

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

38

1991

1. Берлинский Н. А., Тужилкин В. С. Особенности весенне-летней эволюции придонных концентраций кислорода и плотностной стратификации вод в северо-западной части Черного моря // Материалы конф. «Совершенствование управления развитием рекреационных систем» (Севастополь, 4—6 апр. 1985 г.). Ч. I. — С. 31—55. — Деп. в ВИНТИ 16.10.1985, № 7284—В.
2. Нестерова Д. А. Фитопланктонные сообщества в шельфовой экосистеме. Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря // Сб. статей АН УССР. Мор. гидрофиз. ин-т. — Севастополь, 1983. — 152 с.
3. Полищук Л. Н., Настенко Е. В., Гаркавая Г. П. Некоторые особенности состояния пелагического и нейстонного зооценозов Черного моря // Экология моря. — 1984. — Вып. 18. — С. 25—34.

Одес. отд-ние Ин-та биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Одес. гос. ун-т

Получено 29.09.89

N. A. BERLINSKY, Yu. M. DYKHANOV

ON THE PROBLEM OF FORMATION OF THE BOTTOM HYPOXIA IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA

Summary

Hydrological surveys of the north-western part of the Black Sea for 1973—85 give grounds for regioning the hypoxia zones and revealing the relations between their area and the amount of the rivers' fresh-water discharge in certain months of the year. This dependence is most precisely manifested on the example of the Danube river.

УДК 543.8:577.1(262.5)

А. Н. БОБКОВА

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОМОРСКОЙ ВЗВЕСИ

В трансформированном взвешенном веществе, накапливаемом в течение 10 сут в шельфовой зоне Черного моря, определено содержание органического вещества, белка, углеводов. Содержание органического вещества колебалось в различные сезоны в пределах 30—45 мг на 100 мг сухой массы⁻¹, количество белка в сухой навеске составляло 2,5—13%, углеводов — 2—8%. Отмечена тесная корреляционная связь, рассчитаны уравнения линейной регрессии, описывающие зависимости между изучаемыми показателями. В числовой форме зависимость между органическим веществом (У) и белком (Х), органическим веществом (У) и углеводами (Х), углеводами (У) и белком (Х) имеет вид: $Y = 28 + 0,87 X$; $Y = 30,1 + 0,95 X$; $Y = 0,68 + 0,45 X$ соответственно.

Известно, что в море на остатках неживого органического вещества и на минеральных частицах [2, 4—6] поселяются бактерии. Вместе с сопутствующими им водорослями и простейшими они образуют взвесь, которая в процессе седиментации претерпевает значительные превращения и в таком виде, накапливаясь в поверхностном слое донных отложений, служит одним из источников пищи для бентосных гидробионтов. Пищевая ценность того или иного продукта зависит от содержания в нем органического вещества или его отдельных компонентов. Имеющиеся в литературе сведения об органическом составе взвешенного вещества получены в различных акваториях Мирового океана и в разные сезоны, причем в большинстве случаев приводятся результаты анализов свежееотфильтрованной взвеси [1, 5, 8].

Цель настоящей работы — изучение сезонной динамики содержания сухой массы, органического вещества, белка, углеводов, выявление зависимостей между изучаемыми параметрами в частично трансформированном взвешенном веществе, осаждающемся в шельфовой зоне Черного моря.

Материал и методы. Объектом исследований служило взвешенное вещество, которое накапливали в 10-литровом эмалированном сосуде,

© А. Н. Бобкова, 1991

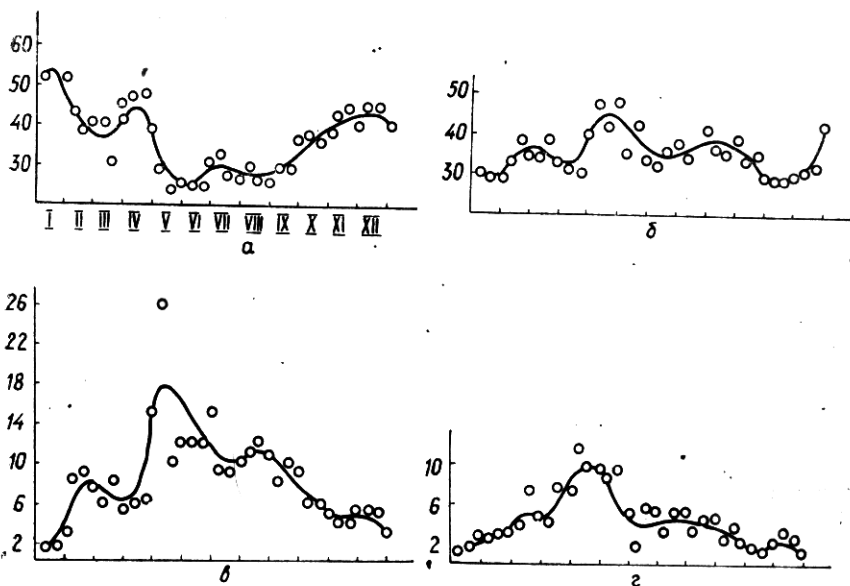
экспонируемом на горизонте 1,5 м в течение 10 дней (диаметр отверстия 12 см, высота сосуда 100 см). За время экспозиции сосуда взвесь, осевшая в нем, подвергалась воздействию как гидробионтов, так и факторов среды, т. е. частично трансформировалась. Накопленную таким образом взвесь центрифугировали со скоростью 4 тыс. об/мин⁻¹, осадок просушивали на фильтровальной бумаге, изолировав его от волокон целлюлозы газом № 65, и использовали для определения изучаемых показателей.

Количество сухой массы, содержащееся в 100 мг навески, устанавливали после просушивания ее при 105 °С. Содержание органического вещества вычисляли по разности массы сухой навески до и после прокаливания ее при 500 °С. Содержание углеводов определяли с помощью антронового реактива [10], белка — по Лоури [9]. Полученные данные обработаны статистически, при построении графиков использован метод скользящей средней [3]. Проведено по 36 определений каждого параметра, каждая точка является средним из 3 определений.

Результаты и их обсуждение. Визуальные наблюдения показали, что изучаемый материал представлял собой однородную массу, в которой лишь в отдельные декады отмечали фрагменты макрофитов или личинные шкурки креветок, которые изымали и в навески для дальнейших определений не включали. Консистенция биомассы в различные сезоны была в большей или меньшей мере слизистой, что значительно влияло на сезонную динамику сухой массы в ней (см. рисунок, а). Максимальное содержание сухого вещества в сырой навеске (45—50%) отмечено в зимние месяцы, минимальные значения наблюдали в летний период, когда изучаемый материал был достаточно слизистым, а сухая масса в нем составляла 25—30%.

Количество органического вещества в различные сезоны колебалось в пределах 30—45 мг 100 мг сухой массы⁻¹ (см. рисунок, б). Следует отметить, что в декады, когда содержание сухого вещества в навеске минимально, а сырая биомасса по консистенции достаточно слизиста (летние месяцы), доля органики была максимальной. И наоборот, чем выше сухая масса, тем ниже содержание органического вещества в ней. Как следует из рисунка, а и б, между величинами, отражающими сезонные колебания сухой массы и содержащегося в ней органического вещества, существует отрицательная связь, теснота которой определяется коэффициентом корреляции, равным $-0,72$.

Содержание белка в 100 мг сухой навески колебалось от 2,5 мг в зимние месяцы до 13 мг в летние (рисунок, в), что составляет 6 и 30% суммарного органического вещества взвеси соответственно. По [1], в зимние месяцы в Ионическом море на глубине 75 м доля белка в суммарном органическом веществе взвеси составляла 11%, что примерно в 2 раза выше наших величин. В тот же период в районе апвеллинга у юго-западного берега Африки величина этого показателя была равна 25,4%, что несколько ниже уровня, наблюдаемого нами в летние месяцы. В Черном море на долю белка приходится 6—21% органического вещества взвеси, в Эгейском — 19—28% [8]. Большинство имеющихся в литературе данных о содержании белка во взвеси в различных акваториях Мирового океана рассчитано авторами для объема воды, из которой была отфильтрована взвесь, поэтому сравнение наших данных с ними затруднено. На кривой (см. рисунок, в), отражающей сезонную динамику содержания белка, отмечено несколько пиков. Первый пик, приходящийся на февраль, видимо, обусловлен интенсивным развитием в этот период диатомовых водорослей. Второй пик, отмеченный в период с мая по октябрь, связан, вероятно, с интенсивным развитием микрофлоры и простейших, питающихся ею. Некоторое увеличение содержания белка, наблюдаемое в августе, видимо, определяется незначительным увеличением численности диатомей на фоне еще достаточно высокого уровня микрофлоры и простейших в изучаемом материале. Ход кривых (рисунок, б и в), отражающих сезонную динамику содер-



Содержание органических компонентов взвеси в различные сезоны:
 а — сухая масса (мг-100 мг сухой массы⁻¹); б — органическое вещество (% сухой массы); в — белок (% сухой массы); г — углеводы (% сухой массы)

жания суммарной органики и белка во взвеси, совпадает на протяжении практически всего года (исключение — декабрь), что свидетельствует о существовании между этими показателями положительной связи, теснота которой определяется коэффициентом корреляции, равным $+0,83$.

Содержание углеводов в сухой навеске колебалось в пределах 2—8%. Максимальные величины отмечены в мае — июне, в другие месяцы содержание углеводов снижалось до 5%, достигая минимума зимой. Доля углеводов в органическом веществе взвеси колебалась в пределах 6—17%. Наши данные близки [1, 6, 8]. Между содержанием углеводов и количеством суммарного органического вещества выявлена тесная положительная связь ($r = +0,83$).

Известно [1], что величины соотношений между количествами углеводов и соединений белковой природы (углеводы/белок) в составе взвеси отражают качественное состояние ее органической части и могут способствовать выявлению ряда превращений, которым она подверглась. Отмечая незначительное количество одновременных определений содержания углеводов и белка во взвеси, а также большой размах колебаний уровня соотношений этих величин, авторы приходят к заключению, что интервал величин отношения от 1,2 до 1,8 присущ свежееотфильтрованному взвешенному веществу. С увеличением глубины, а следовательно, и времени формирования взвеси отношение углеводы/белок увеличивается. Принимая во внимание постоянство места и условий сбора и обработки материала, нами был рассчитан уровень отношения для изучаемой нами взвеси. Полученные величины оказались равными $0,57 \pm 0,04$, что значительно ниже уровня, определенного в [1] для свежееотфильтрованной взвеси, хотя визуальные наблюдения за структурой взвеси и время седиментации свидетельствуют о том, что изучаемый нами материал претерпел значительные превращения, достигнув постоянства этого соотношения в течение всего года.

Расчет соотношения для других параметров (органическое вещество/белок) и органическое вещество/углеводы) показал, что эти величины равны $5,8 \pm 0,67$ и $9,2 \pm 0,74$ соответственно, т. е. и для этих показателей характерно постоянное соотношение в течение года, что наряду с тесной корреляционной связью позволяет говорить о существовании

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

линейной зависимости между изучаемыми параметрами. Уравнения, описывающие эту зависимость, имеют вид

$$Y = 28,0 + 0,87 X_1, \quad (1)$$

$$Y = 30,1 + 0,92 X_2, \quad (2)$$

$$X_2 = 0,68 + 0,45 X_1, \quad (3)$$

где Y — органическое вещество, X_1 — белок, X_2 — углеводы.

Высокие значения свободных членов (28 и 30,1) в первых двух уравнениях, видимо, можно рассматривать как свидетельство того, что

**Корреляционные связи
между биохимическими показателями
взвешенного вещества**

Показатель	r	P
Сухая масса — органическое вещество	—0,72	0,01
Органическое вещество — белок	+0,83	0,01
Органическое вещество — углеводы	+0,83	0,01
Белок — углеводы	+0,81	0,01

синтез белков и углеводов, принадлежащих организмам формирующейся биологической системы, начинается с того момента, когда в окружающей среде (на поверхности твердого субстрата) присутствует определенное количество органического вещества. Вероятно, оно представлено растворенными органическими полимерами, которые, сорбируясь на поверхности минеральных частиц либо фрагментах устойчивого органического вещества (хитиновых образований), образуют комплексы и делают эту поверхность пригодной для оседания живых организмов. По данным [2], на стеклянную поверхность сорбировалось 2—27% органического вещества морской воды. Как только количество органики на поверхности твердого предмета достигало некоторого порогового значения (величина свободного члена в уравнениях (1) и (2)), к поверхности таких подготовленных частиц прикреплялись микроорганизмы и начинался синтез их клеточных структур, формировались сообщества микроорганизмов взвеси.

В уравнении (3), описывающем зависимость между углеводами и белком, значение свободного члена невелико, видимо, синтез этих соединений, принадлежащих организмам взвеси, начинается практически одновременно. В этом же уравнении низким оказался и коэффициент пропорциональности ($B=0,45$), что соответствует нашим данным о величине соотношения углеводы/белок, когда в навеске углеводов примерно в 2 раза меньше, чем белка.

Тесные корреляционные связи (см. таблицу) и стабильность соотношений определяемых биохимических показателей можно рассматривать как количественные оценки связей внутри изучаемой взвеси, которая функционирует как биологическая система (ценоз), поддерживающая баланс органических компонентов. Это согласуется с представлениями [2, 7] о том, что бактерии вместе с простейшими и водорослями образуют полунезависимую от окружающей среды биологическую систему — сообщество микроорганизмов взвеси — с присущими ей механизмами саморегуляции.

Высокие значения свободных членов в уравнениях (1) и (2), описывающих зависимости между содержанием органического вещества и белка или углеводов, свидетельствуют о том, что начальным этапам колонизации субстрата микроорганизмами предшествует фаза накопления на его поверхности определенного количества органического вещества, которое представлено комплексами, образующимися из растворенного органического вещества морской воды на границе раздела фаз (твердое тело — жидкость).

1. Витюк Д. М. Взвешенное вещество и его биогенные компоненты. — Киев: Наук. думка, 1983. — 209 с.
2. Горбенко Ю. А. Микробиоценоотическое образование взвеси морскими микроорганизмами // Изв. АН СССР. Сер. биол. — 1986. — № 4. — С. 505—515.
3. Парчевская Д. С. Статистика для радиоэкологов. — Киев: Наук. думка, 1969. — 115 с.
4. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 240 с.
5. Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане. — М.: Наука, 1977. — 253 с.
6. Старикова Н. Д., Яблокова О. Г. Углеводы в Черном море // Океанология. — 1972. — 12, вып. 3. — С. 431—436.
7. Секи Х. Органические вещества в водных экосистемах. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 200 с.
8. Цымбал И. М., Копытов Ю. П., Диваев И. А. Пространственное и вертикальное распределение органического вещества в отдельных районах Черного и Эгейского морей // Экология моря. — 1990. — Вып. 34. — С. 41—45.
9. Lowry O. H., Rosenbrougn N. J., Farr G. A., Randall R. J. Protein measurement with the folin reagents // J. Biol. Chem. — 1951. — 139, N 1. — P. 138—142.
10. Trevelayn W. E., Harrison J. Z. Fractionation and microdetermination of cell carbohydrates // J. Biochem. — 1952. — 50, N 1. — P. 3—7.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН УССР, Севастополь

Получено 25.07.89

A. N. BOBKOVA

SEASONAL DYNAMICS OF BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BLACK SEA SUSPENSION

Summary

Seasonal dynamics of organic substance, protein and carbohydrates content was determined for 10 days in the suspended substance accumulated in the vessel. Quantitative characteristics of these indices are given, close correlation, stability of relations between them are registered. The equations of linear regression are calculated. On the basis of the obtained results a conclusion is made on functioning of the studied suspended substance as the system balanced according to main biochemical indices. Availability of certain amount of dead organic substance is necessary for initial stages of the system formation in the environment.

УДК 574.4:504.05:551.46 (262.5)

Д. Я. ФАЩУК, Э. З. САМЫШЕВ, Л. К. СЕБАХ, В. А. ШЛЯХОВ

ФОРМЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ЧЕРНОГО МОРЯ И ЕЕ СОСТОЯНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Оценивается комплекс причинно-следственных связей в системе человек (хозяйственная деятельность) — Черное море (условия среды, жизнь). Анализируются последствия эвтрофирования, нефтяного и химического загрязнения стока рек, его регулирования и перераспределения, дампинга, донного тралового промысла рыб для состояния условий среды и жизнедеятельности организмов в водоеме. Показаны механизмы передачи влияния антропогенных нагрузок на жизнь путем изменения условий среды. Антропогенные изменения происходят на фоне естественно-климатических колебаний режима моря, что затрудняет оценку последствий и выяснение тенденций развития процессов. После анализа биологических особенностей основных промысловых объектов моря выполнено экологическое районирование водоема, позволившее выявить роль наблюдающихся изменений среды в жизнедеятельности промысловых объектов (характер поведения, продуктивность, динамика численности).

Обсуждая вопросы влияния хозяйственной деятельности на экосистему Черного моря, мы в первую очередь обращаем внимание на нефтяное и химическое загрязнение. Действительно, по нашим оценкам, с речными водами сюда ежегодно поступает 4—5 км³ сточных вод, т. е. 4% суммарного стока рек. В них содержится 400 тыс. т биогенных ве-

© Д. Я. Фашук, Э. З. Самышев, Л. К. Себах, В. А. Шляхов, 1991