

Природні популяції <i>Microcystis aeruginosa</i>	2, 82	-
Природні популяції <i>Cladophora</i> sp.	0	-
<i>Spirulina platensis</i>	1, 92	-
<i>Anabaena flos-aquae</i>	3, 11	4, 42
<i>Anabaena variabilis</i>	5, 34	2, 05
<i>Nostoc punctiforme</i>	6, 49	18, 84
<i>Aphanizomenon flosaquae</i> f. grazile	11, 61	0, 02
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> CCAP 1401-1 Jreat. Brit		
Zeninder 8	2, 30	2, 13
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> FBA 218 (21)	4, 44	9, 78
<i>Nostoc lynehi</i>	4, 14	2, 92
<i>Anabaena hasali</i>		1, 24
<i>Calotrix brauni</i>	3, 11	0, 84
<i>Tolypotrix tenuis</i>	1, 94	0, 03
<i>Scytonema ocellatum</i>	6, 48	8, 00
<i>Phormidium uncinatum</i>	1, 19	0, 23
<i>Calotrix Elenki</i>	3, 61	0, 93
<i>Napalosiphon fontinalis</i>	17, 28	0, 29
<i>Lingbia limites</i>	0	0
<i>Scenedesmus acutus</i>		0, 33
<i>Ankistrodesmus fusiforme</i>		
<i>Chlorella</i> sp.	0, 10	0, 15
	0, 11	-

Аналізуючи кількісний вміст метаболітів алкалоїдної природи в біомасі, та середовищі росту водоростей, можливо допустити, що в багатьох випадках сполуки цього класу можуть визначати належність синьозелених водоростей до групи токсичних. Саме тому, очевидно, більшість представників цієї систематичної групи не беруть участі в формуванні кормової бази зоопланктону та зообентосу. Одночасно, вивчення цієї групи метаболітів фотосинтезуючих гідробіонтів може відкрити нові перспективи використання їх як сировину для виготовлення біологічноактивних препаратів, що можуть бути використані в медицині та сільськогосподарському виробництві для боротьби із бактеріальними, грибковими хворобами рослин, шкідливими комахами та гризунами. Крім того, при виявленні біологічної активності алкалоїдів водоростей, ці речовини можуть бути віднесені в ряд показників, що визначають якість питної води, особливо на тих водогонах, що користуються водою з великою біомасою синьозелених водоростей — продуцентів таких метаболітів.

УДК 591. 148 (261)

**И.М. Серикова**

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В РАЙОНЕ ПОДВОДНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Многочисленные эксперименты, проведенные в различных районах океана с помощью практически безинерционных зондирующих гидробиофизических комплексов, показали наличие тонкой слоистой структуры поля биолюминесценции (ПБ), коррелирующей с флуктуациями температуры, или солёности, и простирающейся на расстояния до несколько км [1]. Согласно сегодняшним представлениям, формированием элементов тонкой структуры гидрофизических полей завершается каждый очередной акт турбулентной активности в океане. Поскольку флуктуации температуры ( $T'$ ) и солёности ( $S'$ ) в турбулентном потоке являются в значительной степени вторичными по отношению к флуктуациям скорости течения  $u'$ , и наблюдаемая нами связь тонкой структуры поля биолюминесценции и температуры скорее всего опосредована величиной  $u'$ , представляет интерес проследить изменчивость параметров тонкой структуры ПБ в условиях меняющегося режима турбулентности. В зонах океанических поднятий процессы вертикальной диффузии протекают более интенсивно, чем в открытых районах океана. Возмущающее влияние поднятий проявляется в формировании слоев вод с повышенным уровнем турбулентной энергии. При пересечении таких зон отслеживалась изменчивость характеристик

тонкой структуры ПБ. По данным многократных батифотометрических зондирований, выполненных совместно с зондированиями гидрофизического комплекса "Исток-4", анализировались вертикальные профили флуктуаций (высоочастотных составляющих, включающих в себя масштабы от 1 до 10 м) биолюминесценции, температуры и солености, полученные в 11-ом рейсе НИС «Пр. Водяницкий» на осевом разрезе через банку Удачная ( $\varphi = 7^{\circ} 55'$  ю. ш.;  $\lambda = 0^{\circ} 55'$  в. д.) вдоль основного течения.

Зоны подъема и опусканий вод хорошо прослеживались по изгибу изотерм, изохалин и особенно по химическим показателям. Так на северо-западе от банки происходил резкий подъем изооксиген и опускание изолиний фосфатов. По термохалинным полям основной подъем вод также наблюдался к северу и северо-западу от вершины. Зона подъема вод, начинаясь в 5-10 милях от вершины, имела протяженность до 30 миль (ст. 1474, 1463). Интенсивная зона опускания вод наблюдалась в 20 милях к югу от центра банки (ст. 1454) [2].

Для выявления характерного вертикального масштаба тонкоструктурных неоднородностей ПБ (**H**), рассчитывались автокорреляционные функции профилей флуктуаций **V'**, которые затем усреднялись по ансамблю реализаций. Точное оценивание вертикальных размеров неоднородностей в профилях флуктуаций **V'**, **T'**, **S'** производилось с использованием адаптивного спектрального анализа. Для оценки изрезанности профилей биолюминесценции служил параметр  $C_{vV'}$  — амплитуда флуктуаций **V'**, нормированная на среднюю величину интенсивности ПБ [1]. На всех станциях особенности вертикального распределения температуры и солености в верхнем 100-м слое были таковы, что существовали необходимые условия для развития механизма двойной диффузии. В таких случаях турбулизированные слои образуют целые серии протяженностью в сотни метров, а акты перемешивания происходят в слоях от 0, 5 до 10 м [3]. Наблюдаемая нами коррелированность тонкой структуры ПБ с неоднородностями термохалинных полей, соответствующих масштабов, прослеживаемая на протяжении 2-3 часовых серий зондирований, позволяет предположить идентичность механизмов их образования. Адаптивные оценки спектров флуктуаций биолюминесценции, температуры, солености, на ст. 1454 показали, что имеет место схожесть их формы и диапазонов пространственных масштабов с приходящимися на них максимумами. Так, в области волновых чисел  $\lambda_{V'} \approx 4$  м, прослеживались максимумы во всех спектрах, и особенно четко в спектрах температуры. Им соответствовали ступеньки, хорошо заметные в исходных профилях температуры в диапазоне глубин 35- 100 м. Второй и третий максимумы биолюминесценции приходились на диапазоны пространственных масштабов  $\lambda_{V'} = 12 \div 15$  м;  $\lambda_{V'} = 5 \div 8$  м. Им соответствовали максимумы в спектрах солености  $\lambda_{S'} = 13 \div 18$  м;  $\lambda_{S'} = 5 \div 7$  м. По мере приближения к банке, максимумы в спектрах биолюминесценции смещались в длинноволновую область и размывались по всему диапазону волновых чисел. На ст. 1470, расположенной непосредственно над вершиной горы, максимумы функций спектральной плотности рассредоточены в диапазоне волновых чисел от 4 до 20 м почти равномерно. При этом для каждого из спектров сохранялась трех вершинная форма, Однако, было заметно их смещение в область низких частот (больших волновых чисел). По оценкам осредненных автокорреляционных функций, характерный вертикальный масштаб профилей флуктуаций биолюминесценции на ст. 1454 и ст. 1463 — 5 м, на ст. 1474 — 6, 5 м, и на ст. 1470 — 8, 5 м. Таким образом, над вершиной горы происходит увеличение вертикальных размеров тонких пятен концентрированности светящегося планктона в 1, 5 раза.

Из опубликованных данных известно, что во фронтальных зонах и в зонах сильных течений значение среднеквадратического отклонения скоростей пульсаций максимально [3]. Это приводило к сглаживанию тонкой структуры поля биолюминесценции, (размыванию тонких слоев скоплений планктона) [1]. Рассчитанные для каждой из станций разреза оценки  $C_{vV'}$  свидетельствовали также об этом. В областях вергенций, на ст. ст. 1454, 1474, 1463, где вертикальные составляющие скоростей потоков максимальны — коэффициенты  $C_{vV'}$  характеризовались минимальными значениями. На ст. 1470, расположенной непосредственно над возвышенностью, параметр  $C_{vV'}$  увеличивался в 2 раза, достигая величин, близких к единице, свойственных таковым для синоптических вихревых образований (СВО). При этом выявленное значение **H** = 8, 5 м, соответствовало среднему размеру неоднородностей в водах СВО, о чем свидетельствовали оценки, ранее нами полученные [1]. Возможность возникновения квазистационарных вихревых образований над вершинами поднятий океанического дна обоснована рядом авторов [3].

По параметрам  $C_{vV'}$  и **V**<sub>(0-100)</sub> (средняя интенсивность биолюминесценции в слое 0-100 м), рассчитанных для серии профилей для каждой из станций, выделялись кластеры. На ст. ст. 1454, 1463 значения  $C_{vV'}$  приходились на один диапазон — (0, 25 ÷ 0, 5), но величины **V**<sub>(0-100)</sub>, в зоне подъема (ст. 1463) были существенно больше, чем в зоне опускания вод (ст. 1454). Несколько выше располагался диапазон изменчивости  $C_{vV'}$  для ст. 1474 — (0, 4 ÷ 0, 65). Очевидно, это связано с тем, что экранирующее влияние слоя резкого термоклина на этой станции не давали глубинным водам выходить на поверхность,

задерживая их на глубине 25 м и ниже, тем самым ослабевая турбулентацию всего 100-метрового слоя[2]. Тем не менее оба диапазона характерны для фронтальных зон и мощных подводных течений, что было показано ранее. Характерные вертикальные размеры  $H = 5-6$  м, для этих трех станций также соответствовали значениям, выявленным для вод фронтальных разделов и интенсивных течений в районе северо-восточной части тропической Атлантики [1]. Таким образом, параметры тонкой структуры ПБ являются индикатором динамического режима вод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Серикова И. М., Василенко В. И. Влияние гидродинамического режима водных масс на тонкую структуру поля биоломинесценции // Экология моря. — 2000. — Вып. 51. — С. 20-24.
2. Гресе В. Н., Ациховская Ж. М., Головки В. А. и др. Биоокеанографическая структура вод в районах подводных возвышенностей. — К.:Наук. думка. — 1988. — С. 207.
3. Монин А. С., Озмидов Р. В. Океанская турбулентность. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — с. 319.

УДК 574. 6

Л.Я. Сіренко<sup>1</sup>, Т.В. Паршикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут гідробіології НАН України, м. Київ; <sup>2</sup> Національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ КЕРОВАНОГО ФОТОСИНТЕЗУ НА ОСНОВІ МІКРОВОДОРОСТЕЙ

Терміни "керований біосинтез", "промисловий (індустріальний) фотосинтез" застосовують в науковій літературі з 70-х років ХХ століття [1] у зв'язку з вирішенням ряду космічних, підводних (створення систем життєзабезпечення людини в замкнутому просторі) і наземних задач [2-10]. Під промисловим фотосинтезом розуміють керований біологічний процес використання світла для синтезу органічних сполук з  $CO_2$  й води в контрольованих умовах фотосинтезуючими еукаріотичними та прокаріотичними водоростями [2-8]. Успіхи розвитку цього науково-практичного напрямку [9, 10] обумовлені низкою об'єктивних причин. По-перше, тенденцією посилення ряду глобальних процесів, що погіршують умови традиційного сільськогосподарського виробництва на фоні зростання населення планети. Важливе значення мають: щорічне зменшення з різних причин кількості родючих земель на 10 млн. га [11]; збільшення вмісту  $CO_2$  в атмосфері завдяки знищенню лісів, спалюванню вугілля (щорічно на рівні 4 млрд. т.), підкисленню водного середовища та ґрунтів за рахунок викидів сірки, нітратів; зменшення розчинності у воді  $CO_2$  при потеплінні [3], погіршення якості природних вод як результат їх гіперевтрофікації, забруднення, токсифікації (наприклад, тільки алюмотоксикози зареєстровані вже більше: ніж у 300 озерах світу). По-друге, мікроскопічні планктонні водорості мають високий фотосинтетичний потенціал: на їх долю призначається утворення 74% органічних речовин Світового океану, тобто 24% сумарної продукції рослин на Землі [12]. Щорічно тільки в Європі знімається врожай природних ресурсів водоростей і вирощується штучно в аквакультурі на морському шельфі і в промислових фотобіореакторах різного типу близько 5, 4 млн. т. водоростей з економічним ефектом 4, 9 млрд. доларів США [9, 13] Основну масу використаних водоростей складають *Phaeophyta* (56%), *Rhodophyta* (24, 9%), *Chlorophyta* — 0, 3%, інші систематичні групи — 18, 8%. З загальної кількості альгофлори на Землі (більше 30 тис. видів) за станом на 2001 р. використовуються для одержання харчових, кормових, фармацевтичних та технічних продуктів близько 100 видів [6-10, 13, 14]. Серед них можна назвати наступні:

**RHODOPHYTA:** *Hypnea musciformis*, р. *Porphyra* (*P. yezoensis*, *P. tenera*, *P. pseudolinearis*, *P. kuniedai*, *P. akasakai*, *P. seriata* та ін.), *Porphyridium cruentum* (карагінан, поліцукри, кормові й харчові добавки, R-фікоеритрин, поліненасичені жирні кислоти, тригліцериди). **PHAEOPHYTA:** *Chondrus criptus*, *Durvillaea antarctica*, *D. willana*, рр. *Eucheuma*, *Fucus*, *Furcellaria*, *Gelidium*, *Laminaria* (*L. japonica*, *L. digita*, *L. hyperborea*, *L. ochrolenca*), *Macrocystis purifera*; рр. *Pterocladia*, *Rhodimonia*, *Sargassum ringgoldianum*, *Turbinaria ornata*, *Undarina pinnetifera* та ін. (агар, агароїди, альгінати, протипухлинні речовини, метан, кормові, харчові, косметичні продукти, добрива). **CHLOROPHYTA:** рр. *Ankistrodesmus* (*A. obliquus*, *A. angustus*), *Botryococcus brauni*, *Chlorella* (*Chl. pyrenoidosa*, *Chl. vulgaris*, *Chl. regularis*, *Chl. sorokiniana*), *Chlamydomonas* (*Chl. eugametos*, *Chl. moewusii*, *Chl. reinhardtii*, *Chl. mexicana*), *Chlorococcum* sp., *Coelastrum proboscideum*, *Dunaliella* (*D. salina*, *D. acidophyla*, *D. terticolecta*), р.