

УДК 582.261.1:574.587:581.4(262.5)

А.М. ЛЯХ, Е.Л. НЕВРОВА

Институт биологии южных морей НАН Украины
просп. Нахимова, 2, Севастополь, 99011

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОХАРАКТЕРИСТИК БЕНТОСНЫХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПО АКВАТОРИЯМ БУХТ ЛАСПИ И СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

В бухте Севастопольской диатомовые водоросли с экстремальными величинами морфохарактеристик преобладали на станциях, расположенных преимущественно вдоль южной стороны акватории и в устье реки Черной. В бухте Ласпи прослежено влияние пространственная неоднородности донных осадков на морфохарактеристики бентосных диатомей.

Ключевые слова: бентосные диатомовые водоросли, пространственное распределение, морфометрические характеристики

Донные диатомовые Черного моря изучаются более ста лет, но, несмотря на значительное количество публикаций, информация о морфометрических параметрах бентосных микроводорослей у Крымского побережья отсутствует. Точное определение таких важнейших морфохарактеристик, как объем и площадь поверхности клеток, необходимо для понимания закономерностей формирования пространственно-временной структуры донных сообществ и оценки их функционального состояния.

Целью работы была апробация новой методики применения трехмерных геометрических моделей для оценки морфохарактеристик микроводорослей на примере бентосных диатомовых побережья Крыма. Работа сфокусирована на анализе особенностей пространственного распределения таксоцены бентосных диатомовых водорослей по акваториям бухт Ласпи и Севастопольской.

Материал и методы исследований

Материалом для исследования послужили данные о плотности поселения и размерах (длина, ширина и высота клеток) массовых видов донных диатомовых, обнаруженных на рыхлых грунтах юго-западного побережья Крыма, в акваториях бухт Ласпи (июнь 1996 г.; 30 станций) и Севастопольская (июль 2001 г.; 31 станция).

Методика отбора и обработки проб донных диатомовых детально описана в работе [4]. Объемы и площади поверхностей диатомовых водорослей определялись методом “истинных объемов”, путем аппроксимации форм клеток трехмерными геометрическими моделями, которые создавались по изображениям диатомовых, при помощи программы 3D-Diatoms, по алгоритмам, описанным в работах [1, 2, 5, 9]. По значениям объемов и поверхностей клеток рассчитаны их удельные поверхности, а также средние (средневзвешенные) и суммарные значения указанных морфохарактеристик всех диатомовых, обнаруженных на каждой станции. Для исследования пространственного распределения применен кластерный анализ с вычислением среднегрупповой связи между станциями по значениям морфохарактеристик [8]. Сходство станций оценено по коэффициенту Брей-Куртиса. Границы выделенных кластеров сопоставлены с границами подводных ландшафтных комплексов (ПЛК) бухты Ласпи [10] и значениями абиотических факторов в бухте Севастопольская: глубиной, фракциям грунта, уровнем токсических соединений, кислородными условиями в грунтах [6] и типами донных осадков [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Морфохарактеристики бентосных диатомовых Севастопольской бухты. Отмечено гетерогенное распределение величин суммарных (суммарные значения объемов и площадей поверхностей таксоцены диатомовых одной станции) и средних (средние значения объемов, площадей поверхностей и удельных поверхностей таксоцены диатомовых одной станции) значений морфопараметров диатомовых по акватории Севастопольской бухты. По результатам кластерного анализа суммарных и средних значений морфохарактеристик диатомовых выделено три комплекса станций на уровне 86% сходства. Первый комплекс включает станции с наименьшими величинами

средних объемов и площадей поверхности – 3611 мкм³ и 1920 мкм² и наибольшей средней удельной поверхностью – 0,759 мкм⁻¹. Этот комплекс пространственно приурочен к кутовой части Севастопольской бухты и бухтам Северной и Мартыновой. Второй кластер содержит станции с максимальными значениями средних объемов и поверхностей, соответственно 19962 мкм³ и 4777 мкм², и минимальной удельной поверхностью: 0,487 мкм⁻¹. Станции кластера располагались в кутовой части Севастопольской бухты, кутовой и центральной частях бухты Южной, бухтах Артиллерийской, Килен и Сухарной. Станции третьего кластера имели промежуточные значения морфохарактеристик: 9655 мкм³, 3223 мкм² и 0,511 мкм⁻¹. Они преимущественно располагались в центральной и северной частях Севастопольской бухты.

Сопоставление положения выделенных кластеров морфопараметров диатомовых с кластерами абиотических факторов [6] показало отсутствие взаимосвязи между ними. Сравнительный анализ распределения морфохарактеристик донных диатомовых с типами донных осадков [3] также не выявил явных взаимосвязей. В целом, станции с экстремальными (максимальными и минимальными) значениями средних объемов и площадей поверхности диатомовых водорослей приурочены к изолированным частям главной Севастопольской бухты – небольшим бухточкам, расположенным преимущественно вдоль южной стороны акватории: бухтам Мартыновой, Артиллерийской, Северной, Сухарной, Килен, кутовой и центральной частям бухты Южной, а также к устью реки Черной. Станции с промежуточными значениями морфохарактеристик, напротив, в большей степени сгруппированы в центральной и северной частях исследованной акватории.

Морфохарактеристики бентосных диатомовых бухты Ласпи. По результатам кластерного анализа суммарных и средних по станциям морфохарактеристик бентосных диатомовых, все станции в акватории бухты Ласпи разделены на уровне 85% сходства на три комплекса, характеризующиеся следующей пространственной структурой. Комплекс с преобладанием крупных клеток (средними объемом 5340 мкм³, поверхность 2006 мкм², удельная поверхность 0,693 мкм⁻¹) расположен в центральной и глубоководной (глубже 20–40 м) частях акватории. Комплекс с клетками средних размеров (2096 мкм³, 1354 мкм², 1,044 мкм⁻¹) находится в центральной-восточной и периферийных областях бухты. Станции, где встречены мелкие клетки (849 мкм³, 620 мкм², 1,141 мкм⁻¹), мозаично распределены вдоль южного берега бухты на глубинах до 10 м.

Сопоставление полученных в ходе исследования кластеров с границами выделенных ранее ПЛК [10] показало их достаточно близкое соответствие. В центральной и глубоководной частях бухты с песчаным и илисто-песчаным типом грунта преобладали более крупные клетки диатомовых как с высокими суммарными, так и с высокими средними значениями объемов и площадей поверхности. Максимальные суммарные и максимальные средние объемы и площади поверхности микроводорослей зафиксированы на участке в центральной части бухты, приуроченном к зарослям zostеры на илисто-песчаном субстрате со значительной примесью битой ракушки. Величины объемов и площадей поверхности клеток снижались по направлению от центральной части акватории к периферийным участкам, причем более сильное изменение средних величин морфохарактеристик наблюдалось от центра к прибрежным участкам с гравийными, галечными, валунными и смешанными типами грунтов. Наиболее мелкие клетки обнаружены на прибрежных участках акватории, покрытых скально-валунным субстратом.

Как было показано ранее [7, 10], в пределах акватории бухты Ласпи формируются несколько четко разделяемых ПЛК. При формировании каждого из них состав и структура грунта выступают в качестве одного из ведущих факторов. Учитывая это, возможные корреляции между морфометрическими параметрами донных диатомовых и пространственными границами ПЛК бухты Ласпи в основном определяются неоднородностями гранулометрического состава донных отложений. На илистых, илисто-песчаных и песчаных участках дна морфохарактеристики диатомовых водорослей были выше, чем на остальных участках бухты. Так как отложение и распределение донных осадков по акватории бухты связано с гидродинамическим режимом [7], то последний также косвенно влиял на морфохарактеристики диатомовых. На станциях приуроченных к гидродинамически спокойным участкам акватории, где концентрируются илистые, илисто-песчаные и песчаные отложения (центральная и глубоководная части бухты, а также участок за пирсом), морфометрические характеристики диатомовых были выше. На станциях расположенных в областях высокой гидродинамической нагрузки (прибрежная зона, восточная глубоководная область свала глубин, находящаяся под влиянием вдольберегового течения), где в составе донных

отложеній присутствовали галька и ракушка, морфохарактеристики діатомових мали більш низькі величини.

1. Лях А. М. Геометричне моделювання діатомових водоростей роду *Cymbella* Agardh / А. М. Лях // *Екологія моря*. – 2007. – Вип. 74. – С. 50–55.
2. Лях А. М. Оцінка об'ємів і площей поверхності діатомових водоростей при допомозі трьохмерних моделей / Лях А. М., Токарев Ю. Н. // *Морський екологічний журнал*. – 2005. – Отд. вип. №1. – С. 69–77.
3. Миронов О. І. Нефть і стан біотосних спільнот в Севастопольських бухтах / О. І. Миронов, Л. Н. Кірюхіна, А. С. Алемов // *Акваторія і берега Севастополя: екосистемні процеси і послуги обществу* / Под. ред. Е. В. Павлової, Н. В. Шадріна. – Севастополь: Изд. Аквита, 1999. – С. 176–193.
4. Неврова Е. Л. Видовий склад таксоцено біотосних діатомових водоростей (*Bacillariophyta*) бухти Ласпі (Чорне море, Україна) / Е. Л. Неврова, Н. К. Рєвков // *Альгологія*. – 2003. – Т. 13, № 3. – С. 269–282.
5. Неврова Е. Л. Нові і рідкі для Чорного моря види донних діатомових (*Bacillariophyta*) і визначення їх біомаси з допомогою трьохмерного моделювання / Неврова Е. Л., Лях А. М. // *Екологія моря*. – 2006. – Вип. 72. – С. 30–37.
6. Петров А. Н. Многомерний аналіз розподілу біотосних діатомових (*Bacillariophyta*) в полі градієнтів абіотических факторів в Севастопольській бухті (Чорне море, Крим) / А. Н. Петров, Е. Л. Неврова, Л. В. Малахова // *Морський екологічний журнал*. – 2005. – Т. 4, № 3. – С. 65–77.
7. Шаляпин В. К. Загальна характеристика гідролого-гідрометеорологічного режиму і його вплив на формування донних ландшафтів бухти Ласпі (ЮБК) / Шаляпин В. К., Петров А. Н. // *Тез. доповідей Всес. конф. «Методологія екологічного нормування»*. – Харків, 1990 – Ч. 1. – С. 138–139.
8. Clarke K.R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation / Clarke K.R., Warwick R.M. – Plymouth : PRIMER-E, 2001. – 154 p.
9. Lyakh A. A new method for accurate estimation of diatom biovolume and surface area / A. Lyakh // *Proc. of the 1st Central European Diatom Meeting 2007*. Kusber W.-H., Jahn R. (ed.). Botanical Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin, Berlin, 2007. – P. 113–116.
10. Petrov A. Long-term comparative observation of changes in the coastal environment of Lapi Bay (the Black Sea) caused by recreational and hydrotegnical constructions / A. Petrov // *Large-scale construction in coastal environment. Inter. Symp. Nordernay, Germany, 1997*. – Vol. 1. – P. 47–49.

А.М. Лях, Е.Л. Неврова

Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ МОРФОХАРАКТЕРИСТИК БІОТОСНИХ ДІАТОМОВИХ ВОДОРОСТЕЙ В АКВАТОРІЯХ БУХТ ЛАСПІ І СЕВАСТОПОЛЬСЬКОЇ (ЧОРНЕ МОРЕ)

У Севастопольській бухті діатомові водорості з екстремальними величинами морфохарактеристик переважали на станціях, розташованих переважно вздовж південної сторони акваторії і в гирлі ріки Чорної. У бухті Ласпі виявлений вплив просторової неоднорідності донних відкладень на морфохарактеристики біотосних діатомей.

Ключові слова: біотосні діатомові водорості, просторовий розподіл, морфометричні характеристики

A.M. Lyakh, E.L. Nevrova

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

SPATIAL DISTRIBUTING OF MORFOKHARAKTERISTIK OF BENTHOS DIATOMACEOUS ALGAE ON AQUATORIUMS OF BAYS OF LASPI AND BY SEVASTOPOL (BLACK SEA)

The spatial distribution of benthic diatoms morphometric values in two Black Sea bays (SW coast of Crimea) was studied. The benthic diatoms with extreme morphometric values were mainly concentrated along the southern part of Sevastopol Bay. In Laspy Bay the spatial distribution of benthic diatoms morphometric values was correlated with spatial heterogeneity of bottom sediments.

Key words: benthos diatomaceous water-plants, spatial distributing, morphometric descriptions