

УДК 582.26.591.524.11

Е. Л. НЕВРОВА

ДИАТОМОВЫЕ ОБРАСТАНИЯ МАКРОФИТОВ У КАРАДАГА (КРЫМ)

Летом 1986 г. в акватории Карадагского заповедника исследован видовой и количественный состав диатомовых обрастаний макрофитов и каменистых субстратов. Для девяти доминирующих видов макрофитов получены средние значения численности и биомассы диатомового микрообраста в пересчете на 1 кг сырой массы таллома. Произведена примерная оценка запасов для всей акватории Карадага.

Бентосные диатомовые водоросли обильно заселяют талломы макрофитов. Различные виды водорослей неравноценны как субстрат для диатомей [11]. Количественные характеристики диатомей, поселяющихся на макрофитах, исследованы пока еще недостаточно [1, 6, 8], хотя микрообрастания составляют основной рацион многих беспозвоночных и рыб и вносят крупный вклад в образование первичной продукции шельфа. Настоящая работа — часть комплексных исследований макро-, мейо- и микрофитобентоса, проведенных летом 1986 г. в Карадагском заповеднике отделом экосистем шельфа ИнБИУМ им. А. О. Ковалевского АН Украины. В частности, исследован видовой и количественный состав диатомовых обрастаний каменистых субстратов, а также их распределение по глубинам в прибрежной акватории Карадага [10]. Цель данной работы — изучение видового и количественного состава диатомовых на макрофитах, а также примерная оценка запасов бентосных диатомей в акватории Карадагского заповедника.

Материал, методы исследований. Материал собран за период с 26 июля по 2 августа 1986 г. в прибрежной акватории Карадага. Выполнено четыре разреза на горизонтах от 0,2 до 15 м. Разрез I находился в бухте у биостанции, куда выведен сток хозяйственно-бытовых вод. Доминирующими ассоциациями в районе разреза I были *Cystoseira crinita*+*C. barbata*+*Cladostephus verticillatus* (верхняя и средняя сублитораль) и *C. barbata*+*Phyllophora nervosa* (нижняя сублитораль). Разрез II проведен от скалы Кузьмичев Камень, где прибрежные местообитания подвержены сильному прибою. В ценозе водорослей верхнего горизонта сублиторали преобладали *Laurencia coronopus*, *Padina pavonia*, *Dilophus fasciola*+*Polysiphonia opaca*, *C. crinita*+*C. barbata*, в среднем и нижнем горизонтах — *C. barbata*+*C. crinita*+*Phyllophora nervosa*. Разрез III выполнен в относительно закрытой бухте Пуццолановой. В макрофитобентосе превалировали две ассоциации: *Dilophus fasciola*+*Polysiphonia opaca*+*Ceramium rubrum* (верхняя и средняя сублитораль) и *Cystoseira barbata*+*Phyllophora nervosa* (нижняя сублитораль). Разрез IV расположен в Средней Сердоликовой бухте, аналогичной Пуццолановой бухте. Доминирующими ассоциациями были *Nemalion helminthoides*+*Laurencia papillosa* (до 1 м), *Dilophus fasciola*+*Ceramium ciliatum* (до 3 м) и *C. barbata*+*C. crinita*+*Ph. nervosa* (от 5 до 12 м и глубже). Данные о распределении донной растительности Карадага приведены из работы [5].

Отобранные талломы макрофитов фиксированы 4%-м формалином. Затем с них смывали все диатомовые обрастания. Количественный учет

© Е. Л. Неврова, 1992

Таблица 1. Количество форм диатомей, обнаруженных в районе исследований

Участок	Каменистый субстрат	Растительный субстрат
Кузьмичев Камень	50	23
Бухты		
под биостанцией	56	33
Пуццолановая	53	30
Сердоликовая	57	46
Σ	80	59

клеток производили в камере Горяева в трехкратной повторности с дальнейшим пересчетом на 1 кг сырой массы макрофита. Биомассу диатомей определяли на основе средних размеров клеток и их числа в пробе с помощью номограмм Численко [13]. Препараты для качественного определения готовили по общепринятой методике холодного сжигания в

кислотах [3]. Всего обработано 28 проб.

Результаты и обсуждение. На макрофитах Карадага обнаружено 59 видов и разновидностей диатомовых водорослей, на каменистых субстратах — 80. Из них 7 видов и разновидностей относятся к 3 семействам, 4 родам класса *Centrophyceae*, а остальные — к 7 семействам, 24 родам класса *Pennatophyceae*. Наиболее богато представлены виды родов *Licmophora* (7), *Navicula* (12), *Nitzschia* (12), *Amphora* (14). Из 59 таксонов диатомей, обнаруженных на макрофитах, 4 вида принадлежат к 3 семействам, 3 родам класса *Centrophyceae*, остальные — к 8 семействам, 19 родам класса *Pennatophyceae*. Доминировали также представители рода *Licmophora* (4), *Navicula* (9), *Nitzschia* (11) и *Amphora* (10 видов и разновидностей). Большинство видов представлено одиночными формами, но встречаются и колонии *Melosira moniliformis*, *Fragilaria delicatissima*, *Synedra tabulata*, *Achnanthes brevipes*, *Grammatophora marina* и др. Количество форм диатомей на макрофитах и каменистых субстратах по исследованным участкам приведено в табл. 1.

На обоих типах субстратов наибольшее количество видов отмечено в районе бухты Сердоликовой, наименьшее — в районе Кузьмичева Камня. Вероятно, обеднение флористического состава связано с влиянием прибоя на открытом побережье. Ведущий комплекс видов диатомей на макрофитах аналогичен таковому на каменистом грунте, для каждого разреза в отдельности и в совокупности для исследованной акватории Карадага. Очевидно, что количественное преобладание отдельных видов обуславливает преимущественное заселение ими свободных субстратов [11].

На макрофитах в районе биостанции ведущий комплекс составили виды, характерные для каменистых грунтов с примесью ила (*Nitzschia closterium*, *Pleurosigma angulatum*, *Amphora granulata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula pennata* var. *pontica*). Массового развития достигли виды, приуроченные к эвтрофированным биотопам (*Melosira moniliformis*, *Achnanthes brevipes*, *Trachyneis aspera*). На остальных разрезах они встречались лишь единично, а клетки *Melosira moniliformis* отсутствовали вообще. В районе Кузьмичева Камня руководящий комплекс диатомей состоял из *Navicula pennata* var. *pontica*, *N. ramosissima*, *N. subagnita*, *Licmophora dalmatica*, *Cocconeis scutellum*, *Fragilaria delicatissima*, *Synedra tabulata*. В бухтах Пуццолановой и Сердоликовой преобладали эти же виды с добавлением *Amphora hyalina*, *Grammatophora marina*, *Nitzschia tenuirostris*, *Striatella delicatula*. Такой комплекс характерен для скалистой сублиторали с густыми зарослями макрофитов.

Распределение микрoэпифитов в определенной мере зависит от свойств макрофита-субстрата [1, 11]. Интенсивность обрастания определяется физико-химическими свойствами растения, выделяемыми им антибиотическими веществами и метаболитами [7, 14], а также формой таллома, порядком его ветвления, площадью поверхности [15]. Для макрофитов, входящих в доминирующие ассоциации фитали Карадагского заповедника, получены средние значения численности и биомассы диатомового микрoоброства (табл. 2).

Таблица 2. Численность и биомасса диатомовых водорослей на макрофитах

Вид *	Численность диатомей, 10^{10} экз./кг сырой массы макрофита	Число обнаруженных на талломе видов диатомей	Биомасса, г/кг сырой массы макрофита
<i>Nemalion helminthoides</i>	7,53	11	315,94
<i>Ceramium rubrum</i>	3,77	11	49,42
<i>Cladostoechus</i> sp.	2,31	23	34,43
<i>Dilophus fasciola</i>	1,81	18	28,48
<i>Phyllophora nervosa</i>	1,23	28	14,18
<i>Cystoseira barbata</i> (+)	1,21	21	16,09
<i>C. barbata</i> (—)	0,80	6	9,30
<i>C. crinita</i> (+)	0,89	13	7,67
<i>C. crinita</i> (—)	0,54	7	7,43
<i>Padina pavonia</i>	0,54	9	3,49
<i>Laurencia coronopus</i>	0,46	8	5,58

* «+» — с эпифитами; «—» — без эпифитов.

Полученные результаты подтверждают заключение предыдущих исследователей [2, 7, 8], что к слабо обрастающим диатомеям относятся макрофиты, имеющие либо пластинчатый (*Padina pavonia*), либо студенисто-хрящевой таллом (*Laurencia papillosa*), а также *Cystoseira crinita*. Одной из причин меньшей численности диатомей на *C. crinita*, чем на *C. barbata*, может являться различие морфологии двух видов. Значительное превышение плотности диатомей на талломах *Nemalion helminthoides* по сравнению с остальными видами объясняется нахождением на них колоний *Fragilaria delicatissima* и *Synedra tabulata*. Возможно, это случайный факт, обусловленный мозаичностью сообществ. Причины сильного обрастания *Ph. nervosa* нам пока не ясны. По данным [7, 11], этот вид не обрастает вовсе либо очень слабо. Нами на талломах *Ph. nervosa*, взятых с разных глубин, обнаружено до 28 таксонов диатомей, достигающих относительно высокой численности и биомассы.

Летом отмечено уменьшение численности диатомей [6, 8, 9, 12]. По данным [8], в августе 1955 г. в районе б. Казачья на 1 кг цистозиры насчитывалось $1,8 \times 10^9$ клеток с биомассой 7,08 г (учтено 12 массовых видов). В августе 1953 г. [6] в Голубой бухте под Геленджиком биомасса клеток на 1 кг цистозиры составляла: на глубине 0,3 м — 4,7 г; 1,0 м — 7,8 г; 4 м — 120,5 г и 8 м — 124,6 г (учтено 28 массовых видов).

Таблица 3. Средняя численность и биомасса диатомовых водорослей на *Cystoseira crinita* и *C. barbata*

Макрофит	Таллом *	Глубина, м	Численность клеток, 10^{10} экз./кг	Биомасса, г/кг сырой массы макрофита	Число обнаруженных видов диатомей
<i>C. crinita</i>	—	1,0	0,64	8,17	7
	+	1,0	1,34	9,72	7
<i>C. barbata</i>	+	3,0	0,98	10,37	20
	+	3,0	1,68	27,94	8
	—	3,0	0,80	9,30	5
<i>C. crinita</i>	—	3,0	0,27	2,48	5
<i>C. barbata</i>	+	5,0	2,09	23,42	8
	+	5,0	2,16	30,46	11
<i>C. crinita</i>	+	5,0	0,43	5,62	13
	—	5,0	0,72	11,63	13
<i>C. barbata</i>	+	6,5	0,78	13,20	18
	+	6,5	0,39	9,01	12
	+	12,0	1,01	7,99	21
M_x	+	12,0	0,58	6,35	20
			0,99	12,55	—

* «+» — таллом макрофита с эпифитами; «—» — без эпифитов.

Таблица 4. Биомасса макрофитов и диатомового оброста по глубинам у биостанции *

Глубина, м	<i>Cystoseira crinita</i>	<i>Cystoseira barbata</i> + <i>Polysiphonia subulifera</i>	<i>Laurencia coronopus</i>	<i>Cladostephus</i> sp.	<i>Ceramium rubrum</i>	<i>Phyllophora nervosa</i>	$\frac{\Sigma \text{БМ}}{\Sigma \text{БД}}$	БД/БМ, %
1	2,584	1,848+0,222	0,186	0,108	0,049	—	4,997	1,21
	19,82	33,31	1,04	3,72	2,42		60,30	
3	5,224	0,127+1,142	0,033	0,025	0,023	0,085	6,659	0,96
	40,07	20,42	0,18	0,86	1,14	1,21	63,87	
5	0,582	1,790+0,244	—	0,191	0,033	0,664	3,484	1,57
	4,464	32,73		6,58	1,63	9,42	54,81	
10	—	1,214+0,023	0,033	0,077	0,136	1,855	3,388	1,65
		19,90	0,184	2,651	6,721	26,30	55,76	

* Над чертой биомасса макрофитов (БМ) [4], кг/м², под чертой — диатомей (БД), г/м².

На падине насчитывалось 5,6 г/кг сырой массы на глубине 0,3 м. Средняя численность диатомей на обоих видах цистозире, рассчитанная нами, равна $9,9 \times 10^9$ экз./кг сырой массы таллома, биомасса — 12,55 г/кг (учтено до 18 массовых видов).

Резкое увеличение биомассы микроэпифитов цистозире на глубине 4 и 8 м в [6] объясняется массовым развитием крупных видов диатомей и более устойчивыми условиями среды обитания. По нашим данным, увеличение средней биомассы диатомовых обрастаний цистозире с глубиной не так резко выражено. Максимум наблюдался на глубине 5 м, глубже биомасса уменьшалась (табл. 3). Соотношение биомассы макрофитов [4] и их диатомового оброста для района биостанции по результатам приблизительных расчетов приведены в табл. 4. В среднем биомасса диатомей составляет 1,35% биомассы макрофитов (в расчете на 1 м² дна).

Для приблизительной оценки запасов бентосных диатомовых водорослей для всей акватории Карадагского заповедника, площадь которого составляет 809 га, а береговая линия простирается на 8 км [5], используем схематический профиль Карадагской акватории [4], вычислим примерные площади дна по глубинам 0; 0,2; 1; 3; 5; 10 и более метров и умножим их на средние значения биомассы диатомей на твердых грунтах (табл. 5). В результате получаем 35,6 т диатомовых обрастаний дна. Общие запасы цистозировой ассоциации, занимающей площадь 71,85 га, составляют 2522 т сырой массы, цистозирово-филлофоровой — 363,7 т (площадь 20,95 га) [5]. Умножив эти величины на значения биомассы микроэпифитов цистозире (средние для двух видов) и филлофоры (средние для цистозире и филлофоры), получаем 36,51 т диатомовых обрастаний для двух доминирующих ассоциаций вместе. Так как остальные ассоциации, меньшие по массе (полисифониево-занардиневая, немалиново-лауренцевая, ассоциация взморника и др.), не принимались в расчет, то цифры оказались неполными. В сумме биомасса бентосных диатомей в ав-

Таблица 5. Биомасса бентосных диатомей на твердых грунтах в районе Карадага

Глубина, м	Примерные площади дна по глубинам, 10 ³ м ²	Средняя биомасса	
		по глубине, г/м ²	по площади дна, кг/м ²
0,2	16	47,3	756,8
1	24	19,9	477,6
3	360	13,4	4824,0
5	600	14,5	8700,0
10	1600	7,9	12640,0
10—25	5490	1,5	8235,0
Σ	8090		35633,4

густе 1986 г. составила 72,1 т (2,5% общей массы двух доминирующих ассоциаций макрофитов в акватории Карадага).

1. Бондарчук Л. Л. Некоторые данные по фотосинтезу бентосных диатомей Белого моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. — М.: Наука, 1980. — С. 108—118.
2. Гусляков Н. Е. Диатомовые водоросли обрастаний Одесского побережья Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Одесса, 1978. — 24 с.
3. Диатомовые водоросли СССР: В 3 т. / Под ред. А. И. Прошкиной-Лавренко. Т. 1. Ископаемые и современные. — Л.: Наука, 1974. — 404 с.
4. Калугина-Гутник А. А. Донная растительность района Карадага Черного моря и ее изменения за последние 20 лет // Биология моря. — 1976. — Вып. 36. — С. 3—17.
5. Костенко Н. С. Картирование фитобентоса акватории Карадагского государственного заповедника АН УССР (Черное море) // Ботан. журн. — 1988. — 73, № 11. — С. 1590—1596.
6. Куваева С. Б. Диатомовые обрастания в Черном море // Тр. ИОАН СССР. — 1962. — 58. — С. 328—331.
7. Кучерова З. С. Диатомовые водоросли и их роль в ценозе обрастаний: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1973. — 21 с.
8. Маккавеева Е. Б. К экологии и сезонным изменениям диатомовых обрастаний на цистозире // Тр. Севастоп. биол. ст. — АН СССР. — 1960. — 13. — С. 27—38.
9. Неврова Е. Л., Гусляков Н. Е. Сезонная динамика бентосных диатомовых водорослей на твердых субстратах Севастопольской бухты // Экология моря. — 1988. — Вып. 30. — С. 25—28.
10. Неврова Е. Л. Диатомовые водоросли каменистых грунтов у Карадага (Крым) // Биол. науки. — 1991. — № 5. — С. 76—79.
11. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. — 243 с.
12. Чепурнов В. А. Бентосные диатомовые водоросли и гарпактикоиды Черноморского каменистого мелководья района Карадага и их пищевые отношения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1988. — 25 с.
13. Численко Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. — Л.: Наука, 1968. — 106 с.
14. Хайлов К. М., Лаянская Л. А. Некоторые факторы химического воздействия цистозир на одноклеточные водоросли // Тр. Севастоп. биол. ст. АН СССР. — 1964. — 17. — С. 353—360.
15. Stockton W. L. The effect of „host“ and habitat variables on epiphytic diatom diversity // Brit. Phicol. J. — 1977. — 13, N 2. — P. 17—23.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН Украины, Севастополь

Получено
03.04.90

E. L. NEVROVA

DIATOMIC FOULINGS OF MACROPHYTES NEAR KARADAG (THE CRIMEA)

Summary

Diatoms populating macrophytes in the Karadag reservation water area were studied from the standpoint of their species and quantitative development in summer, 1986. Average values of the number and biomass of diatomic foulings were obtained for 9 species of macrophytes in terms of 1 kg of wet weight of the thallom. Ratios of the biomass of macrophytes and their diatomic foulings overgrowth are calculated. An approximate estimate of reserves is made for the whole Karadag water area: 35.6 t of diatomic foulings of the bottom and 36.5 t of diatomic foulings of two dominating associations (cystozeira and cystozeira-phyllophora). Data obtained are of interest for detecting trophic conditions of hydrobionts dwelling.