

THE INFLUENCE OF AIR LAYER IN THE FEATHER COVER OF WATER BIRDS AND IN THE HAIR OF SEMI-AQUATIC MAMMALS ON BYOYANCY AND HYDRODYNAMIC

Summary

Air volumes in the feather and hair of 11 water birds species and 5 semi-aquatic mammals species belonging to different ecomorphs are determined experimentally. The influence of the air layer on the animals byoyancy and hydrodynamics is ascertained. Flowing of *Ondatra zibethica* and *Enhydra lutris* body by water stream under different swimming speed is studied. Damper role of hair covering and air layer decreasing water resistance is shown.

УДК 574.5:579:578:536.5(262.5)

О. А. СТЕПАНОВА, В. Г. ШАЙДА

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЭНЕРГЕТИКУ МОРСКОГО МИКРОПЛАНКТОНА

Изучено влияние искусственной ультрафиолетовой (УФ) радиации с постоянной мощностью и длиной волны 254-320 нм на уровни биоэнергетики морского микропланктона. Установлено ингибирующее воздействие УФ, выражающееся в снижении численности, процессов метаболизма и жизнеспособности сообществ микроорганизмов, вплоть до полной их гибели. Наиболее чувствительна к УФ облучению фракция бактериопланктона. Цианобактерии играют защитную роль по отношению к другим, более мелким размерным фракциям микропланктона при УФ радиации. Сохранение жизнеспособности морского микропланктона возможно при кратковременном 5-минутном УФ воздействии и зависит от глубины облучаемого слоя морской воды, который должен быть не менее 10 см.

Как известно, биологическое воздействие коротковолновых ультрафиолетовых (УФ) лучей обусловлено химическими изменениями поглощающих их молекул живых клеток, главным образом молекул нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и белков, и проявляется в нарушениях деления клеток, возникновении мутаций и их гибели. Однако УФ лучи обладают не только отрицательным, но и положительным биологическим действием, что зависит от длительности УФ воздействия, длины волны УФ лучей, глубины их проникновения и прочих факторов [1-3, 8, 10].

Настоящая работа посвящена изучению влияния УФ излучения на биоэнергетику морского микропланктона, играющего одну из основных (ключевых) ролей в трансформации и круговороте органического углерода в Мировом океане.

Материал и методика. Для исследований использовали морскую воду, отобранную зимой и весной в утренние часы (8-9 ч по местному времени) с поверхностного горизонта (10 см) у берега в Севастопольской бухте, а также фильтраты этих проб воды после их пропускания через фильтры Нуклеопор с диаметром пор 0,45 мкм. УФ облучение проб морской воды и фильтратов проводили в стерильном химическом стакане емкостью 1 л и высотой 10 см, используя для этой цели закрепленную в 10 см от стакана бактерицидную лампу БУФ-30 с постоянной мощностью (270 мквт/см²) и длиной волны 254-320 нм [3]. Длительность облучения составляла 5, 15, 30 и 60 мин, что по приблизительным подсчетам, в 10, 30, 60 и 120 раз превышает суммарный дневной фон естественной УФ радиации Солнца [2,8]. Забор облученной воды из стакана проводили с поверхностного слоя (0,5 см) и с глубины в 10 см. Влияние УФ радиации на биоэнергетику микропланктона в пробах морской воды и фильтратов изучали в микрокалориметрии, используя прибор непрерывного

мониторинга процессов и реакций Thermal Activity Monitor (ТАМ) LKB 2277. Принцип и особенности прибора описаны ранее [6]. Исследования проводили в объеме 2,0 мл. Контролем служили те же пробы и фильтраты морской воды, но не подвергшиеся УФ облучению. Численность фракций морского микропланктона [9] в исследуемых пробах до и после (сразу или через определенное время) УФ облучения определяли в эпифлуоресцентной микроскопии по общепринятой методике с использованием фильтров Нуклеопор с диаметром пор 0,45 мкм и нитроцеллюлозных фильтров фирмы "Sartorius" с диаметром пор 0,2 и 0,05 мкм.

Для изучения жизнеспособности морских гетеротрофных бактерий микропланктона делали посев исследуемого материала в жидкую питательную среду (пептонную воду) до и после УФ облучения по общепринятой методике [4].

Результаты и обсуждение. Морской микропланктон - это чуткая биологическая система, быстро реагирующая на воздействие различных внешних и внутренних факторов. Нами установлено [7], что энергетические потоки внутри морских микробиологических сообществ могут являться индикаторами экологической ситуации изучаемой системы. Предварительные данные свидетельствовали о том, что длительное (свыше 2 - 3 ч) влияние искусственной УФ радиации вызывает гибель морского микропланктона, определяемую при микрокалориметрии отсутствием теплопродукции, отражающей процессы метаболизма в живой системе. Результаты последних экспериментов по изучению влияния УФ радиации на биоэнергетику морского микропланктона в зависимости от длительности воздействия УФ лучей и глубины слоя (поверхностный слой в 0,5 см или глубина в 10 см) представлены в табл.1 и 2.

Таблица 1. Изменение биоэнергетики и жизнеспособности морского микропланктона в поверхностном слое проб воды под влиянием УФ радиации различной продолжительности

Table 1. Heat production and survival of marine microplankton in water surface layer under ultra-violet radiation impact

№ пробы	Первоначальная численность микропланктона $\times 10^4$ в 1 мл на фильтрах			Длительность УФ облучения в мин	Уровень максимальной теплопродукции (в мквт) через промежутки времени			Результат посева материала на питательную среду при наблюдении в течение 3 сут
	Ø 0,45	Ø 0,2	Ø 0,05		0-20 ч	20-40 ч	40-60 ч	
1	40	7	12	Без облучения	0,8	Н/и	Н/и	Рост
	"	"	"	15	0	Н/и	Н/и	Отсутствие роста
	"	"	"	30	0	Н/и	Н/и	"
	"	"	"	60	0	Н/и	Н/и	"
2	50	4	4	Без облучения	0,5	1,2	0,9	Рост
	"	"	"	15	0	0	0	Отсутствие роста
	"	"	"	30	0	0	0	"
	"	"	"	60	0	0	0	"
3	14	16	15	Без облучения	1,1	0,6	0,3	Рост
	"	"	"	15	0	0	0	Отсутствие роста
	"	"	"	30	0	0	0	"
	"	"	"	60	0	0	0	"

Как видно, в наших экспериментах была изучена морская вода с разной первоначальной численностью фракций микропланктона, количество которого колебалось от 3×10^4 до 50×10^4 микроформ в 1 мл, что не ниже порога чувствительности прибора ТАМ при работе с микроорганизмами. Уровни теплопродукции микропланктона в необлученной морской воде повышались до своих максимальных

значений во время эксперимента на ТАМ либо до 20 ч, либо от 20 до 40 ч. Так, наибольшая величина максимальной теплопродукции изучаемых проб микропланктона - 2,5 мквт - отмечалась в пробе №5 (табл.2) в период от 20 до 40 ч эксперимента. Самый низкий уровень максимальной теплопродукции - 0,3 мквт отмечался в период до 20 ч в пробе №6 (табл.2). Постепенное снижение энергетики в контрольных пробах начинается уже после 40 ч эксперимента.

Иная картина наблюдается в облученных пробах. При длительности УФ радиации в 60, 30 и 15 мин в изучаемых пробах морской воды и фильтрата теплопродукционные процессы прибором ТАМ не регистрируются (табл.1 и 2), независимо от глубины забора пробы (10 см или 0,5 см). Во всех облученных пробах отсутствует рост, типичный для бактерий микропланктона в питательной среде. Численность микропланктонных фракций исследуемых опытных проб в поверхностном слое и на глубине в 10 см после 60-минутного УФ облучения практически не менялась (табл.2, проба №5). В облученном фильтрате морской воды количество бактериопланктона в поверхностном слое снижалось в 90 раз, а на глубине в 10 см - в 9 раз, численность фемтопланктона увеличивалась как на глубине в 10 см, так и на поверхности в 3,3 раза (табл.2, проба №4). Изменение численности фракций микропланктона в фильтрате морской воды через 60 мин от начала УФ радиации,

Таблица 2. Изменения численности, биоэнергетики и жизнеспособности морского микропланктона и его фракций в зависимости от длительности УФ радиации и глубины облучаемого слоя воды

Table 2. Changes in number, heat production and survival of marine microplankton in dependence on ultra-violet radiation term and the depth of irradiated water layer

№ пробы, исследуемый материал, глубина забора материала после УФ облучения	Длительность УФ облучения в мин	Численность микропланктона $\times 10^4$ в 1 мл на фильтрах			Уровень максимальной теплопродукции (в мквт)			Результат посева материала на питательную среду при наблюдении в течение 3 суток
		Ø 0,45	Ø 0,2	Ø 0,05	0-20 ч	20-40 ч	40-60 ч	
4, контроль фильтрата	Без облучения	Н/и	9	3	1,8	1,1	0,5	Рост
Опыт, с поверхностного слоя (0,5 см)	60	Н/и	0,1	10	0	0	0	Отсутствие роста
Опыт, с глубины в 10 см	60	Н/и	1	10	0	0	0	"
5, контроль морской воды	Без облучения	11	7	5	2,3	2,5	2,2	Рост
Опыт, с поверхностного слоя (0,5 см)	60	16	9	9	0	0	0	Отсутствие роста
Опыт, с глубины в 10 см	60	10	3	5	0	0	0	"
6, контроль морской воды	Без облучения	5	7	4	0,3	0,3	0,2	Рост
Опыт, с поверхностного слоя (0,5 см)	5	5	5	8	0	0	0	Отсутствие роста
Опыт, с глубины 10 см	5	7	4	9	0	0,2	0,3	Рост

вероятно, обусловлено отсутствием относительного защитного действия микроорганизмов более крупного размера (более 0,45 мкм), представленного в основном цианобактериями [9], способными поглотить и рассеять большую удельную долю энергии облучения УФ. Из табл.1, 2 видно, что наличие размерной фракции микропланктона более 0,45 мкм в пробах не

препятствует губительному воздействию УФ на жизнеспособность более мелких фракций, однако ее отсутствие в фильтрате приводит к ускорению процессов деградации и разрушения бактериальных клеток. Быстрое снижение численности микроорганизмов в пробе №4 облученного фильтрата происходит, вероятно, за счет денатурации белков и мутаций ДНК клеток, приводящих к их гибели с последующим аутолизом [1-3], а увеличение количества фемтопланктона обусловлено выходом интегральных вирусов из бактерий, что возможно при влиянии УФ лучей [5].

При 5-минутном УФ облучении морской воды в пробах, взятых с поверхностного слоя, отмечается отсутствие и теплопродукции, и роста на питательной среде на протяжении всего периода наблюдений, т.е. 60 ч (табл.2). В пробе, взятой с глубины в 10 см, теплопродукционные процессы возникают через 20 ч после начала эксперимента, достигая уровня теплопродукции 0,2-0,3 мквт, характерного для контроля (необлученной морской воды), и наблюдается рост микроорганизмов в питательной среде. Численность микроорганизмов, определенная сразу после воздействия УФ облучения в течение 5 мин, практически не менялась (табл.2, проба №6).

Однако проведенная через 3 ч микроскопия облученных проб как с поверхностного слоя, так и с глубины в 10 см, свидетельствовала о снижении почти в 100 раз количества представителей размерной фракции от 0,45 до 0,2 мкм, а на фильтре с диаметром пор 0,05 мкм обнаруживалась масса бесформенных образований органического происхождения, представляющих, по всей видимости, обломки и осколки погибших бактерий. Исследования в эпифлуоресцентной микроскопии, проведенные через 48 ч после 5-минутного УФ облучения, выявили в пробе, взятой на глубине в 10 см, морских бактерий в количестве 5×10^5 в мл, в то время, как в пробе, взятой с поверхностного слоя, микроорганизмы определить не удалось. Последний опыт свидетельствует о сохранении жизнеспособности микропланктона на глубине в 10 см при кратковременном 5-ти минутном УФ облучении.

Выводы. Полученные результаты подтверждают губительное действие коротковолнового УФ облучения, превышающего естественный фон в десятки раз, на жизнеспособность микропланктона даже при очень незначительной его продолжительности (15 мин). В микрокалориметрии влияние УФ излучения на биоэнергетику морского микропланктона проявляется в виде частичного или полного ингибирования его теплопродукции, зависящего от длительности УФ радиации и глубины изучаемого слоя морской воды. Сохранение жизнеспособности микроорганизмов в морской воде при кратковременном (5 мин) УФ воздействии возможно уже на глубине в 10 см. Изменение численности микропланктона под влиянием УФ радиации наблюдается не сразу, а через 2-3 ч, причем происходит оно за счет снижения количества бактериопланктона, являющегося, по всей видимости, наиболее чувствительной к УФ облучению размерной фракцией. Размерная фракция микроорганизмов более 0,45 мкм, представленная в морской воде в основном цианобактериями, препятствует быстрому изменению численности остальных представителей микропланктона под воздействием УФ лучей.

1. Горкин З.Д. Ультрафиолетовое излучение / Гигиена труда. Под ред. В.К.Навроцкого - М.: Медицина, 1974. - С.80-82.
2. Ерлов Н.Г. Оптика моря.- Л., 1980. - 248 с.
3. Макиров К.А. Микробиология, вирусология и иммунология. - Алма-Ата, 1974. - 372 с.
4. Практикум по микробиологии / Под ред Н.С.Егорова - М, 1976. - 308 с.
5. Общая вирусология: Руководство. Т.1 / Под ред. В.М.Жданова, С.Я.Гайдамович. - М., 1982. - 496 с.
6. Степанова О.А., Шайда В.Г. Микрокалориметрическая характеристика взаимодействия бактерий и бактериофагов // Экология моря. - 1998. - Вып.47. - С.100-105.
7. Степанова О.А. Шайда В.Г. Энергетические потоки внутри морских микробиологических сообществ - индикаторный тест экологической системы / Сб.: Динамика, прочность, компьютер, образование. Мат. III международн. научно-технич. конф. Севастополь, 2-5 сентября 1998 г. - Севастополь: Изд. СевГТУ, 1999. - С.120-127.
8. Ультрафиолетовое излучение / Под ред. Франка Г.М., Варшавера Г.С., Данцига Н.М., Соколова М.В. - М.: Медгиз, 1960. - 272 с.

9. Sieburth J. Mc N., Smetacek V., Lenz J. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationships to plankton size fractions // Limn. Oceanogr. - 1978. - 23, n.6. - P.1256-1263.
10. Worrest R.C., Wolniakowski K.U., Scott J.O. et al. Sensitivity of marine phytoplankton to UV radiation: impact upon A model ecosystem // Photochem. Photobiol. - 1981. - 33, n.2. - P.223-227.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 20.04.99

O. A. STEPANOVA, V. G. SHAIDA

THE IMPACT OF ULTRAVIOLET IRRADIATION ON BIOENERGETICS OF MARINE MICROPLANKTON

Influence of artificial ultraviolet (UV) radiation of invariable power and the wavelength 254-320 nm on bioenergetics levels of marine microplankton was studied. The UV irradiation exert an inhibiting influence reducing the abundance, metabolic rates and viability of microplankton communities up to total mortality. Bacterioplankton is the most susceptible fraction to the impact of UV radiation, while cyanobacteria act a protective role for other size fractions of microplankton. Marine microplankton kept viability under a short term (5 min) UV irradiation; however, the viability depends on the depth of seawater layer subject to the UV impact, which must not be less than 10 cm.

УДК 579:532.26/27:595.34:581.16(26)

A. Н. ХАНАЙЧЕНКО

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕВОЙ ДИЕТЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОСПРОИЗВОДСТВА КОПЕПОД

В лабораторных условиях на культурах двух видов - *Acartia clausi* и *A. tonsa* изучены основные характеристики воспроизводства их популяций (продукция яиц, EP; процент выклева, H%; минимальное время генерации, $\min T_{gen}$; выживаемость при прохождении линьки, M%, выживаемость в течение минимального времени генерации, $S_{gen}\%$) при кормлении монокультурами и смесями микроводорослей, относящихся к разным систематическим группам. По совокупности характеристик воспроизводства копепод выявлено преимущество Dinophyceae, Prymnesiophyceae и Cryptophyceae по сравнению с Chlorophyceae, Prasinophyceae и Bacillariophyceae. Наиболее высокие значения EP (70 яиц.сут⁻¹ самка⁻¹), H% (97-100 %), S_{gen} (75-88%) и $\min T_{gen}$ (8 сут) получены на смеси Dinophyceae, Prymnesiophyceae и Cryptophyceae.

Копеподы - основное звено между рыбами и фитопланктоном - считаются первыми жертвами личинок рыб в естественных условиях [11]. Изменения в зоопланктонном сообществе Черного моря привели к возрастанию роли массовых видов рода *Acartia*, которые в настоящее время могут составлять до 100% численности и биомассы зоопланктона в прибрежных зонах [2]. Различные стадии культивируемых *Acartia* spp. представляют оптимальные по размеру кормовые объекты для личинок рыб. При введении их в рацион культивируемой камбалы калкан (*Psetta maeotica* Pallas) выживаемость личинок улучшается, предположительно благодаря биохимическому составу рачков, адекватному пищевым потребностям личинок рыб [6].