

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ЭПИЛИТОНА КАРАНТИННОЙ БУХТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ

*Р.И. Ли, Л.И. Рябушко*

Институт биологии южных морей  
им. А.О. Ковалевского НАН Украины  
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2  
*E-mail: raisa\_lee@yandex.ru*

*Изучена динамика и структура сообществ диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты Черного моря на глубине 0,5 м в течение годового цикла (2006 – 2007 гг.). Обнаружено 90 таксонов водорослей. Количественные показатели сообщества варьировали по численности ( $N = 5,0 - 140 \cdot (10^4)$  кл/см<sup>2</sup>) и биомассе ( $B = 0,004 - 0,063$  мг/см<sup>2</sup>), обилию видов ( $S = 13 - 35$ ), индексу видового разнообразия Шеннона ( $H = 0,7 - 1,27$ ) и индексу выровненности видов в сообществе Пиелу ( $e = 0,51 - 0,91$ ) при колебаниях температуры воды в бухте от 7,5 до 28 °C.*

**Введение.** Сообщество микроводорослей эпилитона является неотъемлемой частью микрофитобентоса и представлено различными группами водорослей: диатомовыми, динофитовыми, зелеными, синезелеными и другими, из них наиболее богат видами отдел Bacillariophyta [1 – 3]. Количественные и качественные изменения в структуре и функционировании донных диатомовых водорослей оцениваются по таким показателям как таксономическое разнообразие, обилие видов, их численность и биомасса и др.

Диатомовые водоросли подвержены сезонной динамике развития и находятся под влиянием климатических, гидрологических, биотических и антропогенных факторов, поэтому эти водоросли используются как биоиндикаторы, характеризующие качество среды их обитания, а их количественные характеристики служат надежными индикаторами изменения качества водной среды.

Первые мониторинговые исследования сезонной динамики видового состава и количественных характеристик диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты Черного моря проведены в течение 1987 – 1989 гг. на глубине 0,5 м у реза воды [4]. При изучении первичной продукции микрофитобентоса твердых грунтов Черного моря кислородным методом одновременно продолжены исследования межгодовой динамики количественных характеристик микроводорослей за период 2000 – 2001 гг., полученных методом прямого подсчета клеток водорослей в микроскопе для сопоставления результатов двух методов [2, 5]. По мере накопления соответствующих данных были расширены представления о структуре и функционировании микрофитобентоса Черного моря [1 – 6]. Однако наблюдаемые нами значительные изменения температуры воды в море в сторону увеличения в локальных зонах моря побудили продолжить мониторинговые исследования микрофитобентоса Карантинной бухты и в последующие годы с 2006 по настоящее время [6].

Бухта относится к одной из загрязненных Севастопольских бухт, поскольку в ее кутовой части имеется аварийный выпуск неочищенных бытовых стоков, ливневой канализации, а также расположена база военных катеров и яхт [7].

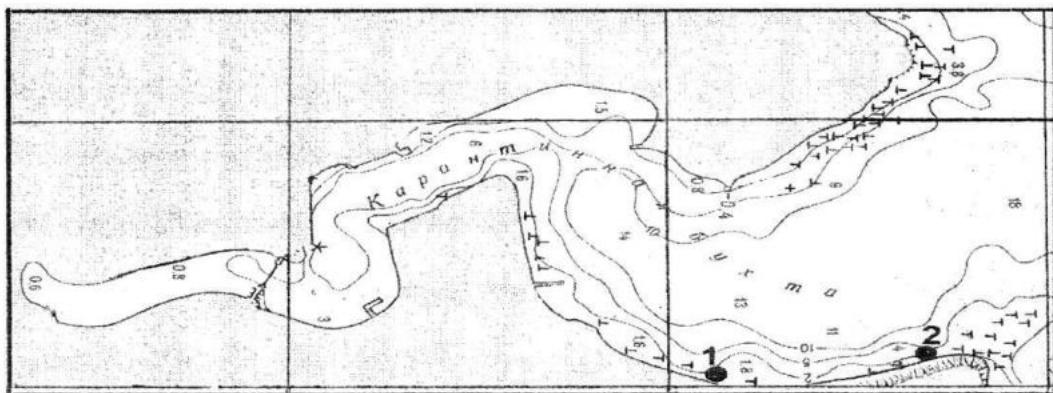
Целью настоящей работы является изучение сезонной динамики качественного состава и количественных характеристик сообщества диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты в зависимости от температуры воды в море и сравнение этих данных с результатами предыдущих исследований.

Изучение диатомовых водорослей каменистых грунтов Карантинной бухты проводили с сентября 2006 по октябрь 2007 гг. на 2-х станциях с глубины 0,3 – 0,5 м (рис. 1).

На каждой станции ежемесячно отбирали по 3 – 5 образцов твердого грунта (галька или щебень) размером 3 – 10 см с одновременным измерением температуры воды в местах отбора проб. После сокабливания микроводорослей с

субстрата пробу фиксировали 70 % спиртом, а затем во всей камере Горяеву

(объемом 0,0009 мл) подсчитывали микроводоросли в 2 – 3 повторностях.



Р и с. 1. Карта станций (1, 2) отбора проб в Карантинной бухте (Чёрное море)

Среднюю численность ( $N$ , кл/см<sup>2</sup>) сообщества диатомовых водорослей рассчитывали по формуле, предложенной В.И. Рябушко [5]:

$$N = 1110 V \cdot n / S,$$

где  $V$  – объем пробы, мл,  $n$  – число клеток в камере Горяева,  $S$  – площадь поверхности камня, см<sup>2</sup>. Среднюю биомассу ( $B$ , мг/см<sup>2</sup>) определяли по формуле:

$$B = 1110 h \cdot V \cdot b / S,$$

где  $b$  вес клеток или сумма биообъемов клеток в мкм<sup>3</sup>, умноженная на  $h$  – удельный вес микроводорослей, равный для бентосных диатомовых  $1,2 \cdot 10^{-9}$  мг/μ<sup>3</sup>. Объем клеток определяли по подобию геометрических фигур и в программе BIOVOL [8].

Площадь поверхности исследованных образцов вычисляли по формуле Грахама и др., 1988 [9]:

$$S = \pi / 3 \cdot (xy + yz + xz),$$

где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – линейные размеры субстрата.

При анализе количественной структуры диатомовых водорослей использовали информационный индекс видового разнообразия Шеннона [10] и коэффициент выровненности видов в сообществе Пиелу [11]. Всего обработано более 50 проб микрофитобентоса.

В течение 2006 – 2007 гг. в микрофитобентосе твердых грунтов Карантинной бухты зарегистрировано 109 видов, раз-

новидностей и форм водорослей, из них ведущей группой являются диатомовые – 90 таксонов. Диатомовые водоросли бухты представлены следующими видами: *Achnanthes brevipes* C.A. Agardh, *A. longipes* C.A. Agardh, *Actinoptychus senarius* (Ehrenb.) Ehrenb., *Amphora angusta* Greg., *A. arcus* Greg., *A. bigibba* Grunov ex A. Schmidt, *A. coffeiformis* (C.A. Agardh) Kütz., *A. costata* W. Smith, *A. hyalina* Kütz., *A. hybrida* Grunov, *A. obtusa* Greg., *A. ostrearia* Bréb., *A. parvula* Proschk.-Lavr., *Ardissonea crystallina* (C.A. Agardh) Grunov, *Bacillaria paxillifer* (O.F. Müll.) Hendey, *Berkeleya micans* (Lyngb.) Grunov, *B. rutilans* (Trent.) Grunov, *Caloneis liber* (W. Smith) Cleve, *C. westii* (W. Smith) Hendey, *Cocconeis costata* Greg., *C. scutellum* Ehrenb., *Coscinodiscus janischii* A. Schmidt, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reim. et Lewin, *Diploneis bombus* (Ehrenb.) Cleve, *D. di-dyma* (Ehrenb.) Cleve, *D. smithii* (Bréb.) Cleve, *D. subadvena* Hust., *Donkinia recta* (Donkin) Grunov, *Entomoneis alata* (Ehrenb.) Ehrenb., *E. paludosa* (W. Smith) Reimer, *Falcula media* Voigt var. *subsalina* Proschk.-Lavr., *Fragilaria delicatissima* Proschk.-Lavr., *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz., *Gyrosigma fasciola* (Ehrenb.) Griff. et Henfr., *G. prolongatum* (W. Smith) Griff. et Henfr., *G. tenuissimum* (W. Smith) Griff. et Henfr., *Haslea crystallina* (Hust.) Simonsen, *H. ostrearia* (Gaillet) Simonsen, *H. subagnita* (Proschk.-Lavr.) I.V. Makar. et N.I. Kar., *Licmophora*

*abbreviata* C.A. Agardh, *L. ehrenbergii* (Kütz.) Grunov, *L. flabellata* C.A. Agardh, *L. gracilis* (Ehrenb.) Grunov, *Melosira lineata* (Dillw.) C.A. Agardh, *M. moniliformis* var. *moniliformis* (O.F. Müll.) C.A. Agardh, *M. moniliformis* var. *suboglosa* Grunov, *M. nummuloides* (Dillw.) C.A. Agardh, *Navicula cancellata* Donkin, *N. directa* (W. Smith) Ralfs ex Pritch., *N. pennata* var. *pontica* Mereschk., *N. ramosissima* (C.A. Agardh) Cleve, *Neosynedra provincialis* (Grunov) Williams et Round, *Nitzschia holsatica* Hust., *N. hybrida* Grunov, *N. hybrida* f. *hyalina* Proschk.-Lavr., *N. longissima* (Bréb.) Ralfs ex Pritch., *N. lorenziana* var. *incerta* Grunov, *N. lorenziana* var. *subtilis* Grunov, *N. rectilonga* Takano, *N. sigma* var. *sigma* (Kütz.) W. Sm., *N. sigma* var. *intercedens* Grunov, *N. tenuirostris* Mereschk., *Okedenia inflexa* (Breb. ex Kütz.) De Toni, *Parlibellus delognei* (V.H.) E.J. Cox, *P. berkeleya* (Hoult) E.J. Cox, *P. rhombica* (Greg.) L.I. Ryab., *Plagiotropis lepidoptera* (Greg.) Kuntze, *Pl. gibberula* Grunov, *Pleurosigma angulatum* (Quek.) W. Smith, *Pl. elongatum* W. Smith, *Proschkinia complanatoidea* (Hust. ex Simonsen) D.G. Mann, *Psammodictyon constrictum* (Greg.) D.G. Mann, *P. panduriforme* var. *panduriforme* (Greg.) D.G. Mann, *P. panduriforme* var. *delicatulum* (Grunov) M. Poulin, *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle, *P. prolongatum* Hasle, *P. seriata*, *Rh. marina* (W. Smith) M. Schmidt, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve, *Stauroneis simulans* (Donkin) Ross ex Hartley, *Striatella delicatula* (Kütz.) Grunov ex V.H., *St. unipunctata* (Lyngb.) C.A. Agardh, *Tabularia fasciculata* (Agardh) Williams et Round, *T. tabulata* (Agardh) Williams et Round, *Thalassiothrix hyalina* (Grev.) Paddock et Sims, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenb.) Cleve, *Trachyneis aspera* (Ehrenb.) Cleve, *Tryblionella coarctata* (Grunov) D.G. Mann, *Undatella lineolata* (Kütz.) L.I. Ryab., *U. quadrata* (Bréb. ex Kütz.) T.B.B. Paddock et P.A. Sims.

Основной вклад в общую биомассу сообщества диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты вносят виды родов *Nitzschia*, *Amphora* и *Navicula*, на долю которых приходится 63 % общей годовой биомассы диатомового сообщества.

Анализ видового состава диатомовых водорослей по их отношению к солености показал, что в Карантинной бухте преобладают морские формы (55 %), что характерно в целом для всего микрофитобентоса Чёрного моря [1, 3], а также солоноватоводно – морские (38 %) и солоноватоводные формы (7 %) (рис. 2).

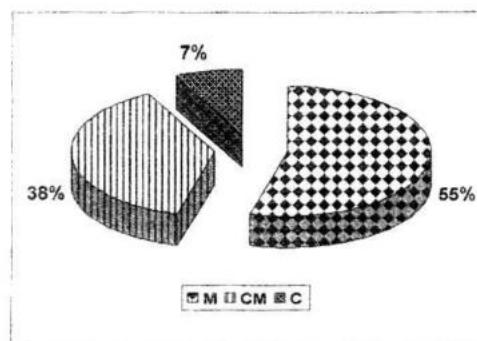


Рис. 2. Экологические элементы флоры диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты по отношению к солености:  
М – морские виды, С – солоноватоводные,  
СМ – солоноватоводно-морские

По фитогеографической характеристике во флоре диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты на долю boreальных форм приходится 26 %, boreально-тропических – 16 %, аркто-бoreально-тропических – 30 % и виды-космополиты составляют 28 % (рис. 3).

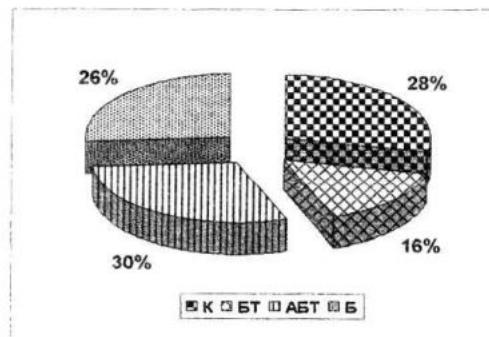


Рис. 3. Фитогеографические элементы флоры диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты (2006–2007 гг.):  
К – космополиты, Б – boreальные,  
БТ – boreально-тропические,  
АБТ – аркто-бoreально-тропические формы

Динамика изменения общей численности и биомассы сообщества диатомовых водорослей каменистых грунтов Карантинной бухты варьировала в зависи-

мости от сезона года и температуры воды в море (рис. 4).

Зимой, в декабре-феврале, средняя температура воды в бухте не опускалась ниже  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Зимний комплекс составляли 33 вида диатомовых с наименьшими значениями численности и биомассы, ( $N = 10,3 \cdot 10^3 \text{ кл}/\text{см}^2$ ,  $B = 0,0062 \text{ мг}/\text{см}^2$ ),

отмеченными в январе так же как и самые низкие средние значения индексов видового разнообразия ( $H = 0,7$ ) и выравненности Пиелу ( $e = 0,51$ ) (рис. 5). Основными видами-доминантами являются *B. rutilans*, *N. hybrida* f. *hyalina* и *N. tenuirostris*.

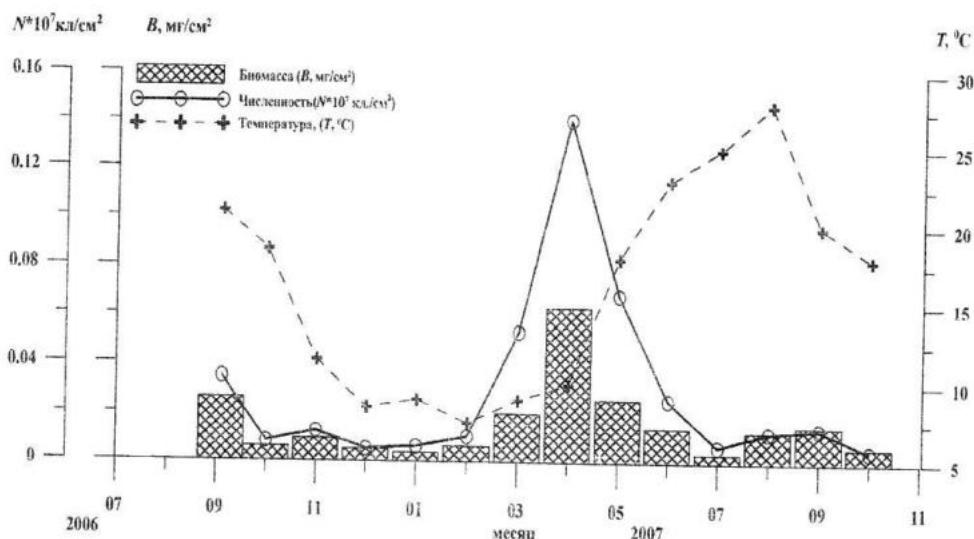


Рис. 4. Сезонная динамика средних значений биомассы  $B$  (1), численности  $N$  (2) диатомовых водорослей на твердых субстратах Карантинной бухты Чёрного моря и температура воды в море, 2006 – 2007 гг.

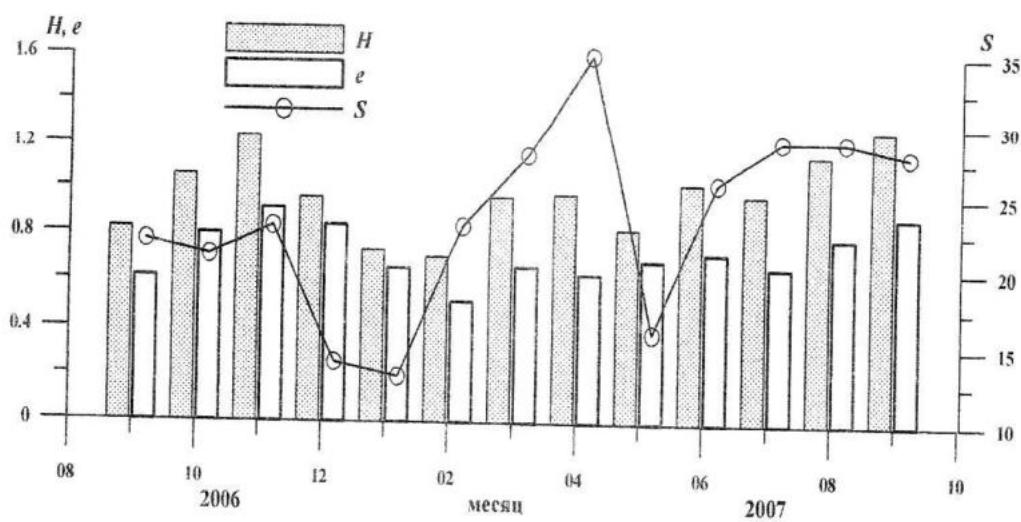


Рис. 5. Сезонная динамика индексов видового разнообразия Шеннона  $H$  (1), выравненности Пиелу  $e$  (2) и обилия видов  $S$  (3) диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты Чёрного моря, 2006 – 2007 гг.

Весной (март – май) температура воды в море изменялась от 9 (март) до

$18^{\circ}\text{C}$  (май). Диатомовый комплекс представлен 42 видами. В апреле зафиксиро-

ваны максимальные значения обилия видов  $S = 35$ , численности  $N = 140 \cdot 10^4$  кл/см<sup>2</sup> и биомассы  $B = 0,063$  мг/см<sup>2</sup> водорослей с доминированием по численности *N. ramosissima* ( $38,4 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), *N. tenuirostris* ( $22,0 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), *L. abbreviata* ( $8,8 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>) и *N. hybrida* f. *hyalina* ( $5,2 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>) при температуре воды в море  $10^{\circ}\text{C}$  (рис. 4, 5). Наибольший вклад в общую численность и биомассу сообщества вносят 12 видов, из которых 8 колониальных видов, их численность варьирует от  $1,03$  до  $38,5 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>. В апреле средние значения индексов видового разнообразия ( $H = 0,98$ ) и выровненности  $e = 0,63$  имели не высокие величины (рис. 5).

Летом (июнь–август) температура воды в бухте варьировала от  $23$  до  $28^{\circ}\text{C}$ , что повлияло на снижение количественных показателях диатомового сообщества на порядок (рис. 4). Обнаружено 46 видов, из которых основными доминантами по численности являлись *N. ramosissima* ( $5,9 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), *N. pennata* var. *pontica* ( $3,8 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), *L. abbreviata* ( $3,0 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), *C. closterium* ( $2,4 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>) и *N. hybrida* f. *hyalina* ( $2,2 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>). Средняя численность варьировала от  $65,5 \cdot 10^3$  до  $257,0 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>, а биомасса от  $0,004$  до  $0,014$  мг/см<sup>2</sup> с их максимальными величинами в июне и средними значениями индексов видового разнообразия ( $H = 1,04$ ) и выровненности Пиелу ( $e = 0,7$ ), которые были выше летом, чем весной (рис. 4, 5).

Осенью (сентябрь – ноябрь 2006 и сентябрь 2007 гг.) с уменьшением солнечной радиации снижается температура воды в море до  $11^{\circ}\text{C}$  в ноябре. Обнаружено 52 вида диатомовых, из них 39 видов найдено в 2006 г. и 27 видов – в 2007 г. Значительный вклад в сообщество по численности вносят массовые виды *N. tenuirostris* –  $9,8 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>, *Amphora hybrida* –  $2,3 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>, *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* –  $2,2 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup> и *Amphora hyalina* –  $1,03 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>.

Количественные данные, полученные внутри сезона, но разных лет, показали, что в сентябре 2007 г. численность диатомовых снижалась в 2,5 раза ( $N = 138 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>), а биомасса ( $B = 0,014$  мг/см<sup>2</sup>) почти в 2 раза по сравнению с данными сентября 2006 г. ( $N = 347,6 \cdot 10^3$

кл/см<sup>2</sup> и  $B = 0,026$  мг/см<sup>2</sup>), что, вероятно, связано с резким понижением температуры воды с августа ( $28^{\circ}\text{C}$ ) к сентябрю ( $20^{\circ}\text{C}$ ) 2007 г. и с  $25,5^{\circ}\text{C}$  в августе до  $21^{\circ}\text{C}$  в сентябре 2006 г. Кроме того, в сентябре 2006 г. величины численности и биомассы увеличились в два раза по сравнению с их летними значениями (рис. 4).

Наибольшие средние показатели индексов видового разнообразия ( $H = 1,27$ ) диатомового сообщества и выровненности ( $e = 0,91$ ) отмечены в сентябре 2007 г. и оказались наибольшими для всех сезонов года (рис. 5).

Анализ видовой структуры микрофитобентоса каменистых грунтов в различных регионах Чёрного моря показал большое разнообразие и обилие микроводорослей, представленных разными отделами. Всего в эпилитоне моря обнаружено 144 таксона водорослей, из них 97 – диатомовые, 16 – зеленые, 11 – синезеленые, 12 – динофитовые, 4 – золотистые, 3 эвгленовые и 1 – криптофитовые [3].

За период исследования (2000 – 2001 гг.) в микрофитобентосе каменистых грунтов Карантинной бухты обнаружено 130 видов, разновидностей и форм, из них диатомовые – 88 таксонов, зеленые – 14, динофитовые – 12 видов и др. [2], а за период 2006 – 2007 гг. здесь найдено 109 видов, разновидностей и форм, из них диатомовые – 90 таксонов, зеленые – 7, динофитовые – 5 видов, синезеленые – 5 и золотистые – 2 [6].

Сравнительные данные экологических групп микрофитобентоса по их отношению к солености воды показали, что в Чёрном море преобладают морские формы (48 %), а в региональных его участках процент выше (57,0 %), но ниже в локальных местообитаниях (например, в Казачьей бухте – 33 %) [3]. В Карантинной бухте морские формы составляют 55 %, а солоноватоводно–морские и солоноватоводные формы – 45 % против 33,3 % для всего моря.

По фитогеографической характеристике в микрофитобентосе Чёрного моря boreальные формы составляют 44,4 % против 26 % диатомовых эпилитона Карантинной бухты за период 2006 – 2007 гг. Здесь на долю boreально-

тропических и аркто- boreально-тропических форм приходится 46 % против 35,6 % этих же форм для микрофитобентоса Чёрного моря, а также в бухте возрастает и количество видов-космополитов (28 %) по сравнению с морем (8,6 %) [3].

Сравнение данных сезонной динамики видового состава и количественных изменений сообщества только диатомовых водорослей каменистых грунтов Карантинной бухты, полученных в разные годы (1988 – 1989 и 2006 – 2007 гг.), показало, что при сходных тенденциях развития водорослей величины численности и биомассы сообщества в среднем остаются близкими, но изменяется состав доминирующих видов и их численность.

Так, в 1988 – 1989 гг. при колебаниях температуры воды в бухте от 5,7 до 24 °C средняя численность диатомовых водорослей за год составляла  $239,7 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup> [4], а в 2006 – 2007 гг. при варьировании температуры от 7,5 до 28 °C –  $287 \cdot 10^3$  кл/см<sup>2</sup>. Несмотря на разницу температуры воды в бухте в течение разных лет, зарегистрирован весенний (апрель) максимум развития диатомовых, но численность сообщества на порядок была выше в 2006 – 2007 гг.

Результаты многолетних исследований диатомовых каменистых грунтов Карантинной бухты, полученные в последние годы, согласуются с данными количественного распределения микрофитобентоса в разных экотопах Чёрного моря, а также подтвердили вывод о том, что максимум развития диатомового сообщества зарегистрированный весной в эпилитоне, характерен и для других экотопов прибрежных участков Чёрного моря: эпифитона, перифитона, эпизоона, определяемый сезонной динамикой температуры воды в море, влияющей на вегетацию донных водорослей, их видовое разнообразие и количественные характеристики [3].

Однако отметим, что данные сезонной динамики количественных показателей, полученных для всего микрофитобентоса и для сообщества только диатомовых водорослей, различаются по

срокам доминирования компонент сообщества, поскольку в состав микрофитобентоса, кроме диатомовых, входят и другие группы водорослей [1 – 3], имеющих количественные отличия по сезонным и пикам развития, которые не совпадают с развитием диатомовых водорослей. Так, за период 2000 – 2001 гг. максимум численности микрофитобентоса Карантинной бухты зарегистрирован в октябре 2006 г. при температуре воды 14 °C и в сентябре 2007 г. при 12 °C за счет зеленых, динофитовых и диатомовых водорослей [2], что следует учитывать при изучении и трактовке количественных данных данного экотопа.

**Заключение.** В результате изучения динамики видового состава и количественных характеристик сообщества диатомовых водорослей эпилитона Карантинной бухты Чёрного моря в течение 2006 – 2007 гг. обнаружено 90 видов, разновидностей и форм, из них 12 массовых видов: *A. hybrida*, *B. micans*, *B. rutilans*, *C. closterium*, *L. abbreviata*, *L. flabellata*, *N. ramosissima*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *N. tenuirostris*, *P. delognei*, *T. fasciculata*, *T. aspera* и 9 видов круглодиных: *A. brevipes*, *A. hyalina*, *A. ostrearia*, *C. liber*, *C. scutellum*, *D. recta*, *Pl. elongatum*, *N. ramosissima*, *St. unipunctata*. К редко встречающимся в эпилитоне Чёрного моря и впервые указанным, относятся *Falcula media* var. *subsalina*, *Nitzchia rectilonga*, *Okedenia inflexa*, *Haslea ostrearia* и *H. crystallina*. Основной вклад в биомассу сообщества вносят представители родов *Nitzschia*, *Amphora* и *Navicula*, составляющие 63 % общей биомассы.

Показано, что сообщество диатомовых водорослей каменистых грунтов в прибрежной части Чёрного моря имеет выраженную сезонную динамику развития как качественного состава, так и количественных характеристик, что связано с сезонным ходом температуры воды в море.

В течение года количественные показатели сообщества варьируют по численности ( $N = 5,0 - 140 \cdot (10^4)$  кл/см<sup>2</sup>, биомассе ( $B = 0,004 - 0,063$  мг/см<sup>2</sup>), оби-

лию видов ( $S = 13 - 35$ ), индексам видового разнообразия Шеннона ( $H = 0,7 - 1,27$ ) и выровненности видов в сообществе Пиелу ( $e = 0,51 - 0,91$ ). Зарегистрирован весенний максимум (апрель) обилия видов, численности и биомассы. Отмечены общие тенденции в развитии качественного состава и количественных характеристик диатомовых водорослей эпилитона Чёрного моря за период с 1987 по 2007 гг.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябушко Л.И. Микроводоросли бентоса Чёрного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Лариса Ивановна Рябушко. – ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь: НПЦ ЭКОСИ–Гидрофизика, 2006. – 143 с.
2. Рябушко В.И. Микрофитобентос Чёрного моря: продуктивность сообщества микрофитобентоса твердых грунтов прибрежной зоны Чёрного моря и её адаптационный потенциал в условиях переменных факторов внешней среды. Гл. 3.2. С. 50 – 59. / В.И Рябушко, М.Ю. Алеев, Л.И. Рябушко, Р.И. Ли // Микроводоросли Чёрного моря: проблемы биоразнообразия, сохранения и биотехнологического использования. – НАН Украины, ИнБЮМ. – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. – 454 с.
3. Рябушко Л.И. Микрофитобентос Черного моря: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.17 - гидробиология. – Севастополь: ИнБЮМ НАНУ, 2009. – 44 с.
4. Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса твердых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Черное море) / Л.И. Рябушко // Альгология. – 1994. – Т. 4, №. 2 – С. 15 – 21.
5. Рябушко В.И., Алеев М.Ю., Радченко В.Н., Рябушко Л.И., Чубчикова И.Н. Применение некоторых биоиндикаторов для оценки состояния импактных морских экосистем: сб. научн. тр. [«Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа»]. – НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. – Севастополь, 2003. – вып. 2 (7). – С. 144 – 154.
6. Ли Р.И. Сезонная динамика структурных характеристик диатомовых водорослей каменистых субстратов Карантинной бухты (Чёрное море): тез. докл. международной науч.-практич. конф. [«Биоразнообразие и устойчивое развитие»], (Симферополь, 19–22 мая 2010). – Симферополь, 2010. – С. 77 – 79.
7. Куфтаркова Е.А., Родионова Н. Ю., Губанов В. И., Бобко Н. И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья: сб. науч. тр. ЮГНИРО: Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане. – 2008. – Т. 46. – С. 110 – 117.
8. BIOVOL:  
[//www.msu.edu/~kirschte/biovol/](http://www.msu.edu/~kirschte/biovol/)
9. Graham A.A. Measurement of surface area of stones / A.A Graham, D.J. McCaughan, F.S. McKee // Hydrobiologia – 1988. – Vol. 157, N 1. – P. 85–87.
10. Pielou E.C. The measurement of diversity in different types of biological collections / E.C. Pielou // J. Thheor. Biol. – 1966. – 13. P. 131 – 144.
11. Shannon C.E. The mathematical theory of communication / C.E Shannon., W. Weaver– Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. – 125 p.