



УДК 593.163(262.5)

**В. Е. Заика**, чл.-корр. НАН Украины, вед. научн. сотр

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,  
Севастополь, Украина

### ДИНАМИКА РАЗМЕРНОГО СОСТАВА НОКТИЛЮКИ *NOCTILUCA SCINTILANS* В ЧЕРНОМ МОРЕ

Приведены данные о размерном составе популяции ноктилюки в Черном море в разные сезоны и на разных глубинах. Это позволило оценить «возрастной состав» популяции и на этой основе судить об активности размножения клеток в разных местообитаниях и в разное время. Показано, что доля клеток мельче 0.5 мм минимальна в полдень, максимальна в 18 – 21 ч. Сделан вывод, что в Черном море ноктилюка делится в темное время суток (ранее это было известно для Северного моря). Обнаружены следующие сезонные изменения размерного состава популяции: наибольшая доля мелких клеток (60 – 84 %) зарегистрирована в марте, причем на всех исследованных глубинах. Наиболее велика доля мелких клеток в марте на глубине 15 – 40 м. Это согласуется с данными о начале весенней вспышки развития ноктилюки. В апреле основной пик обилия мелких клеток перемещается на глубины более 60 м. В августе в поверхностном слое моря доля мелких клеток составляла 45 %, что трудно объяснить, так в этот период популяция ноктилюки размножается плохо.

**Ключевые слова:** ноктилюка, размерный состав, деление клеток, Черное море

Из двух способов размножения ноктилюки *Noctiluca scintillans* (Macartney) вегетативное размножение (бинарным делением) является более обычным. Альтернативный способ - образование зооспор наблюдается одновременно не более чем у 5 % клеток, причем только при весеннем увеличении популяции [1, 5, 6]. При вегетативном размножении клетка делится обычно на две приблизительно равные дочерние клетки.

О текущем темпе размножения одноклеточных при бинарном делении можно судить по проценту делящихся, при условии, что частота деления примерно одинакова в течение суток [2, 3]. Данные по ноктилюке [6] показали, что деление клеток происходит пре-

имущественно ночью, причем резкий пик процента делящихся приходится на полночь. По этой причине оценивать темп размножения ноктилюки по проценту делящихся некорректно.

Судить об активности размножения популяции в данное время и в данном местообитании помогает, хотя и косвенно, исследование размерного состава популяции ноктилюки.

В настоящей работе сделана попытка оценить по размерному составу популяции ее «возрастной состав» и на этой основе оценить условия (сезон, глубина), при которых наблюдается относительно интенсивное размноже-

ния ноктилюки в шельфовых и глубоководных районах Черного моря.

**Материал и методы.** В основу положены данные 32-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» (август – сентябрь 1990 г.), а также материалы рейсовых наблюдений, выполненных автором в разные годы и в разных частях Черного моря. Привлечены также результаты подсчета ноктилюки по двум размерным группам по данным рейса в августе 1976 г. на НИС «Михаил Ломоносов», за предоставление которых автор благодарен коллегам из отдела планктона ИнБЮМ.

Ноктилюку собирали вертикальными, реже (из поверхностного слоя) - горизонтальными сетными ловами, подсчет и промеры клеток проводили под препаровальным бинокулярным микроскопом с применением окуляр-микрометра. Диаметр клетки измеряли в плоскости, перпендикулярной плоскости прикрепления жгутика. Все наблюдения и измерения выполнены на свежем живом материале в судовой лаборатории.

**Результаты и обсуждение.** Доля делящихся клеток ноктилюки обычно весьма низка (ночные пробы не исследовали). В утренней пробе из вертикального сетевого лова планктона, слой 50 – 0 м (10 ч утра, 21.08.90 г.), общая численность ноктилюки составила 375 экз., из них делящихся - 7 экз. (1.9 %). В других пробах доля делящихся клеток была не больше.

В течение двух дней (21 - 22.08.90) было промерено более 300 экз. из разных проб ноктилюки (на живых особях измеряли диаметр клетки). Минимальный размер составлял 0.30 мм, максимальный 0.90 мм. В гораздо большем по объему данных исследовании черноморской ноктилюки [4] – амплитуда размеров была чуть больше (0.25 – 0.95 мм).

Анализ вариабельности размеров ноктилюки во всех участках ареала показал, что в Северном море большинство клеток имеют

диаметр в пределах от 0.4 до 0.6 мм, лишь изредка достигая 0.7 мм [5]. Как будет показано ниже, большинство клеток в Черном море тоже имеют диаметр 0.4 – 0.6 мм, но достигаемые максимальные размеры выше.

Наши промеры размеров делящихся клеток на станции в зоне шельфа (при температуре 20<sup>0</sup>С) дали следующие результаты: при наличии явной перетяжки диаметр последней составляет около 0.45 – 0.55 мм, при этом перпендикулярно перетяжке клетка вытянута на 0.8 – 0.9 мм. Диаметр дочерних клеток сразу после расхождения пары равен 0.30 – 0.35 мм. Эти сведения позволяют приблизительно оценивать индивидуальный возраст каждой клетки, приняв для упрощения, что исходные размеры дочерних клеток равны между собой и что рост диаметра клетки во времени равномерный. Основываясь на этом, можно использовать данные по размерной структуре популяции для ориентировочной оценки времени и места размножения ноктилюки.

На рис. 1, а - в показано распределение по размерам клеток из нескольких выборок ноктилюки, полученных вертикальными ловами в зоне шельфа (21.08.90). В этот период в районе исследований основная масса ноктилюки находилась на глубине около 50 м.

Как видно уже при беглом сравнении графиков, модальными размерными классами были в разных случаях 0.50 – 0.55 и 0.55 – 0.60 мм. Поэтому будем клетки диаметром менее 0,5 мм называть мелкими («молодыми»). В 9 ч утра (рис. 1а) доля мелких клеток относительно велика, диапазон размеров составляет 0.3 – 0.8 мм.

В полдень (рис. 1 б) распределение по размерам наиболее симметрично, а диапазон размеров наиболее широк (0.3 – 0.9 мм). Доля клеток диаметром 0.30 – 0.45 мм понижена. В 21 ч (рис. 1в) в популяции низка доля крупных клеток, причем максимальный размер ноктилюки не превышает 0.75 мм.

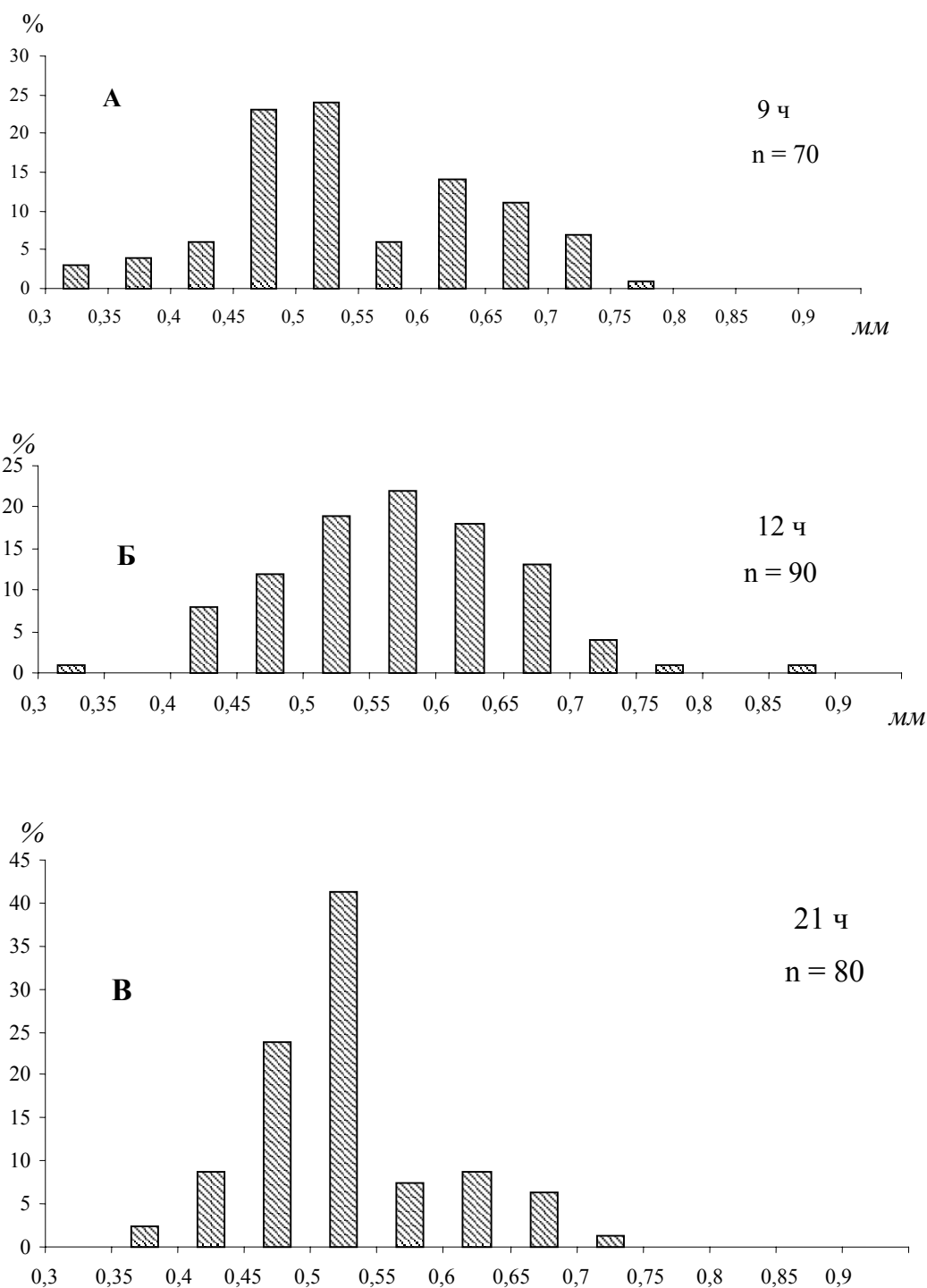


Рис. 1. Распределение ноктилюки (в %) из вертикальных ловов (21 августа 1990 г.) по размерам клеток (в мм) в разное время суток: А – утро, Б – полдень, В – вечер  
 Fig. 1. Distribution of *Noctiluca* (in %) from vertical samples (on the 21 August 1990), through the cells sizes (in mm): А – in the morning, В – midday, С – in the evening

Сравнивая приведенные графики, можно предполагать, что в полдень популяция наиболее «зрелая», а размножение - минимальное. Это хорошо увязывается с данными по Северному морю, где пик деления клеток ноктилюки зарегистрирован в полночь [5, 6]. Таким образом, результаты анализа суточной динамики распределения ноктилюки по размерам позволяют заключить, что в Черном море основная масса ноктилюки, находящаяся на глубине около 50 м, тоже делится в темное время суток.

Размерный состав ноктилюки был исследован нами также на трех станциях в глубоководном районе моря, в пробах из слоя 25 - 50 м. Модальный класс во всех случаях был 0.50 - 0.5 мм, минимальный диаметр 0.3 мм, максимальный 0.8 мм. Доля клеток диаметром менее 0.5 мм в этих пробах составляла от 24 до 42, в среднем 34 %. Эти результаты не совсем согласуются с заключением [4] о том, что в открытом море встречаются наиболее крупные

клетки. Кроме того, приведенные данные показывают, что вариабельность размеров ноктилюки сильно зависит от времени суток, определяющего размерный состав популяции, что необходимо учитывать при сравнении районов.

Обратимся теперь к материалам другого рейса (суточная станция 25 - 26 августа 1976 г.), где учет ноктилюки проводили по стандартным слоям, причем отдельно учитывали численность клеток мельче и крупнее 0.5 мм. Рис. 2 показывает, что в двух смежных по глубине слоях воды (10 - 25 и 25 - 50 м) доля мелких клеток менялась синхронно в течение суток. Максимальная доля мелких клеток в обоих слоях наблюдалась, начиная с 18 ч, а минимальная - в полдень. В полночь доля мелких клеток была низка в слое 10 - 25 м и высока в слое 25 - 50 м. Это хорошо согласуется с уже цитированными данными о том, что ноктилюка делится преимущественно в темное время суток с пиком в полночь.

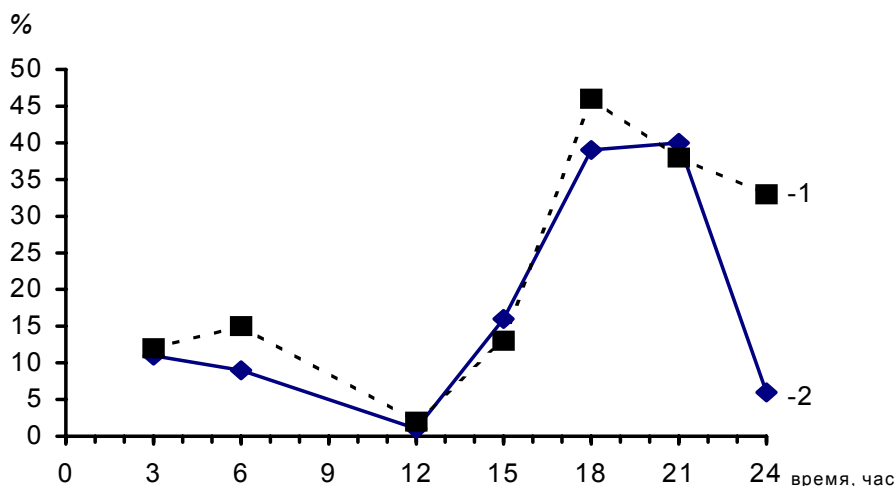


Рис. 2. Суточные изменения доли (в %) клеток диаметром менее 0.5 мм в выборках ноктилюки (25 - 26 августа 1976 г.): 1 - из слоя 10 - 25 м; 2 - из слоя 25 - 50 м

Fig.2. Daily changes of the proportion (in %) of cells in diameter less 0,5 mm in samples of *Noctiluca* (25 - 26 August 1976): 1 - the layer 10 - 20 m; 2 - the layer 25 - 50 m

Показательны сезонные изменения доли мелких клеток в глубоководном районе

Черного моря, в 1976 г., на разных глубинах (рис. 3).

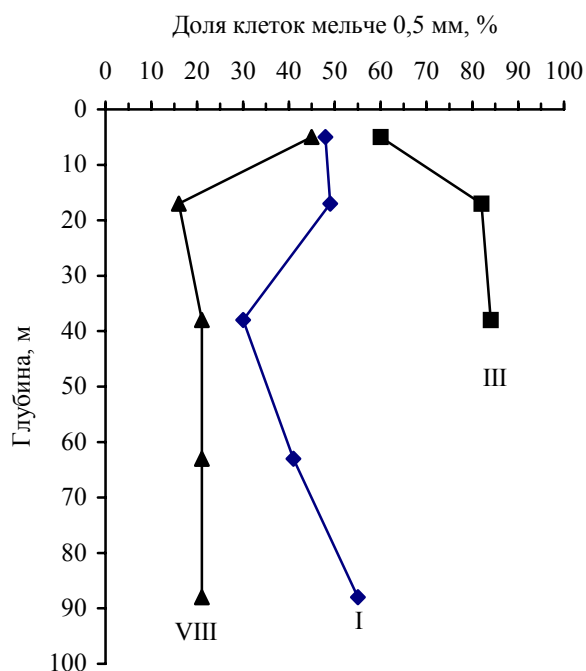


Рис. 3. Изменение доли (в %) клеток ноктилюки диаметром менее 0.5 мм с глубиной в разные сезоны (1976 г). III – март, IV – апрель, VIII – август

Fig. 3. Changes of the proportion (in %) cells of Noctiluca in diameter less 0.5 mm with depth at different seasons (in 1976). III – March, IV – April, VIII – August

Наибольшая доля мелких клеток (60 – 84 %) зарегистрирована в марте на всех исследованных глубинах. Это согласуется с данными о начале весенней вспышки развития ноктилюки. Наиболее велика доля мелких клеток в марте на глубине 15 – 40 м. В апреле основной пик обилия мелких клеток становится меньше и перемещается на глубины более 60 м, а верхнем слое возникает дополнительный пик.

В августе размножение ноктилюки обычно низкое, популяция часто показывает признаки старения и отмирания. В это время часть популяции ноктилюки поднимается к поверхности, не обнаруживая признаков деления. В прибрежных районах возникают иногда скопления («цветения») погибающей ноктилюки.

Но наши данные заставляют обратить внимание на следующее трудно объяснимое явление. Как показывают данные рис. 3, в 1976 г. в поверхностном слое моря в августе наблюдался трудно объяснимый пик мелких клеток. Это явление также зарегистрировано 22.08.90 г. у поверхности моря в 18 ч. Здесь обнаружена популяция с самыми мелкими клетками (рис. 4). Обращает внимание относительно большая доля клеток диаметром 0.35 – 0.40 мм. Наибольший диаметр составлял только 0.65 мм, а модальный диаметр был 0.45 – 0.55 мм.

Казалось бы, здесь зарегистрирована самая молодая популяция, где клетки относи-

тельно интенсивно делились. Тем не менее, в соответствующей пробе из 350 экз. ноктилюки не было ни одной делящейся. Причины, вызвавшие описанный размерный состав, не ясны. Рис. 1 и 4 отражают результаты, полученные в одном и том же районе и в один период. При глубине места 80 м, резкий пик численности ноктилюки на обсуждаемых станциях находился в слое 45 - 60 м.

Известно, что ноктилюка в Черном море в теплый период года в открытых районах обычно держится не в поверхностном, хорошо прогретом слое, а на глубинах, где наблюдается скачок температуры, часто даже под скачком [1]. Можно предположить, что многие поделившиеся клетки ноктилюки в этот период, в результате изменений физиологического состояния плохо растут, меняют свой удельный вес и всплывают. В отдельных случаях к выбросу ноктилюки в поверхностный прогретый слой может приводить и локальный подъем глубинных вод.

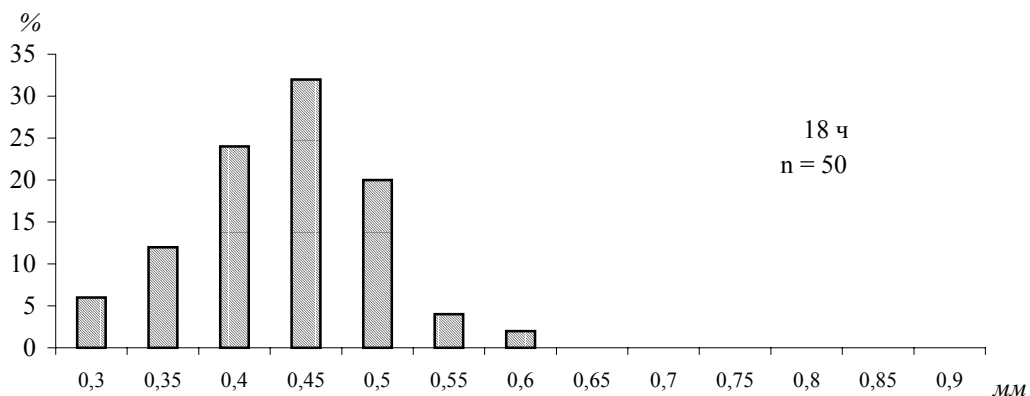


Рис. 4. Распределение ноктилюки из горизонтального лова у поверхности (21 августа 1990 г.) по размерам клеток (обозначения как на рис. 1)

Fig. 4. Distribution of *Noctiluca* from horizontal samples at a surface (21 August 1990) through the cells size (legend as on the fig. 1)

Таким образом, анализ размерной структуры популяции ноктилюки позволяет косвенно судить об активности размножения

клеток в разных местообитаниях и в разное время, выявлять малоисследованные особенности поведения клеток.

1. Битюков Э. П. Распределение и экология *Noctiluca miliaris* в Черном море // Биология моря. - 1969. - Вып. 17. - С. 76 - 95.
2. Заика В. Е. Связь продолжительности цитокинеза с массой клетки у инфузорий // Цитология. - 1988. - 30, № 6. - С. 757 - 761.
3. Заика В. Е., Макарова Н. П. Время генерации, продолжительность деления и доля делящихся клеток у двух видов микроорганизмов // Биология моря. - 1975. - Вып. 33. - С. 119 - 121.
4. Полищук Л. Н., Коцегой Т. П., Трофанчук Г. М. Размер и масса тела *Noctiluca miliaris* Sur. в

различных участках Черного моря // Гидробиол. журн. - 1981. - 17, № 5. - С. 26 - 31.

5. Elbrachter M., Qi Y.-Z. Aspects of *Noctiluca* (Dinophyceae) population dynamics / Physiological ecology of harmful algal blooms / Eds. Anderson D.M., Cembella A.D., Hallegraeff G.M. - NATO ASI Ser., 1998. - 41. - P. 20 - 29.
6. Uhlig G., Sahling G. Zeitliche Verteilung bei Helgoland und raumliche Verbreitung in der Deutschen Bucht (Langzeitreihen 1970 - 1993). - Ber. Biol. Anst. Helgoland 9, 1995 - P. 1 - 127.

Поступила 03 ноября 2004 г.

**Динаміка розмірного складу ноктилюки *Noctiluca scintillans* у Чорному морі.** В. Є. Заїка. Наведені дані про розмірний склад популяції ноктилюки у Чорному морі в різні сезони та на різних глибинах. Це дозволило оцінити її на цій основі міркувати про активність розмноження клітин в різних місцях перебування та в різні часи. Показано, що частка клітин дрібніших за 0.5 мм найменша опівдні, максимальна – між 18 – 21 год. Зроблено висновок, що в Чорному морі ноктилюка ділиться в темну пору доби (раніш це було відомо для Північного моря). Знайдені такі сезони коливання розмірного складу популяції: максимальна частка дрібних клітин (60 – 84 %) зафіксована у березні на всіх глибинах. Це знаходиться у відповідності з даними про початок весняного спалаху розвитку ноктилюки. У квітні основний пік багатства дрібних клітин зафіксовано на глибинах більш ніж 60 м. У серпні в поверхневому шарі моря частка дрібних клітин складала 45 %, що важко пояснити, тому що в цей період популяція ноктилюки розмножується погано.

**Ключові слова:** ноктилюка, розмірний склад, ділення клітин, Чорне море

**Dynamics of size spectrum of *Noctiluca scintillans* in the Black Sea. V. E. Zaika.** Size spectra for *Noctiluca* at different seasons and various depths of the Black Sea are presented. These data make it possible to estimate the “age spectrum” of the populations and, on this basis, to reach conclusions on reproductive activity of cells in different habitats. The proportion of cells smaller than 0.5 mm is shown as minimum at noon and maximum at 6 p.m. – 9 p.m. These observations suggest that, in the Black Sea; the division of *Noctiluca* cells takes place during the dark time of the day (it is confirmed by observations already made in the North Sea). The following seasonal changes in population size spectra have been observed. The biggest proportion of small cells (60 – 84%) occurs in March at all investigated depths. This is consistent with *Noctiluca* spring bloom start. In April the main peak in the abundance of small cells sinks to a depth of more than 60 m. In August, 45% of cells in the surface layer are < 0,5 mm. This fact is difficult to explain because of inactive reproduction of *Noctiluca* at this period.

**Key words:** *Noctiluca*, size of spectrum, division of cells, Black Sea

---

#### ЗАМЕТКА

---

**Отклик гидроэкологической системы Бакальской косы (Крым) на климатические изменения: донные цианобактерии [Response of hydroecological system of the Bakalskaya split (Crimea) on the climatic variability: the bottom cyanobacteria].** Бакальская коса расположена на северо-западе Крыма. Гидроэкологическая система косы включает Бакальское озеро и множество мелких постоянных и временных водоемов (Шадрин и др., 2001). В августе 2000 и 2001 гг. было проведено изучение донных цианобактерий в различных водоемах косы (Найданова, 2001). В августе 2004 г. изучение донных цианобактерий было повторено. При этом выявлены значительные изменения в видовой структуре таксоцены донных цианобактерий. Всего за оба периода исследований выявлено 11 родов и 44 вида донных цианобактерий. Следует заметить, что большинство видов, а также роды *Cyanothrix*, *Phormidium* и *Microcoleus* отсутствуют в списках черноморского биоразнообразия Украины (Black Sea Biological Diversity. Ukraine, 1998). Сравнение биоразнообразия на уровне родов показало, что из 11 родов только 6 отмечены в оба периода исследований (54,5%), общих видов всего 6, т.е. 11%. Столь существенные перестройки в таксоцены донных цианобактерий, в первую очередь, можно объяснить падением солености и другими изменениями, которые произошли вследствие колебаний климата: увеличение осадков, изменение розы и интенсивности ветров. В августе 2000 и 2001 гг. диапазон изменений солености в водоемах Бакальской косы составлял 18 – 300 ‰, а в августе 2004 г. соленость выше 85‰ не отмечена. Более высокое разнообразие донных цианобактерий в августе 2004 г., вероятно, отчасти связано с значительно большей суммарной площадью водных биотопов. Многие мелкие водоемы, сухие в августе 2000 и 2001 гг., в 2004 г. были заполнены водой. Известно, что донные цианобактерии могут образовывать покоящиеся стадии (цисты), которые могут переноситься атмосферными потоками на довольно большие расстояния. Сохранение в грунтах или перенос ветром покоящихся стадий – что сыграло основную роль в столь существенной перестройке таксоцены цианобактерий Бакальской косы, предстоит выяснить в будущих исследованиях. Исследования проведены в Международной экспедиции по проекту INTAS N 03-51-6541. **О. С. Миходюк, Л. М. Герасименко** (Институт микробиологии, г. Москва, Россия), **Н. В. Шадрин** (Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь, Украина).