

ОБЩАЯ И ОРГАНИЧЕСКАЯ ВЗВЕСЬ ТОНКОГО ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВОДЫ

Галина П. Щерева

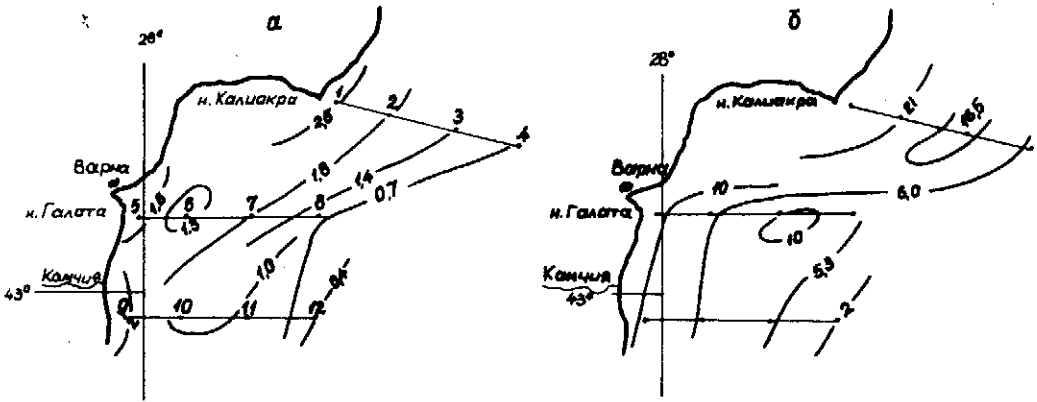
Институт океанологии, БАН (Варна)

Актуальность исследований на границе вода-атмосфера обусловлена тем, что именно здесь происходит изменение фонового состояния и химической структуры веществ. Детальное изучение этой контактной поверхности является обязательным в связи с изучением процессов взаимодействия и обмена между морской водой и атмосферой. Информация по содержанию взвешенного органического вещества поверхностного микрослоя черноморской воды ограничена. Целью настоящей работы являлось изучение распределения общей взвеси и органических форм углерода и фосфора в тонком поверхностном слое (ТПС).

Отбор проб воды производился сеточным пробоотборником, предложенным Гарритом, а из поверхностного (нулевого) горизонта - с помощью батометра БМ 48. Погодная ситуация позволяла вести отбор проб без нарушения микрослоя. Скорость ветра составляла 2-4 м/с, волнение 1-2 баллов. Всего проанализировано 30 проб по следующим показателям: общее содержание взвеси, органический взвешенный углерод, общий и минеральный фосфор взвеси, которые определялись стандартными методами (Методы ..., 1980). Фильтрация проводилась сразу после отбора на борту судна через

фильтры GF/F, предварительно прокаленные при 450°C. Работы велись в августе 1990 года, на трех разрезах в болгарской акватории с расположением станций на расстоянии соответственно 3, 10, 20 и 30 миль от берега, и на трех дополнительных пунктах в глубоководной части моря (№ 13, 14 и 15). Ст. 14 расположена в центральной части моря, а Ст. 13 и Ст. 15 - в районе западной и восточной халистазы.

Содержание взвеси в поверхностной воде и в поверхностном микрослое уменьшается в направлении север-юг. Это подтверждает наши ранние исследования (Dimitrov, 1981; Sh t e r e v a, 1993) и связано с влиянием реки Дуная, которое ослабевает к югу. Формирование поля взвеси в поверхностных водах на шельфе в большей степени обусловлено Южным течением, являющимся главным источником терригенного материала для болгарского шельфа. Роль течения дискутируется в литературе (Dimitrov, 1981; Ч о ч о в, 1984, 1988) в связи с транспортом суспендированного материала Дунайского происхождения и с участием в процессе абразии берега. В результате абрадирующего воздействия волн и течений по данным Ш у й с к о г о (1981) с нашего берега в море постунают ежегодно более чем 1341.10³ m³ материала. В связи с этим можно отметить, что макси-



Фиг. 1. Распределение общей взвеси (mg/l) в поверхностной воде (а) и ТПС (б).

мальное содержание взвеси приурочено к самым близким у берега станциям, в условиях сравнительно незначительного поступления по причине небольшого речного, твердого стока с болгарского берега.

Картина пространственного распределения взвеси на нулевом горизонте демонстрирует тенденцию к уменьшению по направлению от берега (рис. 1). Максимум на Ст. 9 оформлен под воздействием реки Камчия, хотя в летний период вток небольшой. Не так явна эта тенденция в ТПС. Согласно полученным данным, в ТПС происходит концентрирование взвеси (по общему содержанию) в 5-12 раз (табл. 1). Оно выражается коэффициентом K_n , т.е. отношением концентраций в ТПС и поверхностной воде. Поставку взвешенного вещества (ВВ) в морскую воду через атмосферу многие авторы определяют как существенную (В и т ю к, 1983).

Таблица 1. Коэффициенты накопления (K_n) компонентов в ТПС.

Станция	ВВ	Сорг.	Робщ.	Рорг.
1	7.5	6.8	0.7	0.3
2	11.8	14.2	2.6	1.2
3	12.6	18.5	1.6	1.8
4	9.6	14.1	1.1	1.4
5	6.4	4.8	3.7	4.3
6	4.9	7.3	1.1	3.2

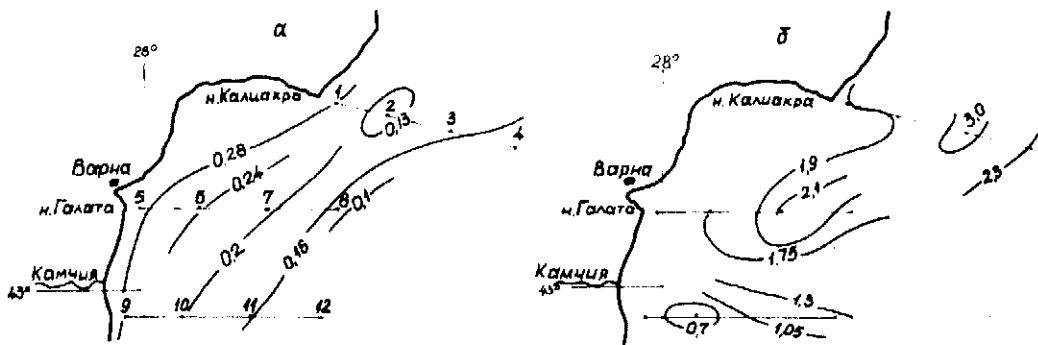
7	5.9	9.9	1.3	1.5
8	8.6	17.0	1.5	1.0
9	5.1	3.2	1.2	1.1
10	5.8	4.9	1.8	1.0
11	5.4	6.5	2.0	1.2
12	4.7	2.1	1.5	1.1
13	7.3	9.0	1.2	< 1
14	7.1	6.4	< 1	4.7
15	5.3	8.2	< 1	< 1

Рождественский (1986) приводит сведения о 33 g/m^2 пыли, осадившейся на поверхность Варненского залива. Роль эолового фактора для формирования взвеси в поверхностной воде и на границе раздела вода-воздух, конечно важна. Значителен и вклад источников обеспечивающих поступление взвеси в результате процессов протекающих в море, а именно в результате деятельности фотосинтезирующих организмов, аэрации и трансформации веществ из растворенного состояния при разрушения оболочек пузырьков и т.д. В связи с этим отметим, что на самых удаленных от берега станциях (глубина $> 2000 \text{ m}$) взвесь в ТПС варьирует в узком диапазоне и является в 5-7 раз выше, чем на поверхности моря. Из всех трех разрезов самая высокая степень накопления взвешенного вещества отмечается на разрезе Калиакра.

Взвешенный органический углерод колеблется в поверхностной воде от 110 до 305 $\mu\text{g/l}$, а в ТПС - от 680 до 2 350 $\mu\text{g/l}$. Органическое содержание в ТПС является в среднем около 9 раз больше, чем в подстилающем слое. Данные, приведенные в работе Л ю ц а р е в а (1987) оказываются чуть ниже наших, а коэффициент накопления равен 4. Это различие может быть обусловлено различным сезоном исследований и небольшим числом (3) проб в 1987 г. Р о м а н к е в и ч (1977) приводит обобщенные данные о 1.6-17 кратном обогащении ТПС морской воды органическим углеродом.

С удалением от берега на поверхности замечается четкая тенденция уменьшения $S_{\text{орг}}$ (рис. 2). Обогащение прибрежных поверхностных вод взвешенной органики связано, в известной степени с эвтрофикацией, как отмечают и другие авторы (В о с т о к о в, 1987; С т о я н о в, 1995). В тонком микрослое обрат-

зультате перехода органических веществ из растворенного во взвешенное состояние при лопании газовых пузырьков (Б е з б о р о в, 1984) и этот способ доставки ВВ приобретает большее значение в зонах удаленных от берегов, где влияние терригенных источников минимально. Конечно, механизм перехода растворенного органического вещества во взвешенное состояние окончательно не выяснен. Сравнивая установленные экспериментально и теоретически рассчитанные по уравнению Гибса концентрации $S_{\text{орг}}$ на границе вода-воздух, Б е з б о р о в (1984) доказывает обогащение ТПС прежде всего за счет адсорбционных процессов. Концентрирование органического вещества приводит к изменению соотношения минеральной и органической компоненты взвеси, т.е. увеличивается не только содержание $S_{\text{орг}}$ в ТПС, но и его доля в составе сухой взвеси. Отношение $S_{\text{орг}}/СВ$ в микрослое порядка 11.0-28.6 % при 10.2-24.2



Фиг. 2. Распределение взвешенного $S_{\text{орг}}$ (mg/l) в поверхностной воде (а) и ТПС (б).

ная тенденция.

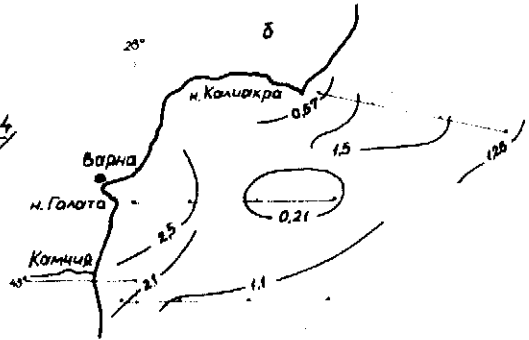
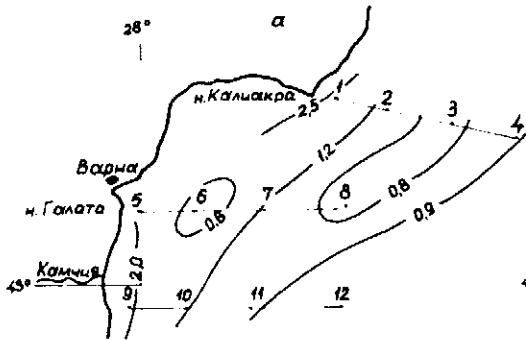
Противоположное распределение $S_{\text{орг}}$ в обоих слоях обусловлено разными путями поступления органического вещества и разнообразием факторов, контролирующих это поступление. Например, обогащение ТПС взвешенным органическим веществом происходит и в ре-

% на поверхности. Высокое органическое содержание связано не только особенностями состава и структуры граничного слоя (А н д р е в, 1984; Б е з б о р о в, 1984), но и скоплением живых организмов, респ. накоплением продуктов их деятельности и их разложения.

По аналогии с общей взвесью органи-

ческий углерод в ТПС уменьшается в южном направлении и это приводит к более высокому коэффициенту накопления на разрезе Калиакра (табл. 1).

Взвешенный фосфор - важен параметр продукционно-деструкционных процессов (Я к у ш с в, 1987). Содержание общего фосфора взвеси ($P_{\text{общ}}$) колеблется от 1.04 до 3.24 mg/l в поверхностных водах и от 1.12 до 2.36 mg/l в поверхност-



Фиг. 3. Распределение $P_{\text{орг}}$ (mg/l) в поверхностной воде (а) и ТПС (б).

ном микрослое. В большинстве случаев его концентрация на границе раздела вода-атмосфера превышает эту же на нулевом горизонте. Аккумуляция общего фосфора в ТПС часто осуществляется за счет минеральной формы ($P_{\text{мин}}$). Коэффициент накопления минерального фосфора в интервале 1.6-6.7.

Отношение $P_{\text{общ}}/СВ$ поверхностной воды ($0.11 \div 0.66\%$) вполне совместимо с интервалом, указанным Р о м а н к с в и ч е м (1977). Оно максимально на разрезе Галата ($> 0.4\%$). В этом же районе отмечается и другая особенность: органический фосфор в полосе до 20 миль становится меньше (23-49%), чем минеральный. На всех остальных станциях, включая Ст. 8 (30 миль Галата), преобладает органическая форма взвешенного фосфора. Доля $P_{\text{орг}}$ в общем содержании фосфора составляет 44-84% на поверхности и 28-65% в микрослое. Сред-

ние значения $P_{\text{орг}}/P_{\text{общ}}$ взвеси этих двух горизонтов соответственно 70.2% и 50.8%.

Оказывается, что фосфор накапливается в ТПС в меньшей степени, чем органический взвешенный углерод (табл. 1). Средний коэффициент накопления $P_{\text{орг}}$ составляет 1.7. Для сравнения интересно привести данные по растворенному фосфору в ТПС. Содержание растворенного $P_{\text{орг}}$ выше в 3 раза, а $P_{\text{мин}}$ в 5 раз,

чем в подстилающей воде.

Подобно углероду максимальные концентрации фосфора приурочены к три-мильной зоне (рис. 3).

На основе полученных результатов можем сделать следующие предварительные заключения. На границе раздела море-атмосфера осуществляется накопление ВВ, которое максимально на разрезе Калиакра. Содержание общей и органической взвеси возрастает соответственно в 9 и в 7 раз. Аккумуляция в ТПС происходит в большей степени по углероду, чем по фосфору. Увеличение концентрации органических веществ приводит до изменения соотношения органической и минеральной составной части взвеси. Соотношение $C_{\text{орг}}/СВ$ становится 28%. Накопление фосфора - за счет минеральной формы, хотя преобладающей является органическая.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев, Г. А., 1984. Антропогенни изменения в химизма на българската черноморска акватория и някои крайбрежни езера. Дис. труд. Б е з б о р о д о в, А. А., В. Н. Е р е м е е в, 1984. Физикохимические аспекты взаимодействия океана и атмосферы. Киев, Наукова думка, 190 с. В и т ю к, Д. М., 1983. Взвешенное вещество и его биогенные компоненты. Киев, Наукова думка, 204. В о с т о к о в, С. В., 1987. Взвешенное органическое вещество в открытых водах Черного моря весной 1984 г. - В: Современное состояние экосистемы Черного моря, 59-67. Л ю ц а р е в, С. В., Е. А. Р о м а н к с в и ч, 1987. Органический углерод, азот и фосфор в водах болгарского шельфа. - Биогеохимические исследования болгарского шельфа. М., 17-25. Методы исследований органического вещества в океане. 1980, М., 343 с. Р о ж д е н с т в е н с к и й, А. В., 1986. Хидрохимия на българския сектор на Черно море. София, БАН, 189 с. Р о м а н к е в и ч, Е. А., 1977. Геохимия органического вещества в океане. М., Наука, 253 с. Ч о ч о в, С. Д., 1984. Роль поверхностных течений в

процессах осадкообразования на болгарском черноморском шельфе. - В: Изучение геологической истории и процессы современного осадкообразования Черного и Балтийского морей. Киев, Наукова думка, 92-98. Ш у й с к и й, Ю. Д., 1981. Опыт изучения баланса осадочного материала в береговой зоне Черного моря. - Геологический журнал, т. 41, № 5, 82-89. Я к у ш е в, Е. В., Л. И. К о р ж и к о в а, 1987. Черты вертикального распределения взвешенного фосфора в Черном море. Там же, 49-53. С h o c h o v, S. D., D. P. S o l a k o v, 1988. Dynamics of suspended matter distribution in May 1987 along the Bulgarian Black Sea Shelf. Comp. rend. de l'Acad. Bulg. des Sci., т. 41, 10, 89-92. D i m i t r o v, P. S., A. S. S t o y a n o v, G. P. S h t e r e v a, 1981. On the distribution of suspended material in the western part of the Black sea water area. - Докл. БАН, т. 34, № 10, 1429-1431. S h t e r e v a, G. P., S. P. M o n c h e v a, 1993. Suspended matter and its phytoplankton component along the Bulgarian Black Sea coast. Comp. rend de l'Acad. Bulg. des Sci., т. 46, № 7, 103-106.

TOTAL AND ORGANIC SUSPENDED MATTER IN THE BLACK SEA WATER OF THE THIN SURFACE LAYER

Galina P. Shtereva

Institute of Oceanology, BAS (Varna)

SUMMARY

The content of total suspended matter, particulate organic carbon and organic phosphorus in the thin surface microlayer and surface waters are studied and compared.

The results are based on tree transects

samples of 12 stations in front of the Bulgarian Black sea coast.

The established higher concentrations in the thin surface layer of the sea-atmosphere boundary shows accumulation of organic suspended matter there.

Постъпила на 10.11.92 г.