



АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

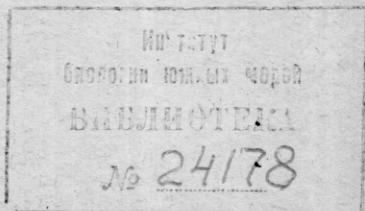
ПРОВ 201

БИОЛОГИЯ МОРЯ

Вып. 27

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ВОДООБМЕНА
В ЧЕРНОМ МОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1972

мина B_{12} из макрофитов в воду или они поступают в нее только после отмирания растений – сказать трудно, так как для этого необходимы специальные наблюдения.

Л и т е р а т у р а

Куцева Л.С. Микробиологические методы определения витамина B_{12} . – В кн.: Витаминные ресурсы и их использование. Изд-во АН СССР, 1961.

Куцева Л.С., Букин В.Н. Морские водоросли и сапропели как источники витамина B_{12} . – ДАН СССР, 115, 4, 1957.

Нижегородова Л.Е. Бактерии-антагонисты и продуценты витамина B_{12} в илах р. Дунай и предустьевом взморья. Автореф. канд. дисс. К., 1967.

Супрунов А.Т., Муравская З.А. О методе определения витамина B_{12} в морской воде. – В кн.: Тр. Севастоп. биол. ст., 16. Изд-во АН УССР, 1963.

Чайковская С.М., Дружинина Е.Н. Упрощенный чашечный метод определения концентрации витамина B_{12} . – Микробиология, 26, 5, 1957.

Burkholder P.R. Vitamin-producing bacteria in the sea. – In: Preprints Inter. Oceanogr. Congr. A.A.A.S. Washington, 1959.

Burkholder P.R. a. Burkholder L.M. Vitamin B_{12} in suspended solids and marsh muds collected along the coast of Georgia. – Limnol. Oceanogr., 1, 3, 1956.

Ericson L.E. a. Lewin L. On the occurrence of vitamin B_{12} factors in marine algae. – Arkiv. Kemi., 6, 40, 1953.

Ford J.H. a. Holdsworth E.S. An improved bioautographic technique. – Biochem. J., 53, 3, 1953.

Lundin H. a. Ericson J. E. On the occurrence of vitamins in marine algae. – Second Inter. seaweed Symp., Pergamon Press, L.-N.Y., 1956.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СТОКЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ВЗВЕСИ РЕК В ЧЕРНОЕ МОРЕ

Д.М. Витюк, М.А. Добжанская, В.М. Чистенко

С точки зрения гидробиологии взвешенному веществу воды принадлежит двоякая роль. Во-первых, органическая часть взвеси является кормовой базой водных организмов. Во-вторых, разделяющая твердую и жидкую фазы поверхность взвешенных частиц, будучи высоко развитой, обладает специфическими физико-химическими свойствами, актив-

но влияющими на многие биохимические процессы моря. Обе стороны, дополняя и усиливая друг друга, определяют тот большой интерес к взвесям, который проявляется в последнее время.

Состав и происхождение взвеси в различных районах Мирового океана заметно различается. В открытой его части, на значительном удалении от материков, поступление взвешенного материала происходит главным образом за счет развивающихся в воде организмов. В этих районах терригенные выносы большого значения не имеют. В прибрежных водах, в зависимости от характера связи того или иного моря с океаном и от числа и величины впадающих рек, сток может оказывать значительное, а иногда и определяющее влияние на количество, распределение и состав взвешенного материала.

Примером относительно закрытого водоема, связи которого с океаном очень ослаблены, а величина речного стока значительна, служит Черное море, имеющее площадь зеркала около 423 тыс.км², объем около 530 тыс.км³ и ежегодно принимающее до 350 тыс.км³ речной воды (Бруевич, 1953). С водами рек выносятся в растворенном и взвешенном состоянии многие вещества. Настоящая статья составляет одно из звеньев в цепи исследований, ставящих своей целью выявить количество органического вещества, поступающего в Черное море со взвесью рек, и установить его значение в общем балансе органического вещества моря.

Прямые количественные определения органического вещества взвеси рек, впадающих в Черное море, немногочисленны. В табл. I приведены данные Н.М.Страхова (1961) о содержании органического углерода в твердых осадках, полученных после выпаривания воды некоторых рек. Эти данные, в частности, для Днепра и Дуная единичны. Применяемый Н.М.Страховым для этой цели метод не исключает значительных потерь органических соединений вследствие улетучивания и частичного разложения их при выпаривании воды и высушивании твердого осадка (Витюк, 1965).

Т а б л и ц а I
Содержание $C_{орг.}$ в твердых осадках воды некоторых рек
(по Н.М.Страхову, 1961)

Район наблюдений	$C_{орг.}\%$
Днепр у Херсона	6,67
" у Верхнеднепровска	8,73
Дон у станицы Донская	2,14
" " Аксай	3,78
Дунай у Измаила	1,53
Кубань у Краснодара	1,54
" " Темрюка	1,35
Риони у Пхакая	0,74
Чорох у Батуми, 1956 г.	1,38
" " " 1957 г.	0,66

Б.А.Скопинцев и Л.П.Крылова (1955) в пробах речной воды определяли перманганатную окисляемость и содержание органического углерода. Анализировали как натуральную воду, так и ее фильтрат после стеклянного фильтра № 4 со слоем сернокислого бария. Содержание органического углерода во взвеси днепровской воды у Киева, вычисленное на основании данных Скопинцева и Крыловой, составило в сентябре 1951 г. 0,7 мг/л, в мае 1952 г. – 1,3 мг/л.

В.Г.Дацко (1959) определял органический углерод в пробах воды из устьев некоторых впадающих в Черное море рек. Определения $C_{орг.}$ велись раздельно в свежей нефilterованной воде и в осадке, выпавшем при месячном стоянии пробы. Содержание $C_{орг.}$ в осадке составило соответственно для воды Дуная 2,11 и 1,30 мг/л, Днестра – 1,38 и 1,90 и Днестра – 2,57 и 1,23 мг/л.

Ю.Г.Майстренко (1965, 1961) опубликовал данные многолетних наблюдений по перманганатной окисляемости и содержанию $C_{орг.}$ как в фильтрованной, так и в нефilterованной воде Дуная и Днестра. Вычисленные на основании его материалов величины годовых стоков взвешенного органического вещества (в тыс.т) приведены ниже:

Река	Годы									
	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
Дунай	116	396	450	368	348	400	508	392	838	560
Днепр	-	-	57	11	1112	17,8	20	52	51	128

Согласно этим данным, годовой сток взвешенной органики Дуная с 1950 по 1958 г. не подвергался резким изменениям по сравнению со средней величиной (417 тыс. т). Напротив, сток Днестра претерпевал резкие отклонения. В частности, в 1953 г. Майстренко (1961) отметил необычно низкую величину (107,8) стока растворенного органического вещества, составляющую, по-видимому, исключение, как не характерен и вычисленный нами сток взвешенной органики в 1953 г. В связи с этим средняя величина годового стока органической взвеси Днестра приведена в виде дроби: в числителе – сток с учетом данных за 1953 г. составит 180,5 т, а в знаменателе – без их учета 74,4 т. Последняя величина, очевидно, более показательна для рассматриваемого периода.

В настоящей статье излагаются материалы по определению взвеси, собранные в августе 1969 г. в приустьевых участках Дуная, Днестра, Южного Буга и Днестра. Пробы воды брали с различных горизонтов – от поверхности до дна. Забор проб производили хлорвиниловым батометром емкостью 4 л.

Непосредственно из батометра воду пропускали через фитопланктонный газ с диаметром отверстий 100-110 мк, чем устанавливали верхний предел размеров частиц собираемой взвеси. Затем пробу воды немедленно фильтровали через мембранный ультрафильтр "Синпор", предварительно доведенный до постоянного веса высушиванием над хлористым кальцием. Диаметр фильтра составлял 60 мм, размер пор 0,3-0,5 мк. Воду фильтровали в течение четырех - шести часов под давлением в латунных закрытых стаканах, снабженных обоймой для фильтра. Величину избыточного давления (0,5-0,6 атм) регулировали разностью уровней фильтрующейся жидкости (5-6 м). Объем отфильтрованной воды измеряли с точностью до 10 мл.

Осадок на фильтрах промывали дистиллированной водой, фильтры помещали в неплотно закрытые чашки Петри и выдерживали в затемненном месте до воздушно-сухого состояния. Затем фильтры доводили до постоянного веса в эксикаторе над хлористым кальцием при комнатной температуре. Взвешивали с точностью до четвертого знака. Вес сухого остатка, вычисленный по разности и отнесенный к объему отфильтрованной воды, принимали в качестве величины содержания взвеси (мг/л).

Органическую и минеральную составляющие взвеси и содержание в ней карбонатов определяли непосредственно на фильтрах по методике, описанной ранее (Витюк, 1970).

В табл. 2 приведены результаты определения взвеси в воде приустьевых участков Дуная, Днепра, Днестра и Южного Буга по наблюдениям в августе 1969 г. По этим данным среднее содержание суммарной взвеси составило соответственно 35,34, 4,55, 24,37 и 26,51 мг/л. Полученные величины относятся к строго ограниченной фракции взвешенного вещества с размерами частиц от 0,3-0,5 мк до 100-110 мк. Поэтому они ниже величин средней мутности, приводимых Страховым и др. (1954) и В.Н.Михайловым и К.Дьякону (1963). Согласно Страхову, средняя мутность вод Днестра составляет 250 г/м³, Днепра - 37 г/м³ и Ю.Буга - 200 г/м³. Средняя мутность воды Дуная, по данным Михайлова и Дьякону, достигает 340 г/м³.

Пределы дисперсности от 0,3-0,5 мк до 100-110 мк мы приняли как наиболее характерные для относительно стабильных фракций взвеси открытых районов моря. Содержание взвеси, отмеченное в Дунае, близко к содержанию суспендированного вещества в заливе Голландского Вадден зе (Postma, 1954). В пространственном распределении величина содержания взвеси на поверхности в августе 1969 г. закономерно убывает от Дуная к Днепру, то есть по направлению с

Т а б л и ц а 2

Содержание взвеси и ее минеральной и органической составляющих в приустьевых участках рек северо-западного района Черного моря (август 1969 г.)

Дата	Район наблюдений	Общая глубина, м	Гори- зонт, м	Суммар- ная взвесь, мг/л	Мине- ральная часть взвеси, мг/л	Карбо- наты (в пересче- те на СаСО ₃), мг/л	Органи- ческая часть взвеси, мг/л	Отно- шение орга- ниче- ской час- ти к ми- неральной	Отно- шение СаСО ₃ к ор- гани- ческой части
24.УШ	Дунай, фарватер Очаков- ского рукава у Вилково	14	0 5 10 13,5	45,41 37,66 30,76 27,55 35,34	36,41 30,77 25,68 23,39 29,06	1,22 1,05 0,89 0,61 0,94	9,00 6,89 5,08 4,16 6,28	0,25 0,22 0,20 0,18 0,21	0,134 0,152 0,175 0,147 0,150
26.УШ	Среднее Днепровский лиман, у с. Николаевка вторая	2,5	0 При- дон- ный	23,24 25,50 24,37	16,78 20,56 18,67	0,73 0,75 0,74	6,46 4,94 5,70	0,38 0,24 0,31	0,113 0,152 0,130
27.УШ	Южный Буг, фарватер, 6 км выше Нико- лаева	6,0	0 3 5,5	11,70 24,46 43,36 26,51	3,14 17,76 34,01 19,97	0,34 0,79 1,27 0,80	3,56 6,70 2,35 6,53	0,44 0,38 0,28 0,37	0,096 0,118 0,136 0,123
29.УШ	Среднее Днепр, фарватер, у с. Большая Зорубевка	7,0	0 3 6,5	3,65 4,28 5,74 4,55	1,84 2,44 3,41 2,56	0,31 0,21 0,40 0,30	1,81 1,84 2,33 1,99	0,98 0,75 0,68 0,80	0,171 0,114 0,172 0,151

юго-запада на северо-восток. В данном случае воды Днестра характеризовались наиболее низкими показателями. Та же тенденция наблюдалась и в распределении величин среднего содержания взвеси (величина среднего содержания взвеси для каждой реки вычислена как среднее арифметическое из суммы определений по приводимым горизонтам). Однако в Южном Буге за счет резкого повышения содержания взвеси в придонном слое средняя величина взвеси была несколько выше (26,51 мг/л), чем в Днестровском лимане (24,37 мг/л). В вертикальном распределении содержания взвеси исследуемые реки несколько различаются. В исследованном районе Дуная, где общая глубина составляла 14 м, максимальное содержание взвеси отмечено на поверхности (0 м), с глубиной количество взвеси уменьшалось. Более мелководные Днестровский лиман, Южный Буг и Днепр характеризуются отчетливо выраженным увеличением содержания взвеси с увеличением глубины, что, возможно, в общем случае обусловлено относительно большим влиянием осадков дна. Изменения содержания взвеси с глубиной, отнесенные к каждому метру увеличения глубины, представлены в виде послойных градиентов в табл. 4. Наиболее высокий положительный градиент (+12,60) отмечен для слоя 3 - 5,5 м в Южном Буге, самый низкий (+0,21) в водах Днепра в слое 0 - 3 м. Во всей толще дунайских вод градиенты сравнительно невысокие (0,92-1,55) и имеют отрицательный знак.

Т а б л и ц а 3

Градиенты распределения содержания взвеси по вертикали,
мг/л на 1 м

Река	Слой, м	Градиент
Дунай	0 - 5,0	-1,55
"	5,0-10	-1,38
"	10 - 13,5	-0,92
Днестровский лиман	0 - 2,5	+0,90
Южный Буг	0 - 3,0	+4,25
"	3,0 - 5,5	+12,60
Днепр	0 - 3,0	+0,21
"	3 - 6,5	+0,58

Резко отличающаяся средняя величина содержания взвеси в Днепре (4,55 мг/л) от величины ее содержания в Дунае (35,34 мг/л), Днестре (24,37 мг/л) и Южном Буге (26,50 мг/л), по-видимому, является следствием высокой степени зарегулирования днепровских вод. Искусственные водохранилища, созданные на Днепре от Киева к Каховке, играют роль отстойников, на дно которых оседает большое количество органических и минеральных веществ.

Наряду с суммарной взвесью в табл. 3 также представлены раздельно данные по содержанию ее минеральной и органической составляющих. Кроме того, приводится содержание карбонатов как одного из слагаемых минеральной части взвеси. Все карбонаты пересчитали на CaCO_3 . Исследованная взвесь состояла большей частью из веществ минерального характера, но по величине отношения между органическими и минеральными компонентами рассматриваемые реки различаются. В содержании органической части взвеси в поверхностном слое также наблюдается уменьшение от Дуная к Днепру. Если в Дунае количество органической взвеси на 0 м составляло 9 мг/л, то на том же горизонте в Днестре — 1,81 мг/л. В Дунае и Днестровском лимане с глубиной доля органической части взвеси снижалась, а в Ю.Буге и Днестре — увеличивалась. Вместе с тем, в реках с более низким содержанием суммарной взвеси показатели величин отношения органической части к минеральной оказались выше (орг./мин., табл. 2). Например, средняя величина этого отношения для Днестра составляет 0,8, а для Дуная — лишь 0,21. Причина этого, по-видимому, заключается в степени зарегулирования стока. Органические частицы взвеси в силу их физико-химических свойств обладают меньшей скоростью оседания, чем тяжелые минеральные.

Рассматриваемые реки относятся к типу равнинных, несущих небольшое количество обломочных карбонатов (Страхов, и др., 1954). Найденное нами среднее содержание карбонатов в пересчете на CaCO_3 колебалось в пределах 0,3–0,94 мг/л. В распределении содержания взвешенных карбонатов также наблюдалось стремление к уменьшению их величин по направлению от Дуная к Днепру. Однако в распределении их относительного содержания в составе взвешенного вещества тенденция противоположна. Так, во взвеси Дуная доля карбонатов составляет 2,66%, Днестра — 3,05%, Южного Буга — 3,03% и Днестра — 6,91%. Таким образом, несмотря на то, что в единице объема воды Днестра общее содержание взвеси в среднем почти в восемь раз меньше, чем в Дунае, относительное содержание карбонатов в днепровской взвеси более чем в два раза превышает его во взвеси Дуная. В результате частичного осаждения взвеси, связанного с зарегулированием стока, относительное содержание карбонатов ее состава возрастает. Это свидетельствует о том, что карбонаты, подобно органическому веществу, более прочно удерживаются во взвешенном состоянии, чем прочие компоненты взвеси.

Отмеченный параллелизм в относительной стабильности карбонатной и органической частей взвеси по сравнению с остальной минераль-

ной ее частью, по-видимому, связан со свойствами и генезисом карбонатов. Можно предположить, что карбонаты взвеси образуют с ее органическими соединениями комплексы, способствующие удерживанию карбонатов во взвешенном состоянии. Эти карбонатно-органические комплексы, вероятно, и являются той причиной, которая понижает скорость выпадения карбонатов в осадок и при прочих равных условиях обеспечивает сравнительно высокую стабильность карбонатной взвеси. Данное предположение находит свое косвенное подтверждение в величинах отношения CaCO_3 к органическому веществу ($\text{CaCO}_3/\text{орг.}$). Последние (за небольшим исключением) колеблются в относительно узких пределах - от 0,13 до 0,17.

Полученные данные позволили вычислить ориентировочные величины органического вещества, вносимого в Черное море со взвесью рек северо-западного района (табл. 4). Количество органического вещества, поступающего со взвесью рассматриваемых рек, составляет в общей сумме около 1424 тыс. т/год. Из них наибольшее количество (87,65%) вносит со взвесью Дунай. На долю остальных рек приходится лишь 12%, то есть около 176 тыс. т/год. Меньше всего вносит со взвесью Ю.Буг - 1,08%, или 15,4 тыс. т/год, что обусловлено его низким годовым стоком.

Мы попытались сопоставить величины органического вещества, вносимого со взвесью, с количеством органического вещества, синтезируемого фитопланктоном. Вычисление годовой продукции фитопланктона проводили по двум различным показателям. В одном случае за исходный показатель продукции приняли величину, полученную по C^{14} , которая, по наблюдениям Т.М.Кондратьевой и З.З.Финенко (1970), в Черном море составляет 112 г С под 1 м² в год, при переводном коэффициенте в биомассу 42 (Cushing a. all, 1958). Во втором варианте исходили из величин наличной биомассы фитопланктона в Черном море. Согласно данным Г.К.Пицыка (1954), биомасса фитопланктона всего живого слоя в среднем составляет около 5 млн.т. При вычислении общей биомассы фитопланктона Черного моря средний коэффициент П/Б принят 1/5, площадь Черного моря - 423 000 км².

При расчете содержания органического вещества в сухом весе фитопланктона исходили из данных определения химического состава черноморского фитопланктона (Ланская, Витюк, Рожанская, 1964). По этим данным, фитопланктон Черного моря содержит в среднем 87% воды и лишь 13% сухого остатка. В последнем, в свою очередь, содержится 29,6% зола и 70,4% органического вещества.

После расчетов получили следующие величины. Продукция фи-

топланктона, по данным C^{14} , составляет в среднем 1990 млн. т/год, по расчетам суточной биомассы – 2740 млн. т/год в среднем, то есть величины сравнительно близкие. Годовое поступление органического вещества в сухом весе в первом случае составляет округленно 182 млн. т/год, во втором – 251 млн. т/год. Все полученные величины рассматриваются как ориентировочные.

Эти данные показывают, что даже при полном учете органического вещества, вносимого со взвесью всеми реками Черноморского бассейна, подавляющая часть вновь поступающего органического вещества автохтонного происхождения. И все же органике, поступающей с речной взвесью, в круговороте вещества в Черном море принадлежит значительная роль, особенно в сравнении с открытыми районами океана.

Т а б л и ц а 4

Ориентировочные величины годового стока взвеси, вносимой в Черное море реками северо-западного района

Река	Годовой сток воды, 10^3 км ³ *	Годовой сток взвеси, тыс. т			Доля взвеси, вносимой каждой рекой, %	
		суммарная взвесь	минеральная часть	органическая часть	суммарная взвесь	органическая часть
Дунай	198,7	7022,0	5774,0	1248,0	92,70	87,65
Днестр	10,0	243,7	186,7	57,0	3,22	4,00
Южный Буг	2,7	71,5	56,1	15,4	0,94	1,08
Днепр	52,0	236,6	133,1	103,5	3,14	7,27
Общее количество	263,4	7573,8	6149,9	1423,9	100	100

* Величины годового стока заимствованы для Дуная из работы В.Н. Михайлова и К. Дьякону (1963), для остальных рек – из статьи А.М. Алмазова (1961).

Л и т е р а т у р а

Бруевич С.В. Химия и биологическая продуктивность Черного моря. – В кн.: Тр. Ин-та океанологии, 7, 1953.

Витюк Д.М. Некоторые данные о содержании органического углерода в поверхностном слое Эгейского моря. – В кн.: Основные черты геологического строения, гидрологического режима и биологии Средиземного моря. "Наука", М., 1965.

Витюк Д.М. Определение органической и минеральной составляющих водной взвеси на ультрафильтрах. – Гидробиол. ж., т. 6, 5, 1970.

Дацко В.Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. Изд-во АН СССР, М., 1959.

Ланская Л.А., Витюк Д.М., Рожанская Л.И. Некоторые данные о химическом составе морских планктонных водорослей, выращенных в условиях искусственного и естественного освещения. - В кн.: Тр. Севастоп. биол. ст., 17, 1964.

Майстренко Ю.Г. Стік органічних речовин Дніпра та Дунаю в Чорне море. - Наук. зап. Одеськ. біол. ст., 3. К., 1961.

Майстренко Ю.Г. Органическое вещество воды и донных отложений рек и водоемов Украины. "Наукова думка", К., 1965.

Кондратьева Т.М., Финенко З.З. Первичная продукция и некоторые аспекты физиологии планктонных водорослей. - В кн.: Проблемы морской биологии, "Наукова думка", 1971.

Михайлов В.Н., Дьякону К. Гидрология устьевой области Дуная. Гидрометеиздат, М., 1963.

Пицък Г.К. О количестве, составе и распределении фитопланктона в Черном море. - В кн.: Тр. Всесоюз. науч.-иссл. ин-та Морского рыбн. хоз-ва и океаногр. (ВНИРО), 28, 1954.

Скопинцев Б.А., Крылова Л.П. Вынос органического вещества крупнейшими реками Советского Союза. - ДАН СССР, 105, 4, 1955.

Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.М., Разживина А.Н., Ратеев М.А., Сапожников Д.Г., Шишова Е.С. - В кн.: Образование осадков в современных водоемах. Изд-во АН СССР, М., 1954.

Страхов Н.М. О некоторых закономерностях денудации и переноса осадочного материала на площадях гумидных климатов. - В кн.: Современные осадки морей и океанов. Изд-во АН СССР, М., 1961.

Cushing D.H., Humphrey G.F., Banse K., Lacvasty T. Report of the Committee on Terms and Equivalents. Reports et proces verbeaux des réunions. - Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 144, 1958.

Postma H. Hydrography of the Dutch Wadden Sea. - Archives Néerlandaises de Zoologie, 10, 4, 1954.