

УДК: 582.26:581.55(262.5)

НЕВРОВА Е.Л.

Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины,
335011, Севастополь, пр. Нахимова, 2, Крым, Украина

БЕНТОСНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ РЫХЛЫХ ГРУНТОВ У ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Изучено распределение на разной глубине (от 25 до 52 м) и структура сообществ бентосных диатомовых водорослей на рыхлых грунтах в районе Кавказского побережья под г. Туапсе. Обнаружено 55 видов и 5 разновидностей диатомей, из них 30 видов и 4 разновидности – впервые для исследованного района. Наибольшие значения плотности и видового разнообразия диатомей отмечены на глубине 25–35 м. Живые подвижные клетки обнаружены под слоем грунта толщиной 8–10 см.

Ключевые слова: бентосные диатомовые водоросли, плотность поселения, видовое разнообразие, рыхлые грунты.

Введение

Бентосные диатомовые водоросли являются одним из важнейших звеньев в экосистемах сублиторали. Это высокопродуктивные фотосинтезирующие одноклеточные организмы, составляющие основу трофической цепи и играющие важную роль в формировании кислородного режима сублиторали, в процессах самоочищения морских вод и трансформации вещества и энергии. Они достаточно чутко реагируют на изменение среды обитания, что позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов. Поэтому исследования микрофитобентоса Черного моря важны для объективной комплексной оценки современного состояния шельфовой экосистемы при разработке научно обоснованных мер по охране окружающей среды.

Бентосные диатомовые водоросли в районе Кавказского побережья изучены слабее по сравнению с шельфом черноморских государств. В работе С.Б. Куваевой (1962) содержатся количественные характеристики эпилинтонных и эпифитонных диатомовых сообществ на глубине до 8 м в районе пос. Геленджик. З.С. Кучерова (1960) изучала состав диатомовых микрофитоценозов на мидиях и устрицах, собранных при драгировании под г. Гудаута на глубине 24–60 м. В монографии А.И. Прошкиной-Лавренко (1963) представлена систематическая сводка диатомей, обнаруженных вдоль Кавказского побережья до г. Батуми, а также обсуждены вопросы приуроченности отдельных видов к определенной глубине и установлена нижняя граница обитания бентосных диатомей в северо-восточной части Черного моря. На побережье Румынии эти проблемы были разработаны Н.Бодяну (1979), у берегов Болгарии – Д.Темнисковой-Топаловой с соавторами (1994).

Представляет интерес исследование современного состояния бентосных диатомей на большой глубине в связи с усиливающимся влиянием антропогенного воздействия и подъемом сероводородной зоны в Черном море. С этой целью было проведено изучение структурных характеристик сообщества диатомовых водорослей, обитающих на рыхлых грунтах в районе Кавказского побережья под г. Туапсе.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы, полученные в 32 рейсе НИС "Профессор Водяницкий" в сентябре 1990 г. на разрезе под г. Туапсе (ст. 4616 – 4618, от 43°21'7" с.ш., 30°50'4" з.д. до 43°57'6" с.ш., 39°11'6" з.д.) (см. табл. 1). Бентосным дночерпателем "Океан-50" отобрано шесть проб рыхлого грунта на глубине 25, 27, 30, 35, 42 и 52 м в 2,5–3 км от берега.

Грунт в районе исследований состоял из плотного, заиленного крупнозернистого песка с битой ракушей. С поверхности каждой дночерпательной пробы отбирали по 2–3 учетные площадки (подпробы) размером 5x5 см и по одной качественной пробе под слоем грунта толщиной 8–10 см. Затем пробу доводили до объема 200 мл фильтрованной морской водой, тщательно перемешивали и делали водный препарат на счетном стекле размером 18x18 мм. Препарат просматривали под УФ-микроскопом (x420). Каждую подпробу просчитывали в 3-кратной повторности. Количественные показатели бентосных диатомей на поверхности грунта и наличие живых клеток под слоем толщиной 8–10 см определяли под люминесцентным освещением, с дальнейшим пересчетом на 1 м² дна (статистическая обработка при 95 %-м уровне значимости) (Плохинский, 1978). Постоянные препараты для таксономического определения готовили после отмучивания и декантации проб по общепринятой методике кипячения в кислотах (Диатомовые ..., 1974). Виды идентифицировали с помощью определителей (Диатомовый ..., 1950; Прошкина-Лавренко, 1963; Гусяков и др., 1992). Был рассчитан также индекс видового разнообразия Шеннона (H') (Wilhm, 1968).

Поскольку при воздействии УФ-лучей наблюдается ярко-красное свечение хлоропласта, а контуры панциря часто перекрыты частицами грунта, трудно с уверенностью говорить о таксономической принадлежности клеток при определении количественных показателей. Поэтому, говоря о средней плотности микроводорослей на поверхности рыхлых грунтов, в данном случае мы имеем в виду численность всех встреченных живых клеток, свечение и форма хлоропластов которых аналогичны бентосным диатомовым водорослям.

Результаты и обсуждение

На поверхности рыхлого грунта на разной глубине обнаружено 55 видов и 5 разновидностей бентосных диатомовых водорослей, из них 34 таксона – новых для побережья Кавказа (30 видов, 4 разновидности). Все виды принадлежат к 18 родам, 10 семействам, 2 порядкам класса *Pennatophyceae* (табл. 2). В составе эпипсаммонно-эпипелонного сообщества диатомовых водорослей в изученном биотопе преобладают полигалофы (50,9%) и мезогалофы (25,5%); на долю галофилов приходится 9,1%, индифферентов – 5,4%; отношение 12,7% видов к солености пока не установлено (Прошкина-Лавренко, 1963). По имеющимся сведениям, 20% видов относятся к α - и β -мезосапробам, что указывает на умеренную степень загрязнения исследуемого района (Гусяков и др., 1992). Все найденные виды являются одиночными формами, колонии клеток не обнаружены.

Разнообразнее всего представлены роды *Nitzschia* (12), *Navicula* (9), *Amphora* (8), *Diploneis* и *Cocconeis* (по 6 видов и разновидностей). Среди редких видов отмечены *Amphora dubia*, *Cocconeis dirupta* var. *flexella*, *Diploneis*

notabilis var. *tenera*, *Navicula palpebralis* var. *semiterna*, *Nitzschia lorenziana* var. *subtilis*.

Таблица 1. Изменение структурных показателей эпипсаммонно-эпипеллонового сообщества *Bacillariophyta* на разной глубине в районе г. Туапсе

Номер станции	Глубина, м	Число обнаруженных видов и разновидностей, ед	Индекс Н'	Средняя плотность, $\times 10^6$ экз./м ²
4616	25	37	0,91	57,31
	27	31	0,89	51,99
	30	33	0,68	41,15
4617	35	21	0,70	38,00
	42	18	0,67	32,00
4618	52	15	—	—

Примечание. Всего обнаружено 60 видов и разновидностей; Н' — индекс видового разнообразия Шеннона.

Таблица 2. Видовой состав *Bacillariophyta*, обитающих на рыхлых грунтах Черного моря в районе г. Туапсе

Таксон	Встречаемость (в баллах) на глубине, м					
	25	27	30	35	42	52
1	2	3	4	5	6	7
Araphales						
* <i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>linearis</i> Bory	+	—	—	—	—	—
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz.	+	—	—	—	—	—
<i>Synedra fasciculata</i> (Ag.) Kütz.	2	2	1	+	—	—
Raphales						
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr. var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grun.	—	+	—	+	—	—
* <i>C.dirupta</i> Greg. var. <i>flexella</i> (Jan.et Rabh.) Grun.	—	—	+	—	—	—
<i>C.scutellum</i> Ehr. var. <i>scutellum</i>	1	1	—	+	—	—
<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> Grun.	+	—	—	—	—	—
* <i>C.quarnerensis</i> Grun.	+	—	+	—	—	—
<i>C. sp.</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Achnanthes brevipes</i> Ag	2	1	1	1	1	+
* <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert.	—	—	1	+	+	+
<i>Lyrella abrupta</i> (Donk.) Gusl. et Kar	+	—	—	—	—	—
<i>Lyrella forcipata</i> (Grev.) Gusl. et. Car. var. <i>forcipata</i>	—	+	—	—	—	—
* <i>L. forcipata</i> var. <i>densestriata</i> A.S.	1	1	1	1	+	+
* <i>L.spectabilis</i> Greg.	—	—	+	—	—	—
* <i>L.pygmaea</i> Kütz.	—	—	+	+	—	—
* <i>Navicula distans</i> (W.Sm.) Ralfs	—	+	+	—	+	—
* <i>N.grevilleana</i> Hendey var. <i>remotiva</i> (Pr.-Lavr.) Gusl.	+	—	+	+	—	—
* <i>N.cryptoccephala</i> Kütz.	—	+	+	—	—	+
* <i>N.hamulifera</i> Grun. var. <i>plicata</i> Pr.-Lavr.	—	—	—	+	—	—
<i>N.palpebralis</i> Bréb. var. <i>palpebralis</i>	+	—	+	—	—	—
* <i>N.palpebralis</i> var. <i>semiterna</i> (Greg.) Cl.	1	1	1	1	+	+
<i>N.pennata</i> A.S. var. <i>pontica</i> Mer.	2	2	2	1	1	+
<i>N.ramosissima</i> (Ag.) Cl.	1	1	1	—	+	+
* <i>N.salinarum</i> Grun.	+	—	—	—	—	—

окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehr.) Cl.	+	+	+	-	-	-
<i>Haslea subagnita</i> (Pr.-Lavr.) Kar.	-	-	+	-	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queck.) W.Sm.	+	+	-	-	-	-
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grun.) Cl.	1	+	1	-	-	+
* <i>D. notabilis</i> (Grev.) Cl. var. <i>tenera</i> Pr.-Lavr.	-	+	-	-	-	-
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cl. var. <i>smithii</i>	2	2	1	1	1	-
* <i>D. smithii</i> var. <i>pumilla</i> (Grun.) Hust.	+	+	+	+	-	-
* <i>D. vacillans</i> (A.S.) Cl.	-	-	+	-	-	-
* <i>D. papula</i> (A.S.) Cl.	-	-	+	-	-	-
<i>Mastogloia pumila</i> (Grun.) Cl.	-	+	-	-	-	-
* <i>Amphora caroliniana</i> Giffen	+	-	-	-	-	-
* <i>A. coffeaeformis</i> (Ag.) Kütz.	1	1	+	-	-	-
* <i>A. dubia</i> Greg.	+	-	+	-	-	-
* <i>A. exigua</i> Greg.	+	-	-	-	-	-
* <i>A. terroris</i> Ehr.	+	-	-	-	-	-
<i>A. sp. 1</i>	+	-	-	-	-	-
<i>A. sp. 2</i>	-	-	+	-	-	-
* <i>Cymbella helvetica</i> Kütz.	1	1	1	1	1	+
<i>C. sp.</i>	-	+	1	1	+	-
* <i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabenh. var. <i>productum</i> Grun.	+	-	-	-	+	+
* <i>G. olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	1	1	1	1	+	+
<i>Nitzschia acuminata</i> (W.Sm.) Grun.	+	-	-	-	+	-
* <i>N. hybrida</i> Grun. f. <i>hyalina</i> Pr.-Lavr.	+	-	-	-	-	-
* <i>N. linearis</i> W.Sm.	-	-	-	-	+	-
* <i>N. lorenziana</i> Grun. var. <i>subtilis</i> Grun.	-	-	-	-	+	-
<i>N. panduriformis</i> Greg.	+	-	-	-	-	-
<i>N. punctata</i> (W.Sm.) Grun. var. <i>punctata</i>	-	+	+	+	+	-
* <i>N. punctata</i> var. <i>coarctata</i> Grun.	1	1	1	+	-	+
* <i>N. sigma</i> W.Sm.	-	+	-	-	+	-
<i>N. vidovichii</i> (Grun.) Perag.	-	+	-	-	-	-
* <i>N. vitrea</i> Norm.	+	+	-	+	-	+
<i>N. sp.</i>	3	3	3	3	2	1
* <i>Surirella fastuosa</i> Ehr.	-	+	+	-	-	-
<i>S. gemma</i> Ehr.	+	-	-	-	-	-

Примечание. (+) – уникум (встречен 1 раз); (-) – вид встречен не был; * – новый вид для района исследований; 1 – одиночно (2-10 экз.) на препарате; 2 – редко (10-20 экз.); 3 – нередко (20-40 экз.); 4 – часто (40-80 экз.).

Наибольшее число видов отмечено на глубине 25, 27, 30 м (37, 31, 33 видов соответственно). С увеличением глубины количество обнаруженных таксонов уменьшалось и на глубине 52 м составляло 15 видов и разновидностей (табл. 1).

Средняя плотность поселения бентосных диатомей на поверхности рыхлого грунта снижается с увеличением глубины. Наибольшие значения плотности отмечены на глубине 25-35 м ($57,31 \times 10^6 - 38,0 \times 10^6$ экз./м² соответ-

ственно), на глубине 42 м уже встречены клетки с полуразрушенным хлоропластом, а численность их уменьшилась до $32,0 \times 10^6$ экз./м². Пробу, отобранную на глубине 52 м, в живом состоянии под УФ-освещением просмотреть не удалось, но поскольку на постоянном препарате из этой пробы найдены целые панцири 15 видов *Bacillariophyta*, сделано предположение о жизнеспособности микроводорослей на данной глубине.

Значения индекса видового разнообразия (H') также неуклонно снижаются с возрастанием глубины отбора проб, от максимума на глубине 25 м – 0,91, на глубине 42 м до 0,67 (табл. 1).

На разной глубине доминировали *Nitzschia* sp. (средняя плотность до $18,66 \times 10^6$ экз./м²), *Synedra fasciculata* ($9,78 \times 10^6$), *Navicula pennata* var. *pontica* ($6,0 \times 10^6$), *N. ramosissima* ($5,78 \times 10^6$), *Diploneis smithii* ($4,0 \times 10^6$). Стабильно присутствовали *Nitzschia punctata* var. *coarctata*, *Achnanthes brevipes*, *Cymbella helvetica*, *Gomphonema olivaceum*, *Lyrella forcipata* var. *densistriata*, *Navicula palpebralis* var. *semiplena*.

При просмотре водных препаратов качественных подпроб, отобранных под слоем грунта 8-10 см на глубине 25-42 м, обнаружены те же виды живых подвижных клеток, что и на поверхности грунта.

По данным J. Таасел, Т. Моисагет (1981), проводивших исследования в норвежских фьордах, живые клетки диатомей обитают в толще рыхлых грунтов на глубине до 16 см, иногда даже в присутствии сероводорода в колонке грунта.

В толще песчано-илистого грунта сублиторали Белого моря выявлено наличие двух пиков численности – поверхностного (в фотической зоне) и глубинного (в афотической зоне на глубине 2-3 см), причем до 80-100% клеток из глубинных слоев осадка пребывали в делящемся состоянии, в отличие от поверхностных. Сделано предположение о том, что активные вертикальные миграции эпипсаммических диатомей в толще грунта приводят к объединению процессов фотосинтеза, происходящего в поверхностной фотической зоне во время отлива, и последующего деления в афотической зоне во время прилива (Сабурова, 1995).

Интересно проверить это предположение в дальнейших исследованиях применительно к диатомеям, обитающим на малых и предельных для их обитания глубинах.

На рыхлых донных грунтах Черного моря у побережья Румынии в летний сезон насчитывали в среднем $26,7 \times 10^8$ экз./м² бентосных диатомей с биомассой $23,5$ г/м², а осенью – около $4,6 \times 10^8$ экз./м² с биомассой $4,2$ г/м². Отмечено, что при условии идентичности грунта фактором, определяющим общую плотность и видовое разнообразие микрофитобентоса, оказывается глубина: по мере ее увеличения количественные и качественные показатели снижаются (Бодяну, 1979). Такая же закономерность выявлена и при исследовании микрофитобентоса болгарского шельфа: таксономическое разнообразие бентосных диатомовых водорослей уменьшается от мелководных к глубоководным (до 50 м) станциям. Исключительно бедный таксономический состав (1-2 вида) отмечен напротив курортных комплексов Русалка (45 м) и Св.Константин (22 м), мыса Калиакра (42 м), в бухте Вромос, что является следствием усиленного антропогенного влияния в этих районах (Темнискова-Топалова и др., 1994).

А.И. Прошкина-Лавренко (1963) на основании исследований в различных районах Черного моря полагала, что в среднем предельная глубина оби-

тания бентосных черноморских диатомей составляет 30-35 м, в живом состоянии клетки встречаются на глубине до 40 м. По данным З.С. Кучеровой (1960), на раковинах моллюсков обнаружены массовые поселения диатомей: 40 видов на глубине 45 м на мидиях, 35 и 28 видов на глубине 60 м на мидиях и устрицах соответственно. Спорным моментом является наличие пелагических видов и видов-обитателей верхней зоны сублиторали, входящих в состав ценоза микрообрастаний раковин (Прошкина-Лавренко, 1963).

Живые микроводоросли на рыхлых грунтах у берегов Румынии обнаружены на глубине до 54 м (14×10^7 экз./м² в районе г. Констанца), причем на глубине 40-47 м их количество было значительно: до 102×10^7 экз./м², с биомассой более 9 г/м² (в районе г. Мидия). На глубине 31 м на ракушечном иле в районах Мангалии, Мидии, Портицы отмечено соответственно 54, 35, 67 видов с плотностью поселения $7,75 \times 10^7$, $28,1 \times 10^7$, $124,7 \times 10^7$ экз./м², на песчаном грунте в районе Мангалии на той же глубине - 9 видов ($12,0 \times 10^7$ экз./м²). На глубине более 54 м живые диатомовые у румынских берегов не обнаружены (Бодяну, 1979).

На рыхлых грунтах в северо-западной части Черного моря (6-30 м) отмечено 99 видов диатомей, из них 5% - планктонных, 16,2% - планктонно-бентосных и 78,8% бентосных форм. Данные по численности и биомассе в этой работе, к сожалению, не приведены (Гусяков и др, 1994).

Полученные нами значения средней численности и таксономического разнообразия диатомей на песчано-илистых грунтах Кавказского побережья Черного моря несколько ниже, чем на ракушечном иле у румынского побережья. На песчаных грунтах количественные и качественные показатели сообществ диатомей обычно меньше, чем на илистых (Прошкина-Лавренко, 1963; Бодяну, 1979). Кроме того, в северной части румынского побережья Черного моря, в предустьевом пространстве р. Дунай отмечено повышение плотности поселения микрофитобентоса вследствие эвтрофирования вод (Бодяну, 1979).

Заключение

В настоящее время показатели таксономического разнообразия и плотности поселения бентосных диатомей на песчано-илистых грунтах у побережья Кавказа несколько ниже, по сравнению с таковыми в изученных районах болгарского и румынского шельфа Черного моря, а живые клетки *Bacillariophyta* обитают, по крайней мере, на глубине до 52 м. Умеренная степень эвтрофикации вод пока не оказывает отрицательного влияния на структурные показатели микрофитосообщества. Более определенные выводы можно будет сделать только после дальнейших расширенных исследований.

Nevrova E.L.

A.O.Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine,
2, Nakhimov Prosp., Sevastopol, 335011, Crimea, Ukraine

DISTRIBUTION OF BENTHIC DIATOM ALGAE ON THE SOFT BOTTOM OF THE CAUCASUS COAST (THE BLACK SEA)

The distribution in a depth range of 25 to 52 m and structure of benthic diatom communities of the Black Sea soft bottom on the shelf off the Caucasus coast (near Tuapse) were studied. 55 species, 5 varieties of *Bacillariophyta* were found, among them 30 species and 4 varieties are

first cited for this region. The greatest density and species diversity of diatoms were registered in a depth range of 25 to 35 m. Alive active cells were found under 8-10 cm thick soil layer.

Key words: *benthic communities, density, species diversity, soft bottom.*

- Бодяну Н. Микрофитобентос // Основы биологической продуктивности Черного моря / Под ред. В.Н.Грезе. - Киев: Наук.думка. - 1979. - С.109-122.
- Гусляков Н.Е., Загордонец О.А., Герасимюк В.П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. - Киев: Наук. думка, 1992. - 115 с.
- Гусляков Н.Е., Герасимюк В.П., Ковтун О.А. Видовой состав, численность и биомасса микрофитобентоса рыхлых осадков северо-западной части Черного моря (по данным 9 рейса НИС "В.Паршин") // Тез. докл. I съезда гидроэкологического общества Украины (Киев, 16-19 нояб. 1993 г.). - Киев, 1994. - С. 18.
- Диатомовый анализ/ Под ред. А.Н.Криштофовича. - М.: Гостеолиздат, 1950. - 398 с.
- Диатомовые водоросли СССР. - Л.: Наука, 1974. - 45 с.
- Кузнецова С.Б. Диатомовые обрастания в Черном море // Тр. ИОАН СССР. - 1962. - 58. - С. 328-331.
- Кучерова З.С. Диатомовые обрастания некоторых моллюсков и крабов // Тр. СБС АН СССР. - 1960. - 13. - С. 39-48.
- Плохинский М.А. Математические методы в биологии. - М.: Изд-во МГУ, 1978. - 265 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. - М.:Л.: Изд-во АН СССР. - 1963. - 243 с.
- Сабурова М.А. Пространственное распределение микрофитобентоса песчано-илистой литорали Белого моря: Автореф. дис...канд. биол. наук. - Москва, 1995. - 21 с.
- Темнишкова-Топалова Д., Петрова-Караджова В., Валева М.Т. Таксономический состав бентосных водорослей (Bacillariophyta) болгарского шельфа Черного моря // Альгология. - 1994. - 4, N 2. - С. 39-47.
- Taasen J.P., Hoisater N. The shallow-water soft-bottom benthos in Lindaspollene, Western Norway. 4. Benthic marine Diatoms, seasonal density fluctuations // Sarsia. - 1981. - 66. - P. 293-316.
- Wilhm J.L. Biomass units versus numbers of individuals in species diversity indices // Ecology. - 1968. - 49, N 1. - P. 153-156.

Получена 18. 05. 96

Подписал в печать Вассер С. П.

НОВЫЕ КНИГИ, ИЗДАННЫЕ В 1995 ГОДУ

НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ СПОРОВИМИ РОСЛИНАМИ І ВИЩИМИ ГРИБАМИ УКРАЇНИ / Під загальною ред. чл.-кор. НАН України С.П.Вассера. - Київ, 1995. - 131 с.

В монографії обобщені літературні та оригінальні дані по накопленню радіонуклідів грибами, лишайниками, водорослями та мохами. Приведені дані, свідчать про участь різних компонентів криптогамного блоку рослин в процесі накоплення радіоактивних ізотопів в біогеоценозах України, розположених на різному віддаленні від ЧАЕС. Дані рекомендації по використанню їстівних грибів з різних екологічних груп, произрастаючих в різних біогеоценозах України.

Для ботаніків, мікологів, гідробіологів, фізіологів рослин, радіобіологів, преподавателей та студентів біологічних та медичних факультетів вузів.

Книгу можна замовити в редакційно-видавничому відділі Інституту ботаніки НАН

України по адресу: 252601, Київ, ул. Терещенківська, 2