

4. *Мина М.В.* Рост животных / Мина М.В., Клевезаль Г.А. – М. : Наука, 1976. – С. 291.
5. *Шурова Н.М.* Сезонные слои роста в раковинах мидий Черного моря / Шурова Н.М., Золотарев В.Н. // Биология моря. – 1988. – № 1. – С. 18–22.
6. *Шурова Н.М.* Особенности роста мидий *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря / Н.М. Шурова, В.Н. Золотарев, А.Ю. Варигин // Биология моря. – 1991. – № 4. – С. 70–79.
7. *Шурова Н.М.* Изменения популяционных характеристик черноморской мидии в условиях эвтрофирования и гипоксии морских прибрежных вод / Н.М. Шурова, А.Ю. Варигин, С.В. Стадниченко // Экология моря. – 2004. – Вып. 65. – С. 94–99.
8. *Gayanilo F.C.* Fisat II: FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (version 1.2.0). / F.C. Gayanilo, P. Sparre, D. Pauly [eds] // FAO, Rome, 2002. – Режим доступа: <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat>.

С.В. Стадниченко, Н.М. Шурова

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины

СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОСТА И ПРОДУКЦИИ ЧЕРНОМОРСКИХ МИДИЙ

Различия показателей роста и продукции мидий *Mytilus galloprovincialis* из Одесского залива, рассчитанных на основе двух способов определения их индивидуального возраста (по годовым кольцам на наружной поверхности раковины и по радиальным спилам их створок), составляют меньше 30 %, различия значений ϕ' и T_{40} – меньше 3%.

Ключевые слова: возраст, мидия, Черное море, индивидуальная продукция

S.V. Stadnichenko, N.M. Shurova

Odesa Branch A.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas NAS of Ukraine

COMPARISON OF TWO METHODS FOR DETERMINATION OF GROWTH AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF THE BLACK SEA MUSSELS

Differences between characteristics of growth and production of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Odessa Bay, calculated on the basis of two methods of individual age determination (on annual rings on the surface of shell and on radial sections of their valves), are less 30 %. Differences ϕ' and T_{40} – integral characteristics of growth rate of the Black Sea mussels are less 3%.

Key word: mussel, Black sea, individual products

УДК [582.26/.27(262.5)]

Л.В. СТЕЛЬМАХ

Институт биологии южных морей НАН Украины

пр-т Нахимова, 2, Севастополь 99011

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ РОСТА ФИТОПЛАНКТОНА И ЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ МИКРОЗООПЛАНКТНОМ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Впервые для Черного моря (на трех станциях в прибрежных поверхностных водах Черного моря в районе Севастополя в 2006–2007 гг.) показано, что в течение года максимальная концентрация хлорофилла *a* наблюдалась в периоды, когда разница между удельной скоростью роста фитопланктона и скоростью его потребления микрозоопланктоном достигала наибольших величин.

Ключевые слова: фитопланктон, удельная скорость роста, потребление фитопланктона микрозоопланктоном, биогенные вещества, Черное море

Исследования, выполненные в различных районах Мирового океана, показали, что интенсивное развитие фитопланктона (ФП) и увеличение его биомассы и концентрации хлорофилла *a* может осуществляться лишь в том случае, если скорость роста ФП превышает скорость его потребления микрозоопланктоном [3, 7, 8]. В Черном море одновременные определения скорости роста ФП и скорости его выедания микрозоопланктоном не проводились, поэтому не известно, какие соотношения существуют между ростом черноморского ФП и его потреблением

микрозоопланктоном в различные сезоны года и, прежде всего, в периоды максимального развития водорослей в море.

Цель настоящей работы – исследовать сезонную динамику удельной скорости роста ФП и скорость его потребления микрозоопланктоном в прибрежных поверхностных водах Черного моря в районе г. Севастополя.

Материал и методы исследований

В основу работы положены регулярные наблюдения, осуществлявшиеся на трех станциях в прибрежных поверхностных водах Черного моря в районе Севастополя. Исследования проводились в течение 2006–2007 гг. Первая станция была расположена в Севастопольской бухте, вторая находилась в Карантинной бухте, третья – в районе бухты Омега [2]. Ежемесячно отбирали пробы воды, в которых определяли: доминирующие виды водорослей, представленные в планктоне, их относительную биомассу, концентрацию хлорофилла *a* в планктоне, удельную скорость роста суммарного ФП, скорость его потребления микрозоопланктоном, концентрацию основных питательных веществ, интенсивность солнечной радиации, падающей на поверхность моря, а также температуру воды.

Определение видового состава, численность и размеры доминирующих видов водорослей, относящихся к нано- и микрофитопланктону, осуществляли в живой капле под световым микроскопом МБИ-3. Удельную скорость роста суммарного ФП и скорость его потребления микрозоопланктоном рассчитывали по суточному приросту концентрации хлорофилла *a* в пробах планктона (фракция < 200 мкм) с помощью метода разведения [6]. Подробно схема экспериментов и расчетов представлена в работе [2].

Концентрацию биогенных веществ определяли стандартными методом [1], содержание хлорофилла *a* измеряли флуориметрически [5].

Результаты исследований и их обсуждение

В последние время установлено, что основным потребителем ФП как в глубоководных, так и в прибрежных районах Мирового океана, является микрозоопланктон. В прибрежных водах эти микроскопические организмы (< 200 мкм), включающие простейших, а также миксотрофных и гетеротрофных флагеллат, способны выедать от 57% до 90% первичной продукции [3, 7–9]. Результаты наших исследований показали, что от количественных отношений между скоростью роста ФП и скоростью его выедания микрозоопланктоном зависит сезонная динамика концентрации хлорофилла *a* в море. В период с июня 2006 г. по июнь 2007 г. в планктоне исследованных вод чаще всего преобладали диатомовые водоросли. Весеннее и осеннее “цветение” воды было вызвано, в основном, одним из самых мелких видов – *Chaetoceros socialis*, у которого объем клетки составлял около 100 мкм³. На примере Севастопольской бухты видно, что именно в период “цветения”, когда концентрация хлорофилла достигала 1,2–1,6 мг·м⁻³, зарегистрированы самые высокие значения удельной скорости роста ФП (μ): 2,0–2,7 сутки⁻¹ (рис. 1). В это время температурные и световые условия были оптимальными для развития диатомовых водорослей, а содержание фосфатов и кремния не лимитировало рост водорослей [2]. На рис. 1 (см.) видно, что концентрация нитратов в периоды, когда скорость роста достигала максимальных значений, также была сравнительно высокой. Она достигала или превышала 0,27 мкМ, что соответствует константе полунасыщения (K_s), установленной нами из зависимости скорости роста ФП от концентрации нитратов в среде [2]. Такие же высокие значения скорости роста *C. socialis* были получены на двух других станциях исследованных вод в период “цветения” при оптимальных световых и температурных условиях и достаточном количестве питательных веществ.

Иногда в начале лета и осенью на завершающей стадии “цветения” воды, вызванного диатомовыми водорослями, отмечено увеличение доли динофитовых видов водорослей. Среди них чаще всего встречались *Prorocentrum micans* и *P. cordatum*. Удельное содержание хлорофилла в клетках этих водорослей в 2–3 раза меньше, чем у диатомовых видов водорослей [4]. В результате этого даже при оптимальных условиях среды скорость роста динофитовых водорослей существенно ниже, чем диатомовых. По нашим данным, в периоды их доминирования удельная суточная скорость роста ФП не превышала 1,5 сутки⁻¹.

Минимальные величины удельной скорости роста ФП (0,06–0,10 сутки⁻¹) отмечены в Севастопольской бухте и в районе бухты Омега в декабре, когда в планктоне доминировали диатомовые виды водорослей *Skeletonema costatum* и *C. socialis*. В это время здесь содержание всех основных биогенных веществ снижалось до аналитического нуля, что сильно ограничивало рост водорослей. Вероятно, поэтому концентрация хлорофилла была невысокой и не превышала 0,6–0,8 мг·м⁻³.

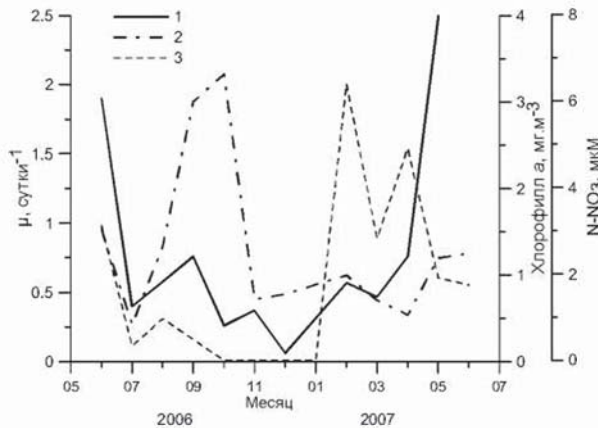


Рис. 1. Сезонная динамика удельной скорости роста фитопланктона, μ (1), концентрации хлорофилла a (2) и нитратов (3) в Севастопольской бухте

Максимальные удельные скорости выедания ФП зоопланктоном ($g = 1,0-2,5$ сутки $^{-1}$) чаще всего были получены так же, как и скорости роста водорослей – в конце весны и в начале осени, в периоды наиболее интенсивного развития диатомовых водорослей *C. socialis* и *C. curvisetus*, основным потребителем которых, по данным [10], являются гетеротрофные флагеллята. Минимальные величины ($0,4-0,5$ сутки $^{-1}$) отмечены в течение всего зимнего периода при самых низких значениях температуры воды ($7-8^{\circ}\text{C}$). Даже в феврале, когда количество растительной пищи для микрозоопланктона возрастало в результате интенсивного развития диатомовой водоросли *S. costatum*, удельная скорость потребления ФП микрозоопланктоном не превышала $0,5$ сутки $^{-1}$.

В некоторых случаях минимальная скорость выедания ФП микрозоопланктоном наблюдалась при благоприятных температурных условиях и высокой биомассе ФП. Так, на станции, расположенной в открытом прибрежье напротив бухты Омега, в октябре 2006 г. при температуре воды около 17°C на фоне интенсивного осеннего развития водорослей скорость их выедания зоопланктоном снижалась до минимума. Последнее, вероятно, обусловлено низким качеством растительной пищи, так как в это время в планктоне преобладали водоросли, которые слабо потребляются микрозоопланктоном (*Pseudosolenia calcar-avis*, *Ceratium furca*, *Emiliania huxleyi*). Можно полагать, что температура воды и качество растительной пищи оказывают существенное влияние на скорость потребления ФП зоопланктоном.

Сезонные изменения концентрации хлорофилла a в значительной мере определяются разницей между ростом ФП и его выеданием микрозоопланктоном ($\mu - g$). На примере Севастопольской бухты видно, что по мере увеличения этой разницы концентрация хлорофилла закономерно возрастает (рис. 2).

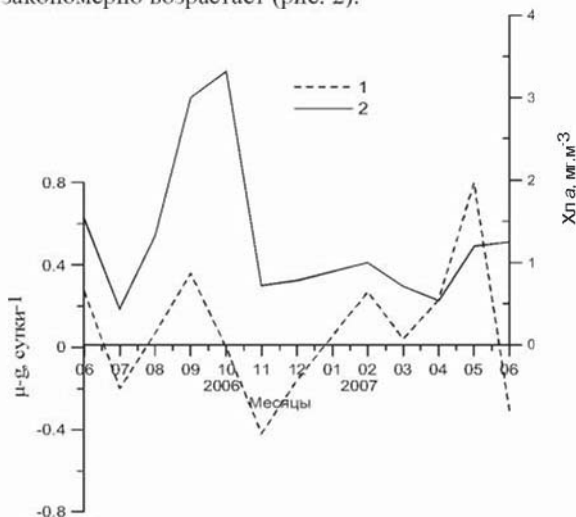


Рис. 2. Сезонная динамика разницы между удельной скоростью роста фитопланктона и скоростью его потребления микрозоопланктоном (1) и концентрации хлорофилла a (2) в Севастопольской бухте

Максимальное содержание данного пигмента наблюдалось в сентябре–октябре 2006 г. в период интенсивного развития нескольких массовых видов диатомовых водорослей (*C. socialis*, *C. curvisetus*, *P. calcar-avis*) и динофитовых (*P. micans*, *P. cordatum*, *C. furca*, *Gimnodinium* sp.). В это время разница между удельной скоростью роста ФП и удельной скоростью его потребления

мікрозоопланктоном складала 0,3 сутки⁻¹. По мере зниження цієї величини внаслідок посилення виведання ФП мікрозоопланктоном спостерігається зниження концентрації хлорофіла *a*, що свідчить про деградацію осіннього "цвітіння" води в Севастопольській бухті. Подібна картина спостерігалась і на двох інших станціях досліджуваних прибережних вод.

Висновки

Установлено, що в досліджуваних прибережних водах Чорного моря суттєву роль у розвитку "цвітіння" води, викликаного інтенсивним розвитком фітопланктону, грає мікрозоопланктон.

1. *Методи* гідрохімічних досліджень основних біогенних елементів. – М.: ВНИРО, 1988. – 119 с.
2. *Стельмах Л.В.* Сезонна змінюваність швидкості росту фітопланктону в прибережних водах Чорного моря (район Севастополя) / Л.В. Стельмах, Е.А. Куфтаркова, І.І. Бабич // Морської екол. журн. – 2009. – Т. 8, № 1. – С. 67–80.
3. *Calbet A.* Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems / Calbet A., Landry M.R. // *Limnol. Oceanogr.* – 2004. – Vol. 49. – P. 51–57.
4. *Phytoplankton carbon to chlorophyll a ratio: response to light, temperature and nutrient limitation* / Z.Z. Finenko, N. Hoepffner, R. Williams, S.A. Piontkovski // *Mar. Ecol. Journ.* – 2003. – Vol. 2, N 2. – P. 40–64.
5. *JGOFS Protocols. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements. Manual and Guides.* – 1994. – Vol. 29. – 100 p.
6. *Landry M.R.* Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton / Landry M.R., Hassett R.P. // *Mar. Biol.* – 1982. – Vol. 67. – P. 283–288.
7. *Odate T.* Seasonal variation in chlorophyll-specific growth and microzooplankton grazing of phytoplankton in Japanese coastal water / Odate T., Imai K. // *J. Plankton Res.* – 2003. – Vol. 25. – P. 1497–1505.
8. *Palomares-Garcia R.* Pigment-specific rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing in a subtropical lagoon / R. Palomares-Garcia, J.J. Bustillos-Guzman, D. Lopez-Cortes // *J. Plankton Res.* – 2006. – Vol. 28. – P. 1217–1232.
9. *Putland J.N.* Microzooplankton: major herbivores in an estuarine planktonic food web / Putland J.N., Iverson R.L. // *Mar. Ecol.* – 2007. – Vol. 345. – P. 63–73.
10. *Sher E.B.* Heterotrophic dinoflagellates: a significant component of microzooplankton biomass and major grazers of diatoms in the sea / Sher E.B., Sher B.F. // *Mar. Ecol.* – 2007. – Vol. 352. – P. 187–197.

Л.В. Стельмах

Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь

СЕЗОННІ ЗМІНИ ПИТОМОЇ ШВИДКОСТІ РОСТУ ФІТОПЛАНКТОНУ І ЙОГО ПОЇДАННЯ МІКРОЗООПЛАНКТОНОМ В ПРИБЕРЕЖНИХ ВОДАХ ЧОРНОГО МОРЯ

Вперше для Чорного моря (на трьох станціях в прибережних поверхневих водах Чорного моря в районі Севастополя в 2006–2007 рр.) показано, що протягом року максимальна концентрація хлорофілу *a* спостерігається в періоди, коли різниця між питомою швидкістю росту фітопланктону і швидкістю його поїдання мікрозоопланктоном досягала найбільших значень.

Ключові слова: фітопланктон, питома швидкість росту, поїдання фітопланктону мікрозоопланктоном, біогенні речовини, Чорне море

L.V. Stel'makh

Institute of Biology of the Southern Seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

SEASONAL CHANGES TO SPECIFIC SPEED OF GROWTH OF FITOPLANKTONA AND HIS CONSUMPTION MICROZOOPLANKTON ARE IN OFF-SHORE WATERS OF BLACK SEA

For the first time for the Black Sea it is shown that within a year the maximum concentration of chlorophyll *a* were observed in the periods when the difference between phytoplankton growth and microzooplankton grazing reached the largest values.

Key words: phytoplankton, specific speed of growth, consumption of phytoplankton, microzooplankton, biogenic matters, Black sea