

Е. А. РОМАНКЕВИЧ

СВЯЗЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЗВЕСИ, ДОННЫХ ОСАДКОВ И БЕНТОСА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ

(Представлено академиком Л. А. Зенкевичем 3 VII 1970)

Многие биологические, химические и литологические явления в океане теснейшим образом связаны с превращением живого и биокосного органического вещества. Материалы, накопленные к настоящему времени, позволили обосновать представление об унаследованном распределении органического вещества взвеси и донных осадков от распределения в океане продукции фитопланктона (¹). В несоответствии с этим основным положением находятся данные Мензела (²), который пришел к выводу об отсутствии связи между количеством взвешенного и растворенного органического вещества, находящегося в зоне фотосинтеза и в нижележащей толще воды, а также о полном однообразии и постоянстве его распределения по вертикали глубже 75—150 м. В связи с этим представляют интерес новые материалы по этому вопросу, полученные при комплексных биологических, гидрохимических и литологических исследованиях юго-восточной части Тихого океана (рис. 1). В работах, посвященных этому району, были рассмотрены основные закономерности распределения гидрологических (³) и гидрохимических характеристик (⁴), первичной продукции (⁵), сетного планктона (⁶), органического вещества в толще воды и в донных осадках (⁷), микрофлоры (⁸) и бентоса (⁹). Результаты позволяют сопоставить эти показатели и установить связь между ними (рис. 2).

Главным природным фактором, определяющим особенности юго-восточной тропической части Тихого океана, является холодное Перуанское течение, вызывающее сгон прибрежных вод и поднятие в фотическую зону глубинных вод, обогащенных биогенными элементами. Там, где подъем холодных вод максимальный (область перуанского шельфа между 7—14° ю. ш.; станции №№ 298, 285, 273; рис. 2), поверхностные слои воды характеризуются максимальными величинами продукции фитопланктона — 870 мг С на 1 м² в день, 6,08 г С на 1 м² в день (⁵); наибольшим содержанием клеток фитопланктона, в составе которого господствуют диатомовые водоросли 107,7—195,1 млн кл/м³ (⁶); взвешенных углеводов (75,4—109,4 мкг/л (⁷)); гетеротроф-



Рис. 1. Район исследования. Точками и цифрами показаны местоположение и номера станций, сплошной линией — разрез, представленный на рис. 2. I—III — область океана с различной гидрологической структурой вод (I — экваториальная, II — восточно-субтропическая, III — перу-чилийская; пунктирная линия — граница различных структур по данным (³)).

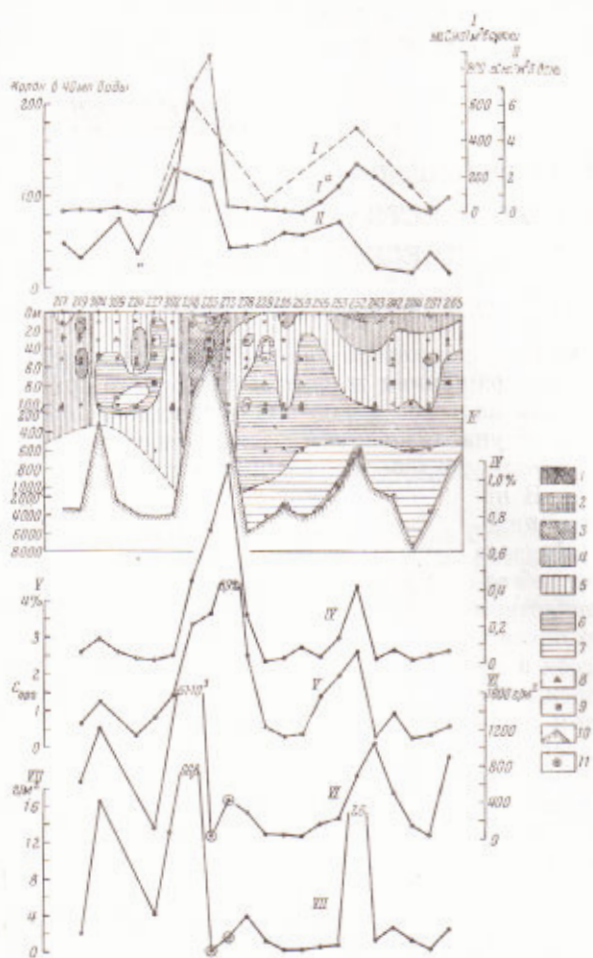


Рис. 2. Распределение продукции фитопланктона, органического вещества и бентоса в юго-восточной части Тихого океана. I — продукция фитопланктона, мг С на 1 м³ в день; Ia — то же, г С на 1 м² в день; II — гетеротрофные микроорганизмы, число колоний в 40 мл воды; III — распределение взвешенных углеводов в толще воды, мг/л; IV — углеводы в поверхностном слое (0—1 см) донных осадков, мг/г сухого вещества; V — $C_{орг}$ в поверхностном слое донных осадков, % от сухого вещества; VI — общая численность бентоса, г/м². Содержание взвешенных углеводов: I — более 100 г/л, 2 — 100—50, 3 — 50—30, 4 — 30—10, 5 — 10—5, 6 — 5—3, 7 — меньше 3, 8 — верхняя граница термоклина, 9 — ядро подповерхностной водной массы, 10 — рельеф дна, 11 — осадки, содержание свободный сероводород в поверхностном слое

тального склона и минимальным в олиготрофных областях ложа океана. Сравнение продукции фитопланктона и содержания взвешенных углеводов в слоях 0—100 м и 0 — дно свидетельствует об унаследованном характере распределения органического вещества в толще воды от распределения его в фотической зоне. Количество гетеротрофных микроорганизмов находится в тесной зависимости от продукции органического вещества и концентрации взвешенных углеводов. Следует отметить, что там, где в толще воды взвешенные углеводы содержатся в большом количестве (прибрежные районы между 7—14 и 21—25° ю. ш.), глубины залегания слоя кислородного минимума, а также максимума фосфатов

ных микроорганизмов (около 180 колоний на 40 мл воды для слоя 0—100 м (*)). В поверхностных слоях здесь отмечены наиболее низкие величины рН (7,54—7,76), минимальное содержание кислорода (до 38% от насыщения), очень высокое содержание биогенных элементов ($P-PO_4$ 2,14—2,68, $Si-SiO_2$ 20,25—36,85; NO_2 4,62—5,45; $N-NO_3$ 4,70—6,35 мкг/л (*)). Экстремальные значения всех гидрохимических характеристик, в том числе наиболее значительные в прибрежном мелководье вертикальные градиенты кислорода (от 6 до менее 0,1 мл/л) при изменениях температуры всего на 3—4° (18—14,5°), связаны с освобождением биогенных элементов и поглощением кислорода при распаде органического вещества, содержание которого, по нашим данным, здесь максимальное.

Между содержанием в поверхностном слое взвешенных углеводов и продукцией фитопланктона имеет место прямолинейная зависимость с высоким коэффициентом корреляции (0,9). По мере увеличения глубины содержание взвешенных углеводов на большинстве станций уменьшается. Однако на всех глубинах их количество оказывается максимальным в области шельфа, значительно меньшим в области континен-

наименьшие. Увеличение количества взвешенных углеводов в слое термоклина (ст. ст. 217, 219, 224, 227), который наиболее отчетливо выражен в пределах экваториальной структуры вод, связано со скоплением здесь планктона и продуктов его распада. Появление 1-го максимума нитритов — промежуточного продукта распада органического вещества — приурочено к слоям с повышенным содержанием взвешенных углеводов и общего количества органического вещества.

Унаследованный характер распределения взвешенного органического вещества, наиболее отчетливо выраженный в верхней 200-метровой зоне, в сглаженном виде сохраняется до дна. Это выражается, во-первых, в уменьшении в толще воды ниже эвфотической зоны содержания взвешенных углеводов, во-вторых, в том, что различные по продуктивности районы фотической зоны без существенных смещений проектируются на дно. Отражением этого является характер распределения в донных отложениях органического вещества ($C_{орг}$) и углеводов. При благоприятном сочетании литологических и биологических факторов (оптимальная скорость седиментации минеральных компонентов, малая степень выедания органического вещества донными макро и микроорганизмами в условиях

Таблица 1

Продукция фитопланктона ($\bar{C}$) и взвешенные углеводы в юго-восточной части Тихого океана

Объект	Область шельфа			Область континентального склона			Котловина ложа океана		
	число проб	пределы	среднее	число проб	пределы	среднее	число проб	пределы	среднее
Продукция фитопланктона на поверхности, мг С на 1 м ² в день	4	25—870	368	8	21—199	60	8	2—67	20
Продукция фитопланктона в слое 0—100 м, г С на 1 м ² в день	2	4,7—6,1	5,4	1	1,6	1,6	3	0,43—0,75	0,55
Углеводы, мг/л									
0 м	4	4,9—109,4	50,5	8	5,6—30,8	15,7	8	5,5—12,8	7,7
10	3	7,3—31,1	113,0	4	2,4—33,8	13,8	6	4,7—11,9	7,1
30	4	5,1—38,4	17,5	5	4,9—16,7	11,2	7	1,4—16,4	5,8
40—50	5	4,8—50,6	25,2	6	4,1—40,7	13,2	8	1,9—17,5	7,0
90—100	3	3,6—27,2	12,7	6	1,6—23,5	8,9	6	2,0—8,5	5,0
165—202	2	2,8—11,4	7,1	—	—	—	1	6,4	6,4
600	—	—	—	4	1,5—4,4	3,0	4	1,7—7,6	4,4
2140—4300	—	—	—	3	1,1—6,6	4,5	4	0,4—7,0	3,6
5150—7700	—	—	—	1	2,2	2,2	1	0,9	0,9
Среднее взвешенное 0—100 м	4	5,7—122	44,7	7	6,5—29,7	11,9	8	3,0—13,5	5,6
Среднее взвешенное 0—дно	4	5,4—122	44,0	3	2,6—3,5	3,2	2	1,5—1,9	1,7

Примечание. Первая продукция приводится по данным (2) на тех же станциях, где определены углеводы.

H_2S заражения осадков) в высокопродуктивных районах на дне накапливаются осадки с высоким содержанием органического вещества, а в ряде случаев и значительные абсолютные массы. Расчеты показывают, что на перуанском шельфе глубины дна 50—100 м достигает 30—40% органического вещества взвеси, находящейся в поверхностных слоях океана. Это вещество лишь частично переработано организмами (в основном рыбами-фиитофагами). Вследствие этого здесь формируются своеобразные восстановленные диатомово-костно-терригенные илы и костно-терригенные осадки⁽¹⁰⁾ с высоким содержанием органического вещества (до 10,59% $C_{орг}$ на сухое вещество) и углеводов (до 10 838 $\mu\text{г/г}$). У берегов Чили (21—25° ю. ш.; станции №№ 252, 253, 243, 292), где интенсивность подъема вод меньше, величины первичной продукции (278—153 $\text{мг С на } 1 \text{ м}^3 \text{ в день}$), количество фитопланктона (23 328—16 кл/м^3), содержание взвешенных углеводов (30,8—13,2 $\mu\text{г/л}$), гетеротрофных микроорганизмов (62—15 колоний в 40 мл воды) также значительно снижаются. На узком шельфе и в верхней части континентального склона в условиях интенсивного движения придонных вод отлагаются костно-терригенные алевроиты и пески, практически не содержащие аморфного кремнезема (менее 3%), но характеризующиеся высоким содержанием органического вещества (до 5,17% $C_{орг}$), углеводов (до 9472 $\mu\text{г/г}$) и наличием фосфоритовых образований. По мере удаления из высокопродуктивной перитической зоны в олиготрофную область океана эти отложения фациально замещаются все более окисленными осадками с меньшим содержанием органического вещества: глауконитовыми (глубина распространения 650—2080 м; $C_{орг}$ 2,05—3,70% по средним данным для различных гранулометрических типов), терригенными (глубина 3040—6100 м; $C_{орг}$ 2,02%) и, наконец, на ложе океана резко окисленными терригенными илами и красными глубоководными глинами (глубина 4040—4830 м, $C_{орг}$ 0,41%).

В соответствии с изменением содержания в осадках общего количества органического вещества и углеводов изменяется численность и биомасса бентоса. Исключением являются лишь осадки с высоким содержанием $C_{орг}$ (ст. №№ 285 и 273) и наличием свободного сероводорода на глубине менее 0,5 см от поверхности дна. В таких осадках численность, видовое разнообразие и биомасса бентоса резко сокращаются. В целом для исследованного района коэффициенты корреляции между биомассой бентоса и содержанием $C_{орг}$ в осадках как +0,76, а биомассой бентоса и углеводами +0,84. Между глубиной океана и численностью и биомассой бентоса зависимость не устанавливается (коэффициенты корреляции соответственно как 0,02 и 0,08). Поэтому использовать количество бентоса как один из критериев выделения глубоководных фаций в истории Земли следует с большой осторожностью⁽¹¹⁾.

Таким образом, приведенные данные подтверждают наличие генетически обусловленной связи между количеством и распределением фитопланктона, его продукции, взвешенного органического вещества в фотической зоне и в толще воды, гетеротрофных микроорганизмов, органического вещества и бентоса в донных отложениях.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
3 VII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. А. Богданов, А. П. Лисицын, Е. А. Романкевич, Органическое вещество современных и ископаемых осадков, «Наука», 1970. ² D. W. Menzel, Deep-Sea Res., 14, № 2 (1967). ³ В. А. Бурков, С. Г. Панфилова и др., Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ⁴ А. Н. Боголюбский, О. В. Шишкина, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ⁵ В. И. Ведерников, Е. Г. Стародубцев, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ⁶ Г. И. Семина, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ⁷ Е. А. Романкевич, И. М. Урбанович, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ⁸ А. Е. Крисс, И. Н. Мидкевич, Микробиология, № 1 (1971). ⁹ Л. А. Зенкевич, Природа, № 10 (1970). ¹⁰ Х. М. Саидова, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 89 (1970). ¹¹ Р. Г. Горецкий, А. Л. Яншин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4 (1970).