

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



13
—
1983

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕЛАГИАЛИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Антропогенное воздействие на океанологический режим Черного моря в наибольшей степени проявляется в его мелководной северо-западной части, принимающей ежегодно до 70—76% общего стока речных вод. Нарастающее поступление биогенных и токсичных соединений сопровождается негативными явлениями в жизни морской экосистемы и ассоциируется с эвтрофикацией водоема. Вместе с тем основной механизм эвтрофикации — нарушение баланса продукционно-деструкционных процессов — остается вне поля зрения исследователей, чему способствует практически полное отсутствие информации об уровне первичного продуцирования. Инструментальные измерения произведены лишь в августе — октябре 1960 и 1964 гг. [11, 12, 15] и при существенном изменении обилия водорослей [6] не могут служить корректной основой для сравнения.

Учитывая насущную необходимость подобных оценок, мы предприняли попытку расчетным путем воспроизвести уровни первичной продукции, которые могли иметь место в весенне-летние месяцы на протяжении 20-летнего периода (1959—1979 гг.). В сложившейся ситуации метод моделирования не имеет альтернативы и задача сводится к выбору репрезентативного алгоритма, описывающего многофакторную зависимость фотосинтеза.

Материал и методика. Облученность, температура и биогенные соли традиционно учитываются в числе лимитирующих факторов [1]. Менее тривиален учет влияния биотических параметров, в частности размерно-плотностных характеристик сообщества, хотя воздействие их не менее очевидно и существенно [3, 18]. Нижеприведенное уравнение отражает попытку совместить зависимость интенсивности фотосинтеза от обеих групп факторов. Влияние абиотических условий формализовано в соответствии с принципом произведения частных эффектов концентрации биогена и света, корректирующее воздействие размерной структуры фитоценоза введено во все коэффициенты трофодинамической функции. Ингибирующая роль высоких концентраций клеток отражена как в формулировке понятия «обеспеченность биогеном» [3], так и в величине коэффициента экстинкции света:

$$P_{\Sigma \tau_j} = \int_0^{25} B_{\Sigma \tau_j} \{ \exp [f(S_{\Sigma \tau_j}/N_{\Sigma \tau_j}) \varphi(I_{\Sigma \tau_j})] - 1 \} dz, \quad (1)$$

где $B_{\Sigma \tau_j}$, $N_{\Sigma \tau_j}$, $S_{\Sigma \tau_j}$, $I_{\Sigma \tau_j}$ — предикторы, использованные для расчетов (соответственно сырая биомасса водорослей, их численность, концентрация фосфатов и облученность на глубине z).

$$f(S_{\Sigma \tau_j}/N_{\Sigma \tau_j}) = k_{\tau_j} [1 - \alpha_{\tau_j} \exp(-\beta_{\tau_j} S_{\Sigma \tau_j}/N_{\Sigma \tau_j})], \quad (2)$$

где k_{τ_j} , α_{τ_j} , β_{τ_j} — коэффициенты, являющиеся функциями средневзвешенного объема клетки сообщества [3].

$$\varphi(I_{\Sigma \tau_j}) = a_{\tau_j} m_{\tau_j} I_{0\tau_j} \exp(1 - \alpha_{\tau_j} m_{\tau_j} I_{0\tau_j} e^{-\varepsilon_{\tau_j} z} - \varepsilon_{\tau_j} z), \quad (3)$$

где $I_{0\tau_j}$ — максимально возможная радиация, падающая на поверхность моря для широты 40° с. ш. [8], m_{τ_j} — степень ослабления за счет облачности [13], a_{τ_j} — реципрока светового оптимума фотосинтеза, ε_{τ_j} — коэффициент экстинкции света.

Уравнение (2) приведено по работе [3], уравнение (3) — по Д. Стиллу [23], его корректность для описания световых кривых черноморского фитопланктона проверена на экспериментальных данных З. З. Финенко [16]. Для расчетов использован переменный во времени световой оптимум фотосинтеза (0,05—0,15 кал · см⁻² · мин⁻¹ ФАР), в известной мере воспроизводящий влияние температуры [16]. Радиация переведена в единицы ФАР

согласно работе [10]. Коэффициент экстинкции света задан по усредненным данным [19] в виде функции от средней концентрации хлорофилла в столбе воды и коэффициента λ_τ . Последний содержит информацию как по удельному содержанию хлорофилла в сырой массе клеток, так и по влиянию минеральных и органических взвесей на поглощение света водой. Его значения определены эмпирически при выполнении очевидного условия:

$$\left[\bar{\epsilon}_\tau = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (0,04 + 0,016 \lambda_\tau \bar{B}_{\tau j}) \right] \approx [\bar{\epsilon}_\tau = 1,77 / \bar{z}_{SD_\tau}], \quad (4)$$

в котором среднесезонное значение $\bar{\epsilon}_\tau$ рассчитано по ежедекадным глубинам исчезновения диска Секки ($\bar{z}_{SD_\tau}$) в северо-западной части моря согласно работе [22].

Уравнение (1) интегрировали графическим способом по фиксированным световым горизонтам z_i , соответствующим глубине проникновения 100, 50, 25, 10 и 1%-ной поверхностной радиации. Индексы τ, j обозначают специфичность величин для конкретного месяца и года. В углеродные единицы. Результаты переведены согласно работе [21]. Исходные данные по концентрации биогена (фосфатов) и фитопланктона собирали практически ежемесячно с февраля (или марта — апреля) по август включительно на пяти широтных разрезах по схеме, применяемой в АзЧерНИРО. Южная граница акватории совпадает с разрезом м. Херсонес — Констанца. Все анализы, приведенные далее, справедливы для региона в целом и не исключают возможности существенных локальных отклонений.

По исходным материалам рассчитаны все остальные показатели. Концентрация фосфатов на глубине z определена из предположения о равномерном распределении их в слое 0—25 м. Уровень численности клеток рассчитан по биомассе и индивидуальным объемам водорослей. Полученный на этой основе средневзвешенный объем одной клетки фитоцена ($\bar{V}$) использован для расчета коэффициентов уравнения (2). Постулировано, что размерная структура фитоцена не меняется с глубиной. Вертикальные профили биомассы аппроксимированы по эмпирическим материалам для слоя 0—25 м зависимостью

$$B_{z\tau j} = \bar{B}_{\tau j} v_\tau \exp(-\gamma_\tau z), \quad (5)$$

где $\bar{B}_{\tau j}$ — средняя для слоя биомасса клеток, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$; v_τ, γ_τ — коэффициенты, специфичные для каждого месяца года. Принято, что численность водорослей ($\text{кл} \cdot \text{л}^{-1}$) изменяется с глубиной по аналогичному закону при замене $\bar{B}_{\tau j}$ на $\bar{N}_{\tau j}$. Наиболее выраженная концентрация клеток в верхних горизонтах отмечена в апреле — мае ($v_\tau = 1,7-2,0$; $\gamma_\tau = 0,07-0,09$), в ранневесенние месяцы всех лет вертикальное распределение приближалось к равномерному ($v_\tau = 1,1$; $\gamma_\tau = 0,01$). Летом получены промежуточные значения этих коэффициентов, что в принципе соответствует ситуациям, выявленным для других районов Черного моря [5].

С учетом уравнения (5) общая биомасса под 1 м^2 в слое 0—25 м описана выражением

$$B_{\Sigma\tau j} = \int_0^{25} B_{z\tau j} dz = \bar{B}_{\tau j} \frac{v_\tau}{\gamma_\tau} (1 - e^{-25\gamma_\tau}), \quad (6)$$

откуда средний для слоя суточный P/B -коэффициент корректно определяется по уравнениям (1) и (6).

Вышеуказанный способ восстановления величин первичной продукции по состоянию фитопланктона и важнейших параметров среды апробирован на эмпирических материалах, полученных в октябре 1978 г. в центральных и восточных районах моря [2, 14, 71]. Единственное отступление заключалось в использовании фактически наблюдаемых вертикальных профилей общей численности клеток, рассчитанных по данным для *Euxiviaella* [14], и постоянных коэффициентов экстинкции света, измеренных на ст. 7900 [2]. Расчеты

Таблица 1. Результаты расчетов первичной продукции фитопланктона в пелагиали Черного моря осенью 1978 г. (по материалам 64-го рейса НИС «Витязь»)

Параметр	Единица измерения	Станция				Примечание
		7894	7897	7898	7899	
v_t	—	2,85	2,88	3,08	5,22	По биомассе в слоях 0—20 (36) и 20 (36) — 100 м
γ_t	—	0,031	0,024	0,036	0,042	
$\bar{V}$	мкм ³ ·10 ³	11,8	7,5	10,4	13,1	Взвешенный объем клетки
P_Σ	мгС·м ⁻² × × день ⁻¹	224—348	295—367	322—437	478—518	
P_Σ	То же	376	258	305	352	Измеренные дневные и ночные величины Вычисленные по дневным данным

выполнены для четырех станций, для которых вышеуказанные работы содержат всю необходимую информацию. Световой оптимум фотосинтеза принят равным 0,05 кал · см⁻² · мин⁻¹ ФАР по аналогии с февралем — апрелем. Переменные значения остальных параметров, измеренные и вычисленные величины первичной продукции приведены в табл. 1. Совпадение результатов следует считать вполне удовлетворительным.

Результаты и их обсуждение. Специфика подхода заставляет интерпретировать вычисленные уровни первичной продукции в северо-западной части моря в неразрывной связи с особенностями качественного и количественного состояний сообществ. Межгодовая и сезонная изменчивость важнейших показателей изображена на рис. 1 и с точки зрения длительности временных рядов и комплексности параметров представляет самостоятельный интерес.

Динамика состава руководящих форм (составляющих не менее 50—75% общей биомассы) отчетливо показывает превалирование сезонной компоненты изменчивости над межгодовой при условии объединения ряда сходных в сукцессионном отношении видов в комплексы, трактуемые как стадии годичной сукцессии или их фазы (рис. 1, а и табл. 2). Непротиворечивость (по разным источникам) фазовых характеристик их массовых видов позволяет рассматривать февраль (март) — июль как период последовательного развития I—III стадий первой сукцессии (комплексы 1—5). IV стадия с массовым развитием кокколитофорид не выявлена, хотя в пелагиали моря эта группа обычна и многочисленна [5]. С августа (иногда с июля) начинается, по-видимому, развитие новой сукцессии, наиболее ранним индикатором которой является *Leptocylindrus danicus*. Подобная интерпретация соответствует представлениям, сложившимся при анализе сезонных аспектов черноморского фитопланктона с таксономических позиций, и объясняет наличие двусезонных видов [5, 9].

Межгодовая изменчивость состава выражается в смене руководящих форм в пределах каждого комплекса и сдвигах сроков развития отдельных стадий. Обобщенно можно говорить о более позднем развитии процессов в 60-е — начале 70-х годов и ускоренном — в конце 50-х — начале 60-х и во второй половине 70-х. Динамика остальных показателей в общих чертах не противоречит этому выводу, хотя с учетом деталей картина выглядит мозаичной и ее интерпретация может быть неоднозначной (рис. 1, б—г).

По совокупности показателей крупномасштабные межгодовые изменения состояния сообществ представляются как результат сдвигов в сроках развития начальных фаз сукцессии, когда доминируют относительно мелко-клеточные таксоны. При интенсификации весенних процессов продолжительность их вегетации сокращается за счет более раннего появления последних фаз (комплексов). Как правило, в таких ситуациях общая биомасса существенно увеличивалась, а численность клеток снижалась, в результате чего резко возрастал средневзвешенный объем клетки сообщества. Противоположные тенденции прослеживаются в годы с замедленным развитием весенних процессов.

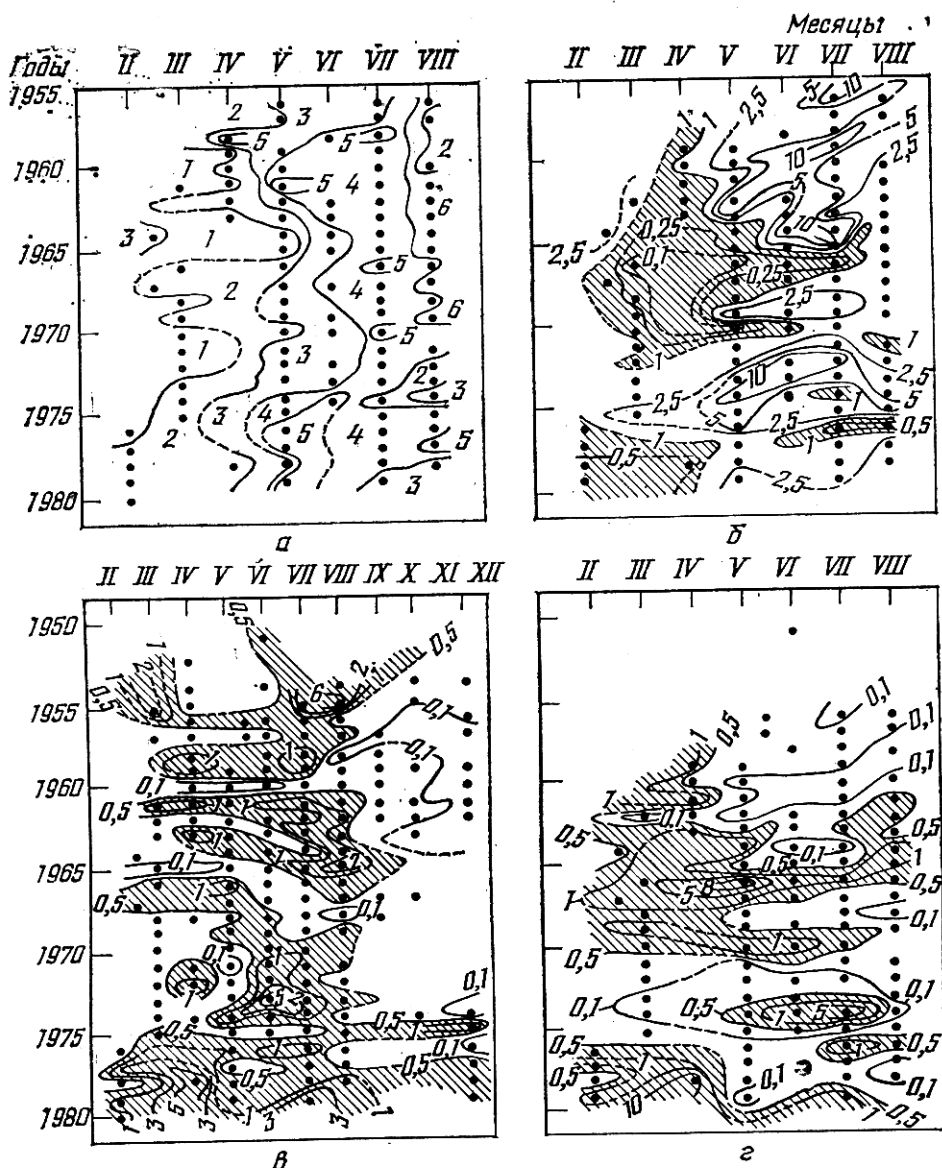


Рис. 1. Сезонная и годовая изменчивость показателей, характеризующих состояние фитопланктона северо-западной части Черного моря (каждая точка — среднее для съемки из 22 станций и слоя 0—25 м):

а — состав доминирующих видов; б — средний объем клетки сообщества, $\text{мкм}^3 \cdot 10^3$; в — биомасса водорослей, $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$; г — численность клеток, экз. $\cdot \text{м}^{-3} \cdot 10^3$.

Действительно, 60-е годы выделяются по всем показателям на общем фоне исследованных лет. При очевидных структурных перестройках (переход преобладающей роли весной к *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros holzschii* и *Nitzschia*; в мае — июне *Cerataulina bergonii* замещается *Rh. fragilissima*, выход в число ведущих августовских форм *Leptocylindrus danicus*, «нормальное» появление ситуаций с завершением первой сукцессии в июле массовым развитием динофлагеллят) резко возросла общая численность при одновременном снижении среднего размера клетки и общей биомассы сообщества. Существенно упала (нередко вплоть до аналитического нуля) концентрация фосфатов, хотя сток украинских рек достигал максимальных величин. Целесообразно указать, что в этот период имело место регулярное появление аномально холодных зим и весен (1960, 1964—1965, 1969, 1972 гг. по данным Таганрогской обсерватории), однако четкой корреляции биологических параметров ни с одним из перечисленных факторов не обнаружено.

Таблица 2. Массовые формы фитопланктона, формирующие состав сезонных комплексов в северо-западной части Черного моря

Комп-лекс	Состав	Стадия сукцессии		Размер клеток, $\text{мкм}^3, \times 10^3$
		по рабо-те [4]	по рабо-те [20]	
1	<i>Skeletonema costatum</i> Cleve	1	1	0,3
	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder	1	1	0,1
	<i>Thalassiosira parva</i> Pr.-Lavr.	1	1	0,8
2	<i>Chaetoceros varia</i>	2	2	1—5
	<i>Thalassiosira varia</i>	2	2	0,3—1,5
	<i>Nitzschia varia</i>	2	2	0,2—1,0
	<i>Cerataulina bergonii</i> Peragallo	2	2	19
3	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon	2	2	7
	<i>Rhizosolenia alata</i> Brightw.	2	2	20
	<i>Coscinodiscus varia</i>	?	2	20—50
4	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	2	?	25
	<i>M. Schultze</i>	3	?	1,5
	<i>Exuviaella cordata</i> Ostensfeld	3	?	1,5
5	<i>Gymnodinium varia</i>	3	?	25
	<i>Goniaulax varia</i>	3	3	50
	<i>Peridinium varia</i>	3	3	250
	<i>Ceratium varia</i>			
6	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1	1	1,0

Механизм продукционного процесса в форме равенств (1) — (6) оказался весьма чувствительным к особенностям фазового состояния фитопланктона. Диапазон изменчивости продукции составил почти два порядка величин — от $0,13$ до $7,9 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$ при характерном уровне колебаний между $0,2$ — $2,0 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$. Во всех случаях оценки реалистичны, при этом для 1960 и 1964 гг. результаты практически совпадают с данными инструментальных измерений в целом для акватории ($0,5$ — $1,0 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$ в среднем для августа — октября [17] и $0,54$ — $1,25 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$ в августе соответствующих лет согласно расчетам). Результаты расчетов продукционных показателей представлены на рис. 2, а—г.

60-е годы отчетливо выделяются и в продукционных аспектах и характеризуются как высокопродуктивные. Именно в эти годы получены максимальные оценки как абсолютной (1 — $5 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$), так и удельной продукции (от 1 до 3—4 в день) при снижении мощности слоя фотосинтеза до 5—10 м и сдвиге максимальной продукции в подповерхностные слои. Продукция в смежные периоды оказалась в пределах лишь $0,5$ — $1,0 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$, а P/B -коэффициент не превышал, как правило, $0,5$ — $1,0$ при одновременном заглублении слоя фотосинтеза.

Трудно сказать, была ли в действительности подобная согласованность состояний фитопланктона и уровня его продуцирования. По крайней мере с точки зрения теоретических представлений полученные выводы непротиворечивы, поскольку при постоянно низкой концентрации фосфатов основным влияющим фактором модели становились средневзвешенный объем клетки и общая биомасса сообщества. Последняя влияла на вычисления как непосредственно, так и через коэффициент экстинкции света, существенно снижая мощность слоя фотосинтеза при интенсивном развитии флоры.

Интересно отметить, что индекс «обеспеченности» (S_z/N_z) во всех случаях оказался на 1—2 порядка величин ниже уровней, характерных для открытых районов Атлантического океана, и колебался в пределах 10^{-6} — $10^{-4} \text{ мкг Р} - \text{Р} \text{O}_4 \cdot \text{клетку}^{-1}$. При этом численность водорослей нередко достигала 5 — $10 \text{ млрд} \cdot \text{кл} \cdot \text{м}^{-3}$ и обычно колебалась в противофазе с фосфатами, что усугубляло снижение этого показателя. По-видимому, фитопланктон северо-западной части моря функционирует в условиях острого дефицита минеральных солей и может компенсировать их недостаток потреблением РОВ, концентрация которого достигает высоких величин. Алгоритм расчетов, однако, не учитывает этой возможности.

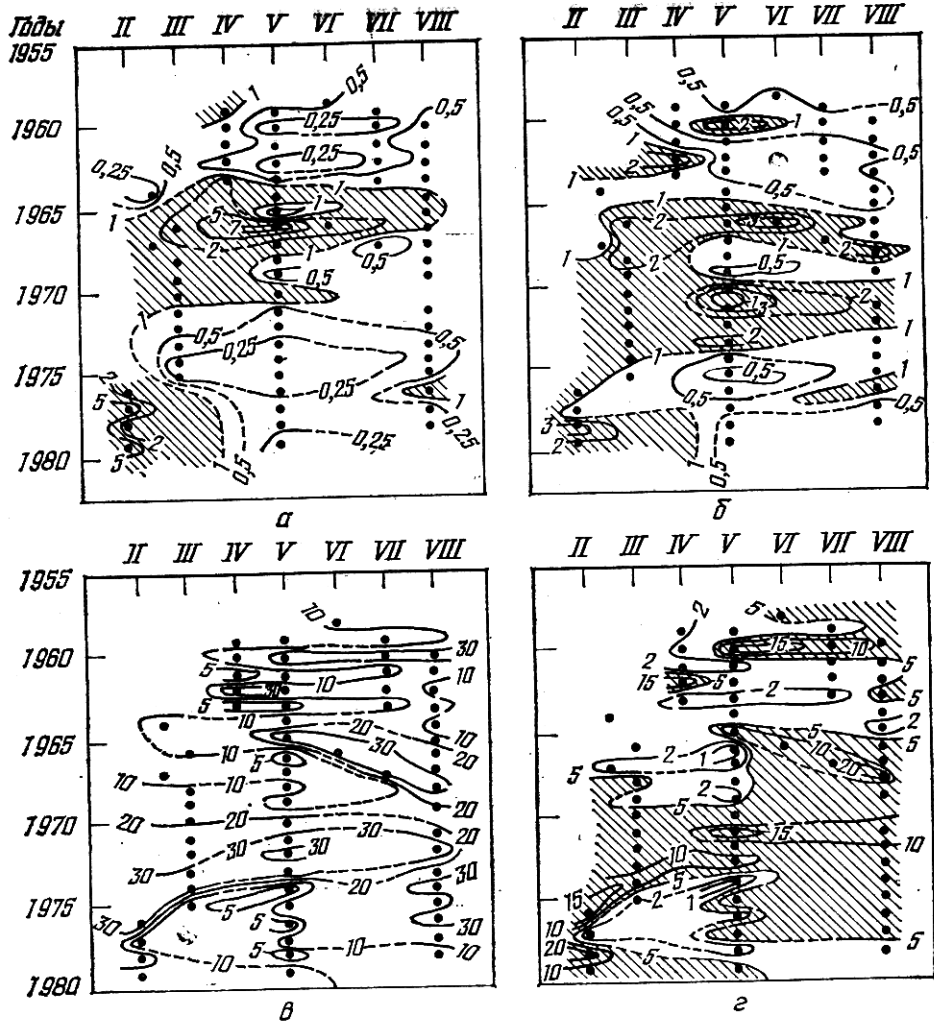


Рис. 2. Средние результаты продукционных расчетов, выполненных для слоя 0—25 м северо-западной части Черного моря:

а — первичная продукция, гС · М⁻² · день⁻¹; б — суточный P/B-коэффициент; в — глубина слоя фотосинтеза, м; г — глубина горизонта максимальной продукции, м.

Взаимосвязанный характер изменений параметров, наблюдаемых в эксперименте и вычисленных, наглядно проявляется при сопоставлении средних для весенне-летнего периода количественных показателей и суммарных оценок продукции за февраль — август (рис. 3). Сравнение регулярных 20-летних материалов свидетельствует о периодическом чередовании определенных ситуаций. Как минимум прослеживаются две долгопериодные тенденции: снижение осенне-зимних концентраций фосфатов, общей биомассы и уровня развития крупных водорослей при росте продукции фитоценоза с середины — конца 50-х до конца 60-х — начала 70-х годов и противоположные по знаку процессы в последующий период (вплоть до 1980 г.). Последняя тенденция обычно приводится в качестве доказательства усиливающейся в последние годы эвтрофикации водоема. Приведенные данные свидетельствуют о возможности существования более сложной картины. Возросшее в 70-е годы антропогенное воздействие на экосистему совпало с наступлением определенной фазы общих климатических процессов, механизм и причины которого остаются неизвестными. Очевидно одно — по всем изученным показателям состояние фитопланктона в 50-е и 70-е годы аналогично и можно говорить лишь о некотором усилении отмечавшихся ранее негативных

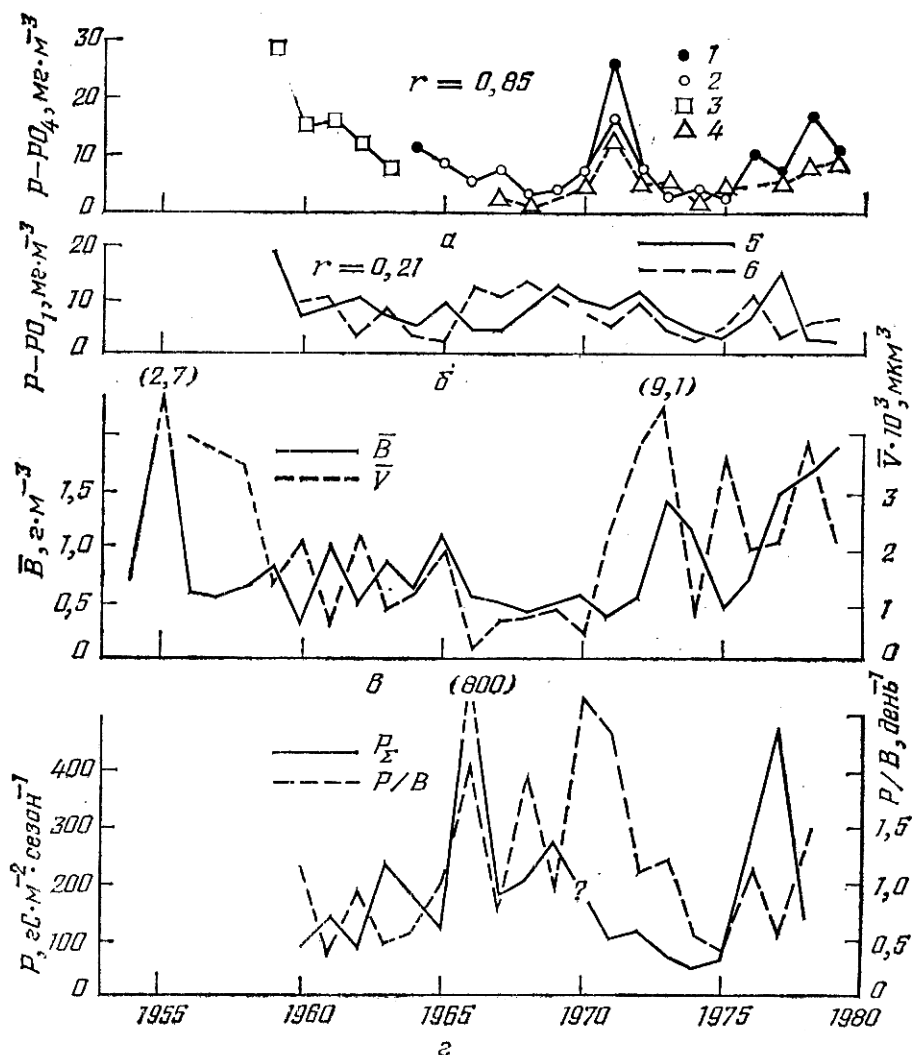


Рис. 3. Средняя межгодовая изменчивость концентрации фосфатов и состояния фитопланктона за период с февраля — апреля по август:

а — фосфаты в зимне-ранневесенние месяцы (1—4 — соответственно февраль, март, апрель и ноябрь — декабрь); б — то же, в мае (5) и августе (6); r — коэффициент корреляции; в — биомасса ($\bar{B}$) и средний объем клетки сообщества ($\bar{V}$); г — суммарная за 212 дней продукция (P_{Σ}) и среднесуточный P/B -коэффициент.

явлений. Следует особо отметить относительно невысокий уровень первичной продукции, полученный в последние годы. Данное обстоятельство может свидетельствовать как о возврате экосистемы в первоначальное «нормальное» состояние, так и о подавлении фотосинтеза, характерном для эвтрофикации. Без инструментальных измерений продукции и деструкции органического вещества этот важнейший вопрос остается открытым.

Выводы. 1. Возможные пределы колебаний первичной продукции за 20-летний период составили согласно расчетам 50—480 (800) $\text{гC} \cdot \text{м}^{-2}$ за весенне-летний сезон (февраль — август) при межгодовой изменчивости среднего суточного P/B -коэффициента от 0,4 до 2,7 и мощности слоя фотосинтеза от 2—3 до 30 и более метров (по глубине проникновения 1%-ной поверхностной радиации). 2. Максимальные оценки продукции получены в 60-е годы. С 1971 г. уровень продуцирования существенно снизился, но в феврале 1976—1979 гг. отмечены мощные всплески фотосинтеза, преемственность которых для аналогичного периода предшествующих лет неизвестна. 3. Анализ показателей состояния фитопланктона и среды свидетельствует о наличии циклических колебаний гидро- и биологических процессов. Наиболее

очевидны перестройки состава, снижение биомассы и рост численности мелкоклеточных таксонов при их максимальной продукции в 60-е годы. Механизм этих явлений может быть связан с продолжительным и интенсивным развитием начальных фаз сукцессии.

1. Айзатуллин Т. А., Шамардина И. П. Математическое моделирование экосистем континентальных водотоков и водоемов. — В кн.: Моделирование водных экосистем. М., 1980, с. 154—228. (Итоги науки и техники / ВИНТИ. Общ. экология, биоценология, гидро-биология; т. 5).
2. Ведерников В. И., Коновалов Б. В., Кобленц-Мишке О. И. — В кн.: Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980, с. 105—117.
3. Виноградова Л. А., Грузов Л. Н. — Журн. общ. биологии, 1979, 40, № 6, с. 876—888.
4. Виноградова Л. А., Жигалова Н. Н., Семенова С. Н., Сушин В. А. Пространственная структура планктонных сообществ Северного моря в мае 1974 г. — Тр. АтлантиИРО, 1979, вып. 78, с. 24—47.
5. Кондратьева Т. М. — В кн.: Основы биологической продуктивности Черного моря. Киев: Наук. думка, 1979, с. 70—79.
6. Маштакова Г. П., Роухиянен М. И. Сезонная динамика фитопланктона. — Там же, с. 85—88.
7. Налбандов Ю. Р., Винтовкин В. Р. Гидрохимические условия аэробной зоны Черного моря осенью 1978 г. — В кн.: Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980, с. 50—61.
8. Океанографические таблицы. — Л.: Гидрометеиздат, 1975. — 477 с.
9. Пицк Г. К. Систематический состав фитопланктона. — В кн.: Основы биологической продуктивности Черного моря. Киев: Наук. думка, 1979, с. 63—70.
10. Рутковская В. А. — Метеорология и гидрология, 1972, 9, с. 53—58.
11. Сорокин Ю. И. — Докл. АН СССР, 1962, 144, № 4, с. 914—917.
12. Сорокин Ю. И. — Изв. АН СССР. Сер. биол., 1964, № 5, с. 749—759.
13. Справочник по климату Черного моря. — М.: Гидрометеиздат, 1974. — 406 с.
14. Суханова И. Н., Беляева Т. В. — В кн.: Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980, с. 65—91.
15. Финенко З. З. — В кн.: Вопросы биоокеанографии. Киев: Наук. думка, 1967, с. 69—74.
16. Финенко З. З. — Биология моря, Киев, 1970, вып. 19, с. 74—82.
17. Финенко З. З. Продукция фитопланктона. — В кн.: Основы биологической продуктивности Черного моря. Киев: Наук. думка, 1979, с. 88—99.
18. Хайлов К. М., Бурлакова З. П., Ланская Л. А., Лаврентьев Н. А. О связи органотрофии морских одноклеточных водорослей с плотностью их экспериментальных популяций и индивидуальной массой клеток. — Биология моря, Киев, 1977, вып. 42, с. 61—68.
19. Bannister T. A. A general theory of steady state phytoplankton growth in nutrient saturated mixed layer. — Limnol. and Oceanogr., 1974, 19, N 1, p. 13—30.
20. Margalef R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. — In: Perspectives in marine biology / Ed. by Buzzati-Traverso, Berkeley; Los Angeles: Univ. California press, 1958, p. 324—349.
21. Mullin M. M., Sloan P. R., Eppley R. W. Relationships between carbon content, cell volume and area in phytoplankton. — Limnol. and Oceanogr., 1966, 11, N 2, p. 307—311.
22. Poole H. H., Atkins W. R. G. Photo-electric measurements of submarine illumination through the year. — J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 1929, 16, p. 297—300.
23. Steele J. H. Environmental control of photosynthesis in the sea. — Limnol. and Oceanogr., 1962, 7, N 2, p. 75—83.

Морской гидрофизический
институт АН УССР
Азово-Черноморский институт
морского рыбного хозяйства
и океанографии МРХ СССР

Поступила в редколлегию
28.09.81

L. N. GRUZOV, G. P. MASHTAKOVA

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PRIMARY PRODUCTION IN THE PELAGIAL OF THE BLACK SEA NORTH-WESTERN PART

Summary

Variability of the primary production in the water area of the Black Sea north-western part accounted on the average for $0.13-7.9 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ for February — August of 1959-1979 or about $50-800 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2}$ for spring-summer. Maximum values are obtained in 1964-1970. On the basis of total various indices the 1970s are analogous to the 1950s and are sharply different from the 1960s, when there occurred rearrangements in phytocene and in the small-large form ratio, and variations in the quantitative indices and level of production.