

Г. С. КАРАБАШЕВ, А. Н. СОЛОВЬЕВ

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИНДИКАЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ
КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА В МОРЕ
ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ
ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА**

(Представлено академиком Л. М. Брежовских 4 XI 1974)

Существующие инструментальные методы индикации изменчивости содержания биогенной взвеси в море, основанные на оптических и акустических явлениях, не дают никаких сведений о вариациях качественного состава фитопланктона. Между тем такая информация крайне необходима при натурных эколого-физиологических исследованиях. Регистрируя вертикальное распределение интенсивности флуоресценции хлорофилла фитопланктона посредством импульсного погружаемого флуориметра ИПФ-70⁽¹⁾ в Индийском и Тихом океанах (X рейс научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев», лето 1973 г., и XVII рейс научно-исследовательского судна «Академик Курчатов», зима 1974 г.), мы заметили, что на некоторых станциях в мезо- и эфтрофных водах в слоях, прилегающих к глубине залегания максимума флуоресценции хлорофилла, флуоресценции сигнала прибора становились несоразмерно большими по отношению к среднему уровню, и предположили, что это явление может быть связано с изменением дисперсности пигментов фитопланктона в объеме воды, визируемом прибором (около 20 мл). В самом деле, поскольку в море хлорофилл флуоресцирует только в частицах взвеси, а в фиксированном объеме число частиц n и его относительное среднеквадратичное отклонение W связаны соотношением $W \sim n^{-1/2}$, рост (уменьшение) среднего уровня сигнала, связанного с концентрацией взвеси определенной крупности, должен сопровождаться уменьшением (ростом) его относительного среднеквадратичного отклонения. Отступление от этой закономерности может рассматриваться как аномалия и указывать на изменение степени дисперсности взвеси. Причиной вариаций крупности живой взвеси могут быть изменение видового состава фитопланктона и (или) образование агрегатов клеток.

Для проверки нашего предположения на станции 1467 в Перуанском апвеллинге в смежные отрезки времени в однородном слое на глубине 60 м и в слое с максимальными градиентами измеряемых величин на 35 м был зарегистрирован сигнал флуориметра, настроенного по спектральным параметрам на измерения интенсивностей флуоресценции хлорофилла $J_{\text{хл}}$ и рассеяния света под углом 90° J_{90} . Место измерений было выбрано ввиду сильной изменчивости сигнала и его дисперсии с глубиной, а также ввиду благоприятных погодных условий. На поверхности здесь наблюдались максимумы средних значений $J_{\text{хл}}$ и J_{90} , а ниже 45 м обе величины достигали минимума и почти не менялись с глубиной. При периодичности и длительности импульсов возбуждающего излучения 0,5 и 10^{-6} сек. соответственно были получены записи дискретного сигнала прибора с числом точек не менее 700 каждая, и по ним рассчитаны средние значения \bar{J} , среднеквадратичные отклонения S , коэффициенты вариации W , распределения импульсов сигнала по амплитудам $p(J)$, асимметрия A и эксцесс E распределений и нормированные автокорреляционные функции флуоресценции $J_{\text{хл}}$ и $J_{90}R(\tau)$. Форма и ход $R(\tau)$ свидетельствовали о том, что турбулентность и волно

вые процессы не оказывали заметного влияния на флуктуации $J_{хл}$ и J_{90} , а сами флуктуации были независимы друг от друга и, следовательно, обусловлены преимущественно дисперсностью вещества, способного флуоресцировать и рассеивать свет.

Как и ожидалось по визуальной оценке записей, соотношение \bar{J} и W было аномально в вышеуказанном смысле, однако наиболее интересными

были различия между A и E (табл. 1) и $p(J)$ (рис. 1) для разных горизонтов. Эти различия невозможно объяснить погрешностями измерений, так как электрические и геометрические параметры аппаратуры, условия наблюдений и способы обработки были одинаковы для всех записей. В то же время характер отличий между $p(J)$ на 35 и 60 м хорошо согласуется с данными Я. Фишера (ПНР) о резком падении концентрации крупной взвеси с глубиной, полученными кондуктометрическим методом на той же станции, и заключением биологов экспедиции о преобладании крупных форм фитопланктона в поверхностном слое на станции 1467 по результатам микроскопического анализа. По-видимому, ниже 45 м слой океана был однороден как по содержанию, так и по качественному составу взвеси, причем дисперсность ее была сравнительно велика. Поэтому $p(J_{хл})$ и $p(J_{90})$ на 60 м близки по форме, хотя физическая природа флуоресценции и рассеяния света совершенно различна. На глубине 35 м возросло не только содержание, но и разнообразие частиц по размерам в сторону увеличения доли крупных частиц. Этим обусловлена тенденция перехода от квазицуассоновских $p(J)$ на 60 м к $p(J)$ на 35 м,

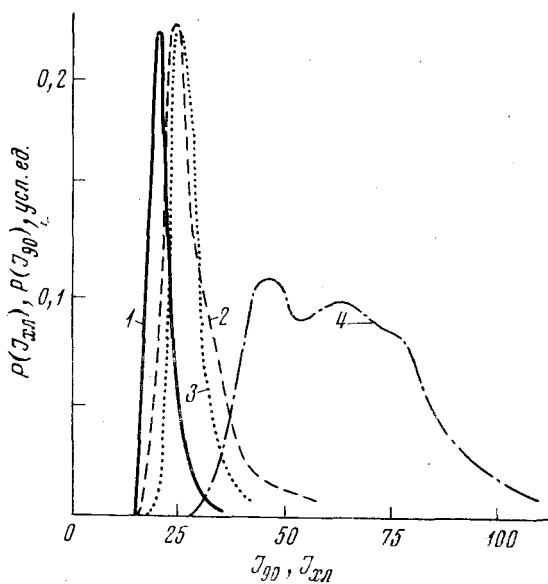


Рис. 1. Распределения $p(J)$ интенсивностей рассеяния света J_{90} (1, 2) и флуоресценции хлорофилла $J_{хл}$ (3, 4) на станции 1467, рассчитанные по записям дискретного сигнала флуориметра. 1, 3 — глубина 60 м, 2, 4 — 35 м. J — в условных единицах

Таблица 1

Вид измерений	Глубина, м	\bar{J}	S	A	E	$W, \%$
Флуоресценция	35	65,6	17,2	0,42	-0,53	26,3
	60	29,3	6,2	3,52	23,14	21,3
Рассеяние	35	31,4	9,6	2,50	10,05	30,6
	60	22,9	4,8	4,38	34,74	20,8

более близких к нормальному. Эта тенденция особенно заметна для $p(J_{хл})$ и может рассматриваться как проявление закономерности, доказываемой центральной предельной теоремой о распределении суммы случайных величин. Во всяком случае, двумодальность и большая полуширина $p(J_{хл})$ на 35 м свидетельствуют о гораздо большем разнообразии размеров флуоресцирующих частиц по сравнению с рассеивающими.

Таким образом, распределение $p(J_{хл})$ оказалось характеристикой флуоресценции хлорофилла, наиболее чувствительной к изменению качественного состава фитопланктона. Использование $p(J_{хл})$ или A и E в целях индикации вполне реально на современных океанологических судах, располагающих необходимой вычислительной техникой. Для разработки конкретных методик требуются дополнительные исследования.

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

Поступило
17 X 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. С. Карбашев, А. Н. Соловьев, Океанология, т. 13, в. 2 (1973).