется биогенными элементами, так как накопившиеся к зиме биогенные элементы успевают перейти в толщу воды. Летом — обогащаются за счет отмершего планктона и бентоса.

Сравнивая количество биогенных элементов в грунте, грунтовом растворе верхнего слоя осадков и придонной воде, получаем следующую картину (табл. 10).

Таблица 10

Отношение содержания биогенных элементов грунта к грунтовому раствору и грунтового раствора к придонной воде

Показатели	Грунт	Грунтовый раствор	Придонная вода
		Таганрогский залив	Азовское море
P	1256	33	32
Si	40000	6	19
N	730	47	60
Щелочность	—	3	4
Окисляемость	—	3	6

Как видно из табл. 10, концентрация биогенных элементов в грунтовом растворе больше, чем в придонной воде только в десять раз, а общее содержание P, Si и N в грунте больше, чем в грунтовом растворе в сотни и тысячи раз. Это еще раз подтверждает, что органическое вещество осадков является стойким, поэтому разложение его и переход в грунтовый раствор происходит медленно.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования по отдаче биогенных элементов из грунта в воду были проведены в 1951 г. для трех проб осадков Азовского моря (ст. 2, 30 и 4), а в 1952 г. для одной пробы осадков Азовского моря (ст. 3) и одной пробы мути из кутовой части Таганрогского залива (ст. 7).

Методику применяли такую же, какую применял Б. А. Скопинцев для взвесей и планктона [24, 25].

Навеску влажного грунта заливали водой оставляли стоять в термостате. Периодически пробы встряхивали. Через определенные промежутки времени отбирали часть воды, отфильтровывали через бумажный фильтр и в ней определяли биогенные элементы.

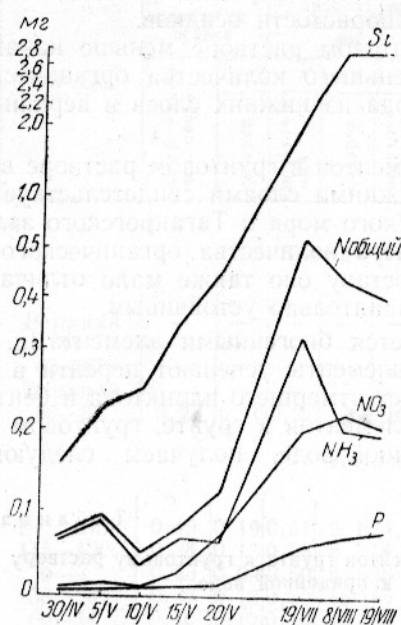


Рис. 7. Прирост фосфора, азота и кремния (в м/л сухого осадка) в воде над осадком ст. 558/3 Азовского моря.

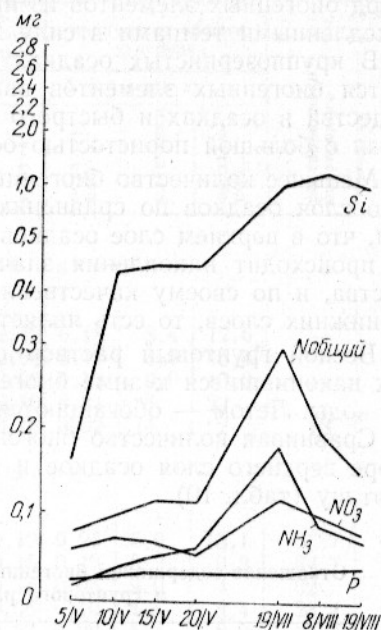


Рис. 8. Прирост фосфора, азота и кремния (в м/л [сухого осадка]) в воде над мутью ст. 7 Таганрогского залива.

Полученные данные были вычислены в мг на 100 г влажного грунта, а также в процентах от общего фосфора и азота данного осадка (табл. 11, рис. 7 и 8).

Таблица 11

Прирост фосфора и азота над осадком
(в мг на 100 г влажного осадка)

Номер станции	Год	Слой	Число дней					
			5	10	20	80	100	110
Прирост фосфора								
2	1951	Верхний	0	0	0	0,66	0,78	—
30	1951	"	0	0	0	0,18	—	—
4	1951	"	0,2	0,2	0,2	—	—	—
3	1952	"	0,02	0,13	0,13	1,3	1,6	1,8
7	1952	Муть залива	0,39	0,40	0,5	0,59	0,59	0,68
Прирост общего азота								
2	1951	Верхний	7,9	6,6	6,0	1,6	2,4	—
4	1951	"	4,5	3,0	1,4	—	—	—
3	1952	"	1,4	1,9	1,88	11,3	9,5	8,8
7	1952	Муть залива	1,3	1,7	1,78	5,35	3,63	2,76

Таблица 12

Прирост фосфора и азота в воде над осадком
(в % к общему фосфору и азоту осадка)

Номер станции	Слой	Число дней					
		5	10	20	80	100	110
Прирост фосфора							
2	Верхний	0	0	0	4,7	5,6	—
30	"	0	0	0	3,3	—	—
4	"	1,5	1,5	1,5	—	—	—
3	"	0,14	0,93	0,93	9	11	12
7	Муть залива	2,7	2,8	3,5	4,0	4,1	4,7
Прирост азота							
2	Верхний	9,6	8,1	7,3	1,9	1,6	—
4	"	5,5	3,27	1,6	—	—	—
3	"	1,56	2,19	2,04	12,4	10,0	9,7
7	Муть залива	2,8	3,4	3,9	10,8	7,5	5,6

Из приведенных опытов видно, что органическое вещество, заключенное в осадках Азовского моря, является довольно стабильным, поэтому за первые 20 дней мы не могли обнаружить заметного прироста фосфора в воде над грунтом. Только после 80 дней количество фосфора, перешедшего в воду, составляло немного больше 1 мг на 100 г влажного осадка, или 5—10% от общего фосфора данного осадка. Количество азота, перешедшего в воду, непостоянно. В одних случаях вначале много азота переходит в раствор, а затем убывает, в других — постепенно возрастает, а затем снижается. Это объясняется, по всей вероятности, тем, что при повторных встряхиваниях азот может снова адсорбироваться осадком. Кроме того, распад азотистых соединений идет до свободного азота, который может выделяться из раствора в воздух [6].

Количество азота, перешедшего в раствор, составляет около 10 мг на 100 г влажного осадка, или около 5% от общего азота осадка.

На рис. 7 и 8 показан ход кривых биогенных элементов, полученных для верхнего слоя осадка Азовского моря ст. 3 и мути Таганрогского залива ст. 7. При сравнении этих рисунков, видно, что количество биогенных элементов, перешедших в воду из осадков Азовского моря, выше, чем из мути залива, что, по всей вероятности, объясняется наличием большего количества менее стойкого органического вещества осадков Азовского моря, чем Таганрогского залива.

В начале опыта в воде над грунтом Азовского моря количество фосфора было незначительно, а через 100 дней его стало значительно больше, чем в воде над мутью.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА

Как отмечено было выше, в задачу наших исследований мы включили и исследование фитопланктона как главного источника обогащения органическим веществом донных осадков. Для исследования были взяты сине-зеленые водоросли, в которых преобладала *Anabaena* sp.

13/VIII 1951 г. в порту г. Таганрога был собран фитопланктон путем пропуска воды через газ № 61. В собранном материале определена натуральная влажность, органический углерод, азот и фосфор, проведен кислотный гидролиз и поставлен опыт на скорость распада.

Химический анализ фитопланктона приведен в табл. 13 и на рис. 5 и 6.

Таблица 13
Химический состав фитопланктона (преобладает анабена)

Показатели	Процент от абсолютно сухого вещества						Процент от общего С, N и P		
	H ₂ O	C	N	C/N	P	N/P	C	N	P
Общее количество в пробе	94	43,06	9,18	4,6	0,57	16	—	—	—
I гидролиз									
5%-ной H ₂ SO ₄	—	30,63	7,5	4	0,42	17	71	81	73
II гидролиз									
80%-ной H ₂ SO ₄	—	7,0	1,24	5,6	0,10	12	16,2	13	17
III остаток после гидролиза	—	5,43	0,44	12	0,05	9	12,8	6	10

Наши данные по количеству влаги, углерода и азота очень близки к данным Т. А. Сперанской по анабене Белого озера [22], а количество фосфора почти тождественно данным, приведенным А. П. Виноградовым [7] для *Anabaena* sp.

Для опыта по изучению скорости распада взяли навеску влажного фитопланктона в количестве 0,6592 г, поместили в 5-литровую склянку и залили 3 л азотской воды. Контрольную воду и водоросли хранили в термостате при 25° и периодически встряхивали. В день начала опыта анализировали только контрольную воду, а затем через каждый день брали пробу воды над планктоном, которую фильтровали через стеклянный фильтр № 4.

Полученные данные, вычисленные в процентах общего азота и фосфора фитопланктона, приведены в табл. 14.

Таблица 14
Прирост азота и фосфора в воде над фитопланктоном (в % от общего азота и фосфора)

Дни	Процент фосфора	Процент азота от общего азота			
		NH ₃	NO ₂	NO ₃	сумма N
1	19,8	27	0,6	0,7	27,67
2	20,8	25	0,28	1,1	26,38
3	24,5	36	1,00	1,6	38,6
4	36,8	46	1,7	1,8	49,5
5	36,8	46	4,1	2,7	52,8
7	—	40	4,3	3,6	47,9
8	36,8	39	4,3	4,0	47,3

Исследование фитопланктона показало, что органическое вещество фитопланктона легко разлагается по сравнению с органическим веществом морских осадков, поэтому в первый гидролизат 5%-ной H_2SO_4 переходит 71% С, 81% N и 73% Р от общих углерода, азота и фосфора. В нерастворимом остатке содержится всего лишь 12,8% С, 6% N и 10% Р. Так как азотистые соединения сине-зеленых водорослей растворялись быстрее фосфорсодержащих соединений, то отношение С/N в нерастворимом остатке возрастало, а N/P — уменьшалось.

Опыт по скорости распада фитопланктона также показал, что фитопланктон очень быстро распадается даже в морской воде, поэтому через один день в раствор перешло 19,7% Р и 27% N. Через четыре дня был получен максимум продуктов распада, а затем началось затухание, так как главная масса уже распалась.

Наблюдая за распадом фитопланктона как в самом море, так и в склянке, где проходил опыт, мы отчетливо видели, как зеленая масса фитопланктона переходит в голубую, и затем остается только бурая пленочка, которая в сосуде падает на дно, а на морском берегу образует целые валы.

Помимо наших анализов, Е. Н. Боковой проведен газовый анализ полученных нами грунтов и того же фитопланктона. Илы брали в количестве около 1 кг в литровую колбу и заливали минеральным питательным раствором. Опыт продолжался при комнатной температуре 6,5 месяцев до полного прекращения газообразования. Количество газов, образовавшихся за счет распада органического вещества осадков Азовского моря и Таганрогского залива, было незначительно.

Распад фитопланктона дал бурное выделение газов.

Результаты анализов приведены в табл. 15.

Таблица 15

Данные анализов газов (в процентах), образовавшихся в результате анаэробного сбраживания органического вещества естественных субстратов (по Е. Н. Боковой)

Сбраживаемое вещество	$CO_2 + H_2S$	H_2	Горючие (CH_4)	Негорючие (N и др.)
Фитопланктон Таганрогского залива	5,6	1,20	73,90	19,40
Ил Азовского моря (450 мл) ст. 1844	2,8	2,20	0	95,0
Ил Таганрогского залива (400 мл)	3,5	0	9,8	86,7
Ил Азовского моря, ст. 1247 . .	В течение 15 месяцев образовалось несколько миллилитров газа			

Таким образом, при разложении фитопланктона образуется больше всего метана, много свободного азота, мало углекислоты и всего меньше водорода. Присутствие азота в образовавшемся газе, по мнению Е. Н. Боковой, следует отнести частично за счет азота фитопланктона и в значительной степени за счет денитрификации внесенной аммонийной соли.

Таким образом, исследования осадков, взвесей и фитопланктона показали, что фитопланктон, состоящий из легко растворимого в 5%-ной H_2SO_4 органического вещества, легко распадается и переходит в воду в виде биогенных элементов. Так как удельный вес сине-зеленых водорослей меньше воды, то отмерший фитопланктон разлагается, главным образом, на поверхности воды, а на дно падает более стойкая его часть, удельный вес которой больше удельного веса воды. Следовательно,

донные осадки удерживают в себе только незначительную часть отмершего фитопланктона, которая является наиболее устойчивой.

Этот вывод подтверждается и кислотным гидролизом осадков и взвесей, а также и сравнительно небольшим общим количеством органического вещества в верхнем слое осадков, которое мало отличается от органического вещества нижних слоев осадков как в качественном, так и в количественном отношении.

Обогащение органическим веществом всей толщи воды Азовского моря происходит, главным образом, за счет распада фитопланктона в толще воды и за счет органического вещества, принесенного реками в растворенном состоянии и в виде коллоидной мути.

Причинами быстрого распада органического вещества в Азовском море являются небольшая глубина Азовского моря, высокий прогрев всей толщи воды в летний период и сильные волнения, захватывающие верхние слои осадков. Наибольшее количество органического вещества в осадках Азовского моря даже немного ниже, чем в Баренцовом море и Рижском заливе, где накопление идет медленно и при низких придонных температурах разлагается также медленно. Кроме того, органическое вещество осадков Рижского залива, главным образом, имеет растительное происхождение, следовательно, обогащено трудно растворимым лигнино-гумусовым комплексом.

Наши исследования осадков и грунтовых растворов Азовского моря и Таганрогского залива не позволяют нам согласиться с утверждением Ф. Д. Мордухай-Болтовского, который считает, что осадки Азовского моря органогенного происхождения, так как, по его мнению, «огромные массы отмирающих водорослей и продуктов их распада сплошным ковром покрывают азовское дно» [21].

Наши исследования показали, что максимальное количество органического углерода не превышает 2,9%. Огромные массы отмершего фитопланктона растворяются, главным образом, в толще воды, а на дно падает очень небольшая, более стойкая часть, которая подвергается медленному разложению и минерализации, что было доказано нашими экспериментальными данными.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСАДКОВ АЗОВСКОГО МОРЯ

Морфологический состав органогенной части осадков Азовского моря проведен так же, как это было сделано нами для осадков Каспийского моря [12].

Жидкостью Туле с удельным весом 2 была выделена легкая часть осадков при помощи центрифуги и просмотрена под микроскопом. Полученные результаты приведены в табл. 16 и на рис. 9.

Таблица 16

Состав фракции удельным весом ≤ 2 верхнего слоя осадков Азовского моря
(в % от легкой фракции)

Номер станции	Слой	Процент органического вещества по $C \times 1,8$	Процент фракции с уд. весом ≤ 2 ко всем осадкам	Растительные остатки	Диатомовые	Яйца копепода	Спores	Коготки раков	Глинистые минералы
35	верхний	1,62	1,2	19	22	6	2	4	47
10	"	5,05	3,2	7	23	10	9	—	51
530	"	5,27	3,5	2	36	5	2	—	55
46	"	3,96	3,0	5	30	8	4	—	53

Как видно из табл. 16, около половины всей легкой фракции составляют аморфные минералы глин, абсорбирующие органическое вещество.

Вторую группу составляют остатки диатомовых водорослей, среди которых много косцинодискус, ризосолении и др. Растительные остатки в большинстве случаев представляют свежие веточки и обуглившиеся обломки. Остатков макрофитов сравнительно мало. Количество спор колеблется от 2 до 9%. Яйца копепоид составляют от 5 до 10%. Незначительное количество коготков рачков обнаружено на ст. 35.

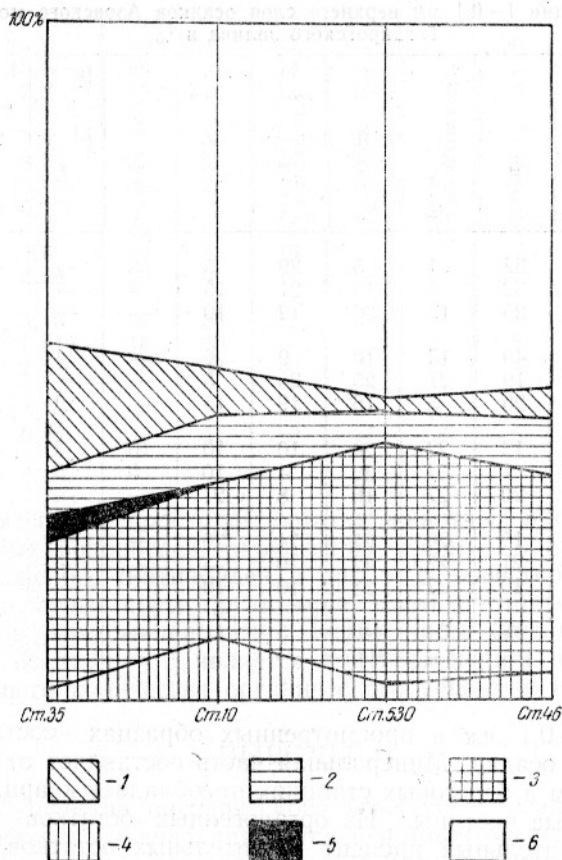


Рис. 9. Состав фракции с уд. весом < 2 верхнего слоя осадков Азовского моря:

1—растительные остатки; 2—яйца копепоид; 3—обломки диатомовых; 4—споры; 5—коготки рачков; 6—аморфные глинистые минералы, абсорбирующее органическое вещество.

Сравнивая легкую часть осадков береговых станций с центральными станциями, легко заметить, что остатки растений встречаются, главным образом, в мути залива и в осадках береговых станций, а в центральных станциях составляют незначительный процент.

Эти данные вполне подтверждаются и химическим анализом, так как отношение C/N в осадках береговых станций выше, чем в центральных.

Общий процент легкой фракции колеблется от 1,2 до 3,5. Несмотря на то, что часть легких минералов представляют глинистые частицы и кремневые панцыри диатомовых водорослей, процент легкой фракции меньше, чем общий процент органического вещества, так как часть органического вещества осадков абсорбирована глинистыми минералами, оставшимися во фракции удельным весом больше 2.

Помимо легкой фракции, нами просмотрены также отдельные фракции механического анализа верхнего слоя осадков и мути Таганрогского залива.

В просмотренных нами осадках фракция >1 мм обнаружена только на ст. 562/12 в количестве 1,77% от всей пробы. В состав ее входили кварц, ракушки и гидробия.

Фракции 1—0,1 и 0,1—0,05 мм были просмотрены для 14 образцов. Результаты анализов приведены в табл. 17 и 18.

Таблица 17

Состав фракции 1—0,1 мм верхнего слоя осадков Азовского моря и мути Таганрогского залива в %

Номер станции	Процент фракции 1—0,1 мм от всего осадка	Кварц	Глинистые минералы	Остракоды	Растительные остатки	Ракушки	Лапки рачков	Споры	Корненожки	Гидробия	Оболочки коккона олигохет и др.
Муть залива	0,82	32	24	5	29	5	5	—	—	—	—
7	0,88	32	5	15	21	15	—	—	10	—	—
40	0,57	25	17	26	12	10	—	—	—	10	—
12	2,55	40	15	10	9	6	—	4	7	5	—
31	0,32	19	21	25	25	5	—	—	5	—	—
34	0,47	26	6	16	19	15	—	9	9	—	—
553	0,13	12	22	20	10	10	16	5	—	—	5
10	0,42	7	34	30	4	10	5	5	—	—	5
29	0,09	20	27	16	8	21	—	—	8	—	—
46	0,43	15	20	21	14	20	—	—	—	—	10
530	0,25	21	27	42	10	—	—	—	—	—	—
27	0,35	10	37	33	10	10	—	—	—	—	—
1	0,94	10	34	40	5	11	—	—	—	—	—
28	0,09	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—

Фракция 1—0,1 мм в просмотренных образцах составляет 0,09—2,55% от всего осадка. Минеральная часть составляет от 32 до 56% от фракции, причем в береговых станциях преобладает кварц, а в центральных — глинистые частицы. Из органогенных остатков больше всего остракода, значительный процент растительных остатков, ракушечник. Реже других встречаются лапки рачков, споры, корненожки (роталия), гидробия, оболочки коккона олигохет и др.

Количество фракции 0,1—0,5 мм колеблется от 0,22 до 14,8%. Минеральные частицы составляют от 56 до 80%. Так же, как и во фракции 1—0,1 мм, в береговых станциях преобладает кварц, а в центральных — глинистые частицы.

Органическая часть состоит из остракод, спор, растительных остатков (в береговых станциях). Значительный процент в осадках многих станций составляют тинтиноида, диатомовые, яйца копепоид и экскременты.

Фракция 0,05—0,01 мм была просмотрена только для 5 осадков верхнего слоя. В ней преобладают минеральные частицы, а из органогенных остатков удалось определить только диатомовых и споры.

Микроскопический анализ фракции удельным весом больше 2 и анализ отдельных более крупных фракций, полученных после механического анализа, показали, что осадки прибрежных станций содержат больше растительных остатков, чем осадки центральной части Азовского моря.

Состав фракции 0,1—0,05 мм верхнего слоя осадков Азовского моря и мути Таганрогского залива в %

Номер станции	Процент фракции 0,1—0,05 мм от всего осадка	Кварц	Глинистые минералы	Остракоды	Растительные остатки	Тинтинидея	Диатомовые	Яйца копепоид	Экскременты	Споры
Муть залива	14,8	40	40	—	—	—	20	—	—	—
7	13,9	48	22	14	16	—	—	—	—	—
40	7,7	55	10	15	10	—	5	—	—	5
12	9,4	33	35	—	21	6	—	—	—	5
31	8,3	35	21	—	27	4	4	5	—	4
34	12,0	35	23	6	6	10	5	5	10	—
553	3,8	10	55	5	5	10	5	5	—	5
10	4,6	10	63	19	—	8	—	—	—	—
29	2,24	20	66	14	—	—	—	—	—	—
46	3,18	20	58	11	—	—	—	—	—	11
530	1,41	10	60	—	—	15	5	—	10	—
27	2,97	20	47	—	5	10	4	4	5	5
1	11,7	20	50	—	—	10	10	5	5	—
28	0,22	20	47	10	—	8	5	—	10	—

Определимые под микроскопом остатки животных представляют панцири диатомовых водорослей, ракушечник, споры, остракоды, корненожки, яйца копепоид, тинтинидея и др., т. е. известковые, кремневые и хитиновые скелетные части организмов. Часть органического вещества связана с глинистыми минералами. Легкая часть составляет незначительную часть осадков, что является подтверждением наличия сравнительно небольшого количества органического вещества в осадках Азовского моря.

ВЫВОДЫ

1. Общее количество органического углерода в осадках Азовского моря и Таганрогского залива находится в прямой зависимости от механического состава осадков и колеблется в Таганрогском заливе от 0,44 до 2,28, а в Азовском море от 0,6 до 2,91%.

2. Максимальное количество органического углерода в осадках Азовского, Баренцова, Каспийского и Балтийского морей очень близко между собой.

3. Отношение C/N осадков Азовского моря и Таганрогского залива в береговых районах в среднем равно 8,7, а в центральной части Азовского моря 6,4, что указывает на значительную роль организмов животного происхождения в образовании органического вещества осадков центральной части Азовского моря.

4. Количество органического углерода в мути Дона и Кубани до начала земляных работ на гидростроительствах достигало 1,6%, следовательно, было меньше, чем в осадках центральной части Азовского моря, примерно в 1,5 раза.

5. Количество карбонатов в осадках Таганрогского залива колебалось от 5 до 8, а в Азовском море от 1 до 70% (CaCO_3) и обусловлено частично карбонатами обломочного происхождения, принесенными реками, и, главным образом, крупным и мелкобитым ракушечником.

6. Натуральная влажность осадков Азовского моря и Таганрогского залива свидетельствует о современном возрасте осадков Азовского моря и находится в прямой зависимости от механического состава.

7. Полный химический анализ осадков Азовского моря и мути, принесенной Доном, очень близки между собой, что говорит за то, что минеральная часть осадков Азовского моря образуется, главным образом, за счет мути Дона.

8. Коллоидная муть Кубани, отличается большим количеством карбонатов, а муть Дона большим количеством органического вещества.

9. Количества органического вещества верхнего и подстилающих слоев осадков моря резко не отличаются между собой и, как правило, с глубиной постепенно падают.

10. Анализ путем кислотного гидролиза показал, что количество легко гидролизующихся веществ в осадках Таганрогского залива постепенно увеличивается по мере продвижения от кута залива к Азовскому морю.

В Азовском море верхний слой осадков отличается наибольшим содержанием легко подвижных органических веществ. По мере углубления осадка количество легко гидролизующихся органических веществ постепенно убывает.

В нижнем слое осадков больше минерального фосфора, поэтому он легче переходит в I гидролизат.

11. Количество углерода сахаров в осадках Азовского моря в среднем равно 9,5% от общего углерода осадка. Количество клетчатки в Таганрогском заливе равно 10, а в Азовском море 6,5%. Лигнино-гумусовый комплекс в верхнем слое осадков Таганрогского залива в среднем составляет 53, а в Азовском море — 50%.

Полученные величины очень близки к таковым в осадках северной части Каспийского моря [12].

12. Кислотный гидролиз мути Кубани и залива показал, что муть, полученная путем отстаивания, без коагуляции, содержит органическое вещество, тождественное по своему составу морским осадкам.

Коллоидная муть резко отличается по количеству и качеству органического вещества как от осевшей мути, так и от морских осадков.

13. Сине-зеленые водоросли, состоящие преимущественно из анабены, характеризуются легко подвижным органическим веществом, почему в I гидролизат переходит 71% С, 81% N и 73% Р от общего углерода, азота и фосфора.

14. Распад фитопланктона — анабены идет очень быстро. В течение 4 дней при температуре 25° распадается почти 50% всего фитопланктона.

15. На основании экспериментальных данных установлено, что органическое вещество осадков Азовского моря и Таганрогского залива отличается медленной отдачей биогенных элементов из грунта в воду по сравнению с фитопланктоном.

16. При распаде фитопланктона идет бурное выделение газов с преобладанием метана; много выделяется свободного азота, мало углекислоты и сероводорода и всего меньше водорода.

Количество газов, образующихся в экспериментальных условиях за счет распада органического вещества осадков Азовского моря и Таганрогского залива, очень незначительно.

17. Во время паводка Дона и Кубани вода Азовского моря обогащается органическим веществом за счет коллоидной мути, богатой легкоподвижным органическим веществом, а следовательно, и легко усвояемой различными организмами.

18. Постепенный распад органического вещества осадков и минерализация биогенных элементов обуславливает определенную роль осадков в обогащении толщи воды биогенными элементами, на что указывают исследования грунтовых растворов.

19. После зарегулирования стока рек количество органического вещества в осадках постепенно будет уменьшаться: состав осадков при этих условиях будет более тонкозернистым, так как течение рек будет более медленным и крупнозернистая муть успеет осесть в водохранилищах. Так как муть будет содержать больше тонкозернистых частиц, то и органического вещества она будет содержать больше, но количество мути будет меньше. Количество органического вещества, образовавшегося в самом водоеме, будет меньше. Таким образом, общее количество органического вещества в осадках постепенно будет уменьшаться.

20. Микроскопические исследования фракции удельным весом больше 2 и отдельных фракций, полученных после механического анализа, показали, что органогенную часть осадков составляют панцыри диатомовых водорослей, споры, корненожки, яйца копепода, тинтинидеи, остракоды и ракушечник, то есть обломки кремневых, известковых и хитиновых скелетных частиц. Растительные остатки в большем количестве встречаются в осадках береговых станций, чем в центральных, что вполне согласуется и с данными химического анализа. Часть органического вещества абсорбирована глинистыми частицами. Легкая часть составляет небольшой процент от всего осадка, что является подтверждением наличия сравнительно небольшого количества органического вещества в осадках Азовского моря.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д., Копченова Е. В., Заметка об органическом веществе, фосфоре и ванадии в отложениях Черного моря, Известия АН СССР, 1930, № 3.
2. Бруевич С. В., Некоторые методы химического исследования грунтов и грунтовых растворов. Гидрометиздат, серия V, вып. 7, 1944.
3. Бруевич С. В., Влажность грунтов Каспийского моря, ДАН СССР, т. XVII, 1945, № 4.
4. Будянская М. Л., Миграция фосфора в донных отложениях Каспийского моря, Труды ГОИН, вып. 5 (17), изд. АН СССР, 1948.
5. Ваксман С., Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе, Сельхозгиз, 1937.
6. Ваксман С., Химические и микробиологические процессы, происходящие при разложении растительных материалов в почве, Успехи биологической химии, 1933.
7. Виноградов А. П., Химический состав планктона, Труды биогел. V, изд. АН СССР, 1939.
8. Горшкова Т. И., Химико-минералогическое исследование осадков Баренцова и Белого морей, Труды ГОИН, т. 1, вып. 2—3, 1931 г.
9. Горшкова Т. И., Инструкция ГОИН № 11, 1933.
10. Горшкова Т. И., Органическое вещество и карбонаты в осадках Баренцова моря, Труды ВНИРО, т. IV, 1937.
11. Горшкова Т. И., Органическое вещество в осадках Мотовского залива, Труды ВНИРО, т. 5, 1938.
12. Горшкова Т. И., Исследование детрита в воде и грунте северной части Каспийского моря. Памяти ак. Д. А. Архангельского, изд. АН СССР, 1951.
13. Горшкова Т. И., Исследование органического вещества осадков Ильменей р. Волги и северной части Каспийского моря, Доклады ВНИРО, вып. 1, 1952.
14. Горшкова Т. И., Об осадках северной части Тихого океана, исследование дальневосточных морей, вып. 3, 1952.
15. Горшкова Т. И., Органическое вещество в осадках Таганрогского залива, ДАН СССР, том LXXXVI, 1952, № 2.
16. Горшкова Т. И., Химический состав грунтовых растворов Азовского моря и Таганрогского залива (напечатано в этом сборнике).
17. Громова Е. В., Минералогический состав осадков дельты Дона, ДАН СССР, т. XCI, 1953, № 2.
18. Иванов Н. Н., Методы физиологии и биохимии растений, 2, Сельхозгиз, 1932.
19. Кленова М. В. и Будянская А. А., Фосфор в осадках Северных морей, ДАН, т. XXVIII, № 1, 1940.

20. Кузнецов С. И., Сперанская Н. А. и Коншин В. Д., Состав органического вещества иловых отложений различных озер, Труды Лимнологической станции в Косино, № 22, Гидрометиздат, 1939.

21. Мордухай-Болтовской Ф. Д., Влияние гидротехнической реконструкции Дона на биологию Азовского моря, Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. V, 1953.

22. Сперанская Т. А., Данные по изучению органического вещества озерных иловых отложений, Труды Лимнологической станции в Косино, Гидрометиздат, 1935, № 20.

23. Тюрин И. В., Кононова М. М. и Новоселова Л. В., Материалы по изучению органического вещества почвы, I. Состав гидролизатов, полученных при действии 1,0 нормальной и 80% серной кислоты, «Химизация социалистического земледелия», 1934, № 8.

24. Скопинцев Б. А. и Брук Е. С., Исследование регенерации соединений азота и фосфора при разложении отмершего планктона, ДАН СССР, т. XXVI, 1940, № 8.

25. Скопинцев Б. А., Об изменении содержания азота и фосфора в терригенных взвешенных частицах в водной среде, Известия АН СССР, т. XII, 1948, № 2.

26. Boysen-Jensen P., Studies concerning the organic matter of the Sea bottom. From report of the Danish. Biolog. St., vol. 22, 1914.