

О.А.Степанова\*, Г.Г.Пантелеева\*\*

\*Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

\*\*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

## МОРСКИЕ БАКТЕРИИ И ВИРУСЫ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Результаты, полученные при изучении численности морских бактерий и вирусов в годы повышенной (1999, 2000, 2001 гг.) и пониженной (1995 г.) солнечной активности, позволили установить, что между численностью бактерио- и виропланктона и активностью Солнца (числа  $R_i$ ) наблюдается средняя, отрицательная корреляция. Количество морских микроорганизмов существенно снижается в годы повышенной солнечной активности, а среди их морфологических форм начинают преобладать сферические, что, вероятно, связано с увеличением в годы активного Солнца ультрафиолетового фона.

Понимание реакций водных микробиоассоциаций на внешние воздействия приобретает особую важность, поскольку вариабельность характеристик водных микроорганизмов, принимая во внимание масштабы их распространения, должна сказываться на глобальных процессах циркуляции органического углерода, изменений в атмосфере, а значит и климата. Отклик фитопланктона на абиотические воздействия (активность Солнца) в условиях *in vivo* в настоящее время широко изучается [1, 2]. Ведутся исследования *in vitro* по определению влияния на свойства некоторых вирусов постоянного магнитного поля и  $\gamma$ -излучения [3 – 5]. В то же время, влияние на морские микроорганизмы, в частности на бактерии и вирусы, различных внешних воздействий в естественных условиях пока еще мало изучено.

Целью настоящей работы было определение возможной связи между активностью Солнца и численностью и морфологией морского бактерио- и виропланктона. Роль активности Солнца определяли на фоне других варьирующих факторов, биотических и абиотических, которые действуют в экосистеме Севастопольской бухты.

**Материал и методика.** Исследования проводили на базе Института биологии южных морей НАН Украины в год пониженной солнечной активности (1995 г.) и в годы повышения и пика солнечной активности (1999 – 2001 гг.) [6]. Объектом исследования служили пробы морской воды, ежемесячно отбираемые в стационарной точке Севастопольской бухты в акватории г.Севастополя. Забор осуществляли в приповерхностном слое толщиной около 10 см. Пробы воды фиксировали формалином. Прямой счет микроорганизмов проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии (ЭФМ). Численность и морфологию представителей сообществ бактериопланктона (две размерные фракции:  $\geq 0,45$  мкм и так называемые фильтрующиеся [6] бактерии 0,45 – 0,2 мкм), а также виропланктона (0,2 – 0,05 мкм) изучали с использованием нитроцеллюлозных фильтров фирмы *Sartorius* с разными размерами пор (0,45; 0,2 и 0,05 мкм). Особенности методики ЭФМ описаны [8, 9]. В качестве флуорохромного красителя нами

был использован акридин оранжевый (АО). АО окрашивает не только ДНК, но и РНК, и иные химические структуры животного и растительного происхождения и существенно за счет световой эмиссии увеличивает объем окрашиваемого микроорганизма. Эти свойства АО значительно повышают чувствительность ЭФМ [10, 11], что было использовано не только для прямого счета бактерий и вирусов, но и для определения некоторых их геометрических («морфологических») форм.

Значения международного индекса солнечной активности  $R_s$  за годы исследований получены в Национальном геофизическом центре данных сети *Internet* (<http://sidc.oma.be/html/sunspot.html>).

Статистический анализ полученных результатов проводили по стандартным методикам [12, 13].

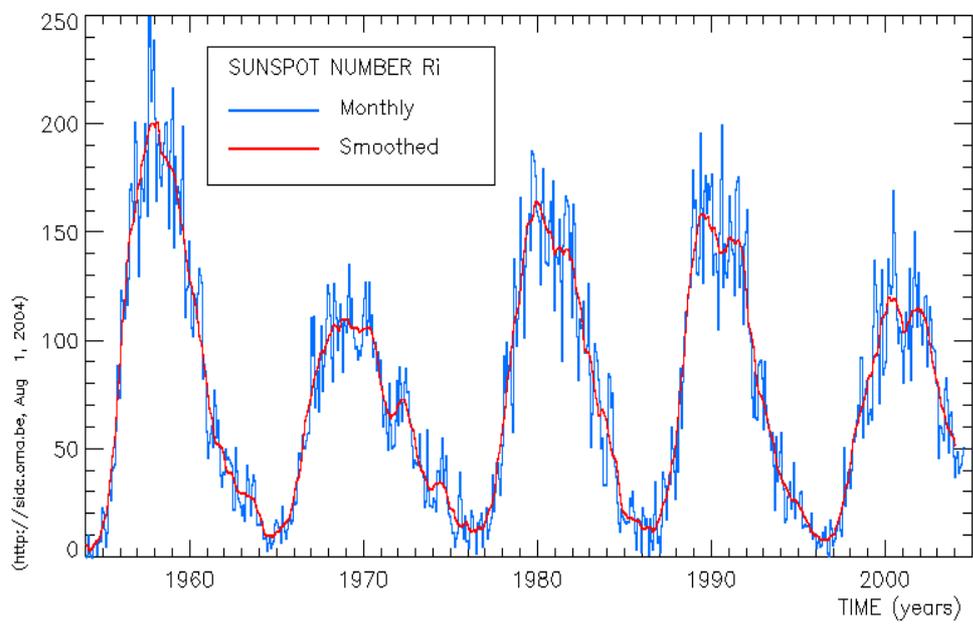
**Результаты и обсуждение.** Значения среднемесячной численности представителей сообществ бактериопланктона (двух размерных фракций) и виропланктона, определяемые на протяжении ряда лет (1995, 1999 – 2001 гг.), приведены в таблице.

По сведениям Национального геофизического центра данных среднемесячное значение индекса солнечной активности  $R_s$  в 1995 г. составляло 17,5; в 1999 г. 93,3; в 2000 г. 119,5 и в 2001 г. 110,9, что отражено на рис.1. Данные таблицы свидетельствуют, что в годы повышенной солнечной активности (1999 – 2001 гг.) численность представителей изучаемых сообществ бактерио- и виропланктона ниже, чем в год «спокойного» Солнца (1995 г.).

Т а б л и ц а . Численность бактерио- и виропланктона в годы пониженной (1995 г.) и повышенной (1999 – 2001 гг.) солнечной активности.

месяц	численность морских бактерий и вирусов (размер в мкм) $\times 10^5$ форм/мл										
	1995 г		1999 г			2000 г			2001 г		
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1,7	0,9	5,0	0,4	0,4	2,6	0,2	0,7	0,6	0,01	0,2
2	5,6	2,7	4,4	3,7	1,7	1,1	0,1	0,2	1,4	0,2	0,3
3	2,7	5,4	7,7	4,4	0,7	0,5	0,04	0,6	0,8	0,1	0,3
4	2,8	4,3	3,4	1,6	0,6	0,8	0,1	0,7	0,9	0,6	3,1
5	4,3	1,9	1,1	16,0	0,8	3,0	5,3	3,3	0,7	0,6	0,003
6	10,0	4,0	0,9	1,3	0,13	1,2	1,9	0,1	1,1	0,5	0,2
7	2,0	0,9	0,9	0,7	0,1	2,5	0,6	1,1	0,4	0,1	0,2
8	1,8	0,8	6,6	0,4	0,4	0,9	0,4	0,4	0,1	0,4	0,1
9	2,5	1,3	2,9	0,4	0,5	7,0	1,5	0,1	0,02	0,003	0,003
10	0,8	0,5	4,6	1,5	0,6	1,0	0,5	0,5	0,1	0,003	0,01
11	0,4	3,0	1,3	0,03	0,1	0,2	0,01	0,4	0,1	0,003	0,01
12	0,4	5,0	0,9	0,1	0,2	2,4	0,4	0,03	0,1	0,1	0,2
среднее знач.	$2,9 \pm 0,74$	$2,6 \pm 0,48$	$3,3 \pm 0,68$	$2,5 \pm 1,28$	$0,5 \pm 0,12$	$1,9 \pm 0,53$	$0,9 \pm 0,43$	$0,7 \pm 0,25$	$0,5 \pm 0,13$	$0,2 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,24$

Обозначения: I – крупные ( $\geq 0,45$  мкм) бактерии, II – фильтрующиеся бактерии (0,2 – 0,45 мкм); III – вирусы (0,05 – 0,2 мкм).

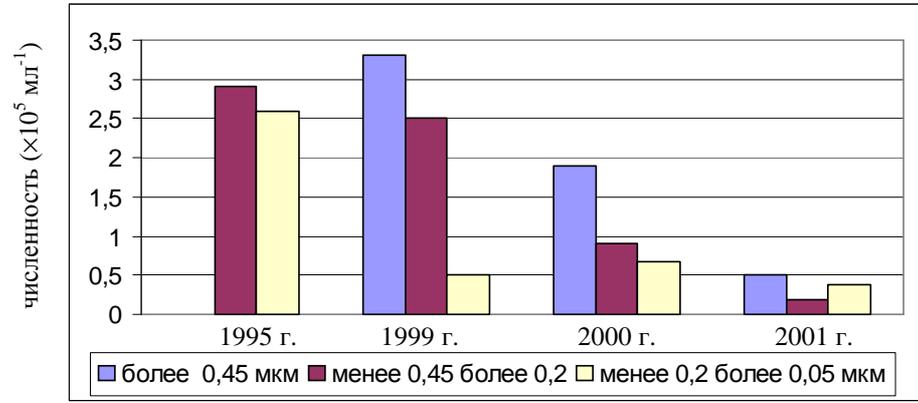


Р и с . 1 . Значения международного индекса солнечной активности  $R_i$ .

Наибольшее количество фильтрующихся морских бактерий, изученных во все годы наблюдений, отмечалось в 1995 г., составляя в среднем за месяц  $2,9 \times 10^5$  кл/мл. В годы повышенной солнечной активности (1999 – 2001 гг.) их численность снижалась, составляя в среднем за месяц  $2,5 \times 10^5$  кл/мл в 1999 г. и от  $0,9 \times 10^5$  до  $0,2 \times 10^5$  кл/мл в 2000 – 2001 гг.

На рис.2 представлены в виде диаграмм среднемесячные значения численности изучаемых представителей сообществ бактерио- и вироплантона в год пониженной (1995 г.) и в годы повышенной (1999 – 2001 гг.) активности Солнца.

Итак, по представленным результатам (табл., рис.2), среднемесячная численность фильтрующегося бактериопланктона к 2000 – 2001 гг. снизилась в 3,3 – 14,5 раза по сравнению с показателями 1995 г. И если статистически



Р и с . 2 . Среднемесячная численность представителей сообществ бактерио- ( $\geq 0,45$ ;  $0,45 - 0,2$  мкм) и вироплантона ( $0,2 - 0,05$  мкм) в 1995, 1999 – 2001 гг.

достоверного различия между среднемесячной численностью фильтрующегося бактериопланктона в 1995 и 1999 гг. не отмечалось, то между среднемесячной численностью этих представителей морских микроорганизмов в 1995 и 2000, а также в 2001 гг. различие оказалось существенным.

Та же тенденция отмечалась в обилии представителей виропланктона – морских вирусов. Среднемесячное количество вирусов резко снижалось в 1999 – 2001 гг. (в 5,2; 3,7 и 6 раз соответственно) по сравнению с 1995 г. При этом различие между среднемесячной численностью вирусов в 1995 г. и 1999 – 2001 гг. было существенным.

Численность фракции бактериопланктона  $\geq 0,45$  мкм была изучена в годы нарастания (1999 г.) и максимума солнечной активности (2000 – 2001 гг.).

Поиск связи между среднемесячной численностью представителей сообществ бактерио- и виропланктона (табл.) и среднемесячными значениями показателя солнечной активности  $R_i$  на протяжении 1995, 1999 – 2001 гг. (48 месяцев) позволил определить наличие средней отрицательной корреляции с высоким уровнем значимости для крупных бактерий ( $P < 0,01$ ) и вирусов ( $P < 0,001$ ) [12].

В 1995 г. среди представителей сообществ бактерио- и виропланктона наблюдалось разнообразие морфологических форм с преобладанием веретенообразных (до 80 %). В 2000 – 2001 гг. в морской воде отмечались, в основном (свыше 80 %), сферические формы представителей изучаемых сообществ.

По нашему мнению, снижение численности и изменение морфологических форм морских бактерий и вирусов может быть связано с угнетающим воздействием ультрафиолета (УФ), входящего в состав спектра солнечного излучения. Доля фонового УФ потока возрастает в годы повышения активности Солнца [14 – 16]. Угнетающее воздействие УФ нагрузки на бактерио- и виропланктон было изучено ранее [17]. В [18] высказано предположение, что длительная УФ нагрузка повлечет за собой изменения не только в численности морских микроорганизмов, но и в их морфометрии. Основной морфометрической формой в указанных условиях может стать форма, имеющая наименьшую площадь поверхности (сфера, шар), что и наблюдалось в годы повышенной солнечной активности (2000 – 2001 гг.). В этот период среди представителей изучаемых сообществ бактерио- и виропланктона преобладали сферические, округлые формы, а в 1995 и 1999 гг. преобладали веретенообразные формы.

**Заключение.** Полученные при выполнении исследований результаты позволили установить, что между численностью представителей сообществ морских бактерий и вирусов и активностью Солнца (числа  $R_i$ ) наблюдается средняя отрицательная корреляция с высоким уровнем значимости. Количество морских микроорганизмов существенно снижается в годы повышенной солнечной активности, а среди их морфометрических форм преобладают сферические. По нашему мнению, эти изменения происходят под влиянием увеличивающегося в годы активного Солнца УФ фона.

В перспективе полагаем целесообразным продолжать изучение характеристик морских микроорганизмов в условиях изменчивости гелиогеофизических и других внешних факторов. Знания в этой области могут оказать

ся полезными при экологических исследованиях, направленных на определение взаимосвязи климата и микроорганизмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евстафьев В.К., Бондаренко Н.А.* Природа явления «мелозирных лет» в оз.Байкал // Гидробиологический журнал.– 2002.– 38, №1.– С.3-12.
2. *Сиренко Л.А.* Активность Солнца и «цветение» воды // Гидробиологический журнал.– 2002.– 38, №4.– С.3-10.
3. *Бойко А.Л.* Комплементарність вірусних компонентів та її значення для наукових досліджень і практики // Бюлетень Інституту сільськогосподарської мікробіології.– 2000.– 6.– С.14-16.
4. *Бойко А.Л.* Основи екології та біофізики вірусів.– Київ: Фітосоціоцентр, 2003.– 164 с.
5. *Загородній Ю.В., Бейко І.В., Бойко А.Л.* Математичне моделювання поведінки вірусу тютюнової мозаїки при дії постійного магнітного поля // Доп. НАН України.– 1995.– 5.– С.130-131.
6. *Demianov G.V., Kaftan V.I., Zubinsky V.I.* Participation of the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Surveying And Cartograph Third Baltic Sea Level GPS Campaign / Reports of the Geodetic Institute, 99:4.– Kirkkonummi, 1999.– P.127-132.
7. *Tabor P., Ohwada K., Colwel R.* Filterable marine bacteria found in the deep sea: distribution, taxonomy, and response to starvation // Microbial. Ecol.– 1981.– 7, №1.– P.67-83.
8. *Родина А.С.* Методы водной микробиологии.– М.: Наука, 1965.– 362 с.
9. *Степанова О.А.* Морские бактерии и вирусы в воде и донных осадках бухт Севастополя // Экология.– 2001.– 1.– С.61-63.
10. *Hobbie J.H., Daley R.R., Tasper S.* Use of Nucleopor filters for counting bacteria by fluorescence microscopy // Appl. and Environ. Microbiol.– 1977.– 33, №9.– P.1225-1228.
11. *Suzuki M., Sherr E.B., Sherr B.F.* DAPI direct counting underestimation bacterial abundance and average cell size compared to AO direct counting // Limnol. and Oceanogr.– 1993.– 38, №7.– P.1366-1370.
12. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1990.– 352 с.
13. *Журавлева К.И.* Статистика и здравоохранение.– М.: Медицина, 1979.– 176 с.
14. *Бреус Т.К.* Биологические эффекты солнечной активности // Природа.– 1998.– 2.– С.76-88.
15. *Витинский Ю.И.* Солнечная активность.– М.: Наука, 1983.– 192 с.
16. *Чижевский А.А.* Земное эхо солнечных бурь.– М.: Мысль, 1973.– 349 с.
17. *Степанова О.А., Шайда В.Г.* Влияние ультрафиолетового излучения на биоэнергетику морского микропланктона // Экология моря.– 1999.– 49.– С.53-56.
18. *Степанова О.А.* Чувствительность морских гетеротрофных бактерий к воздействию ультрафиолетового излучения // Гидробиол. журн.– 2004.– 40, №2.– С.64-70.

Материал поступил в редакцию 09.02.2005 г.  
После доработки 22.03.2005 г.