

УДК 582.232[(210.5):(262.5)]

О.П. ГАРКУША, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ, А.Ю. ГОНЧАРОВ

Одесский филиал Ин-та биологии южных морей

им. А.О. Ковалевского НАН Украины,

ул. Пушкинская, 37, 65125 Одесса, Украина

ВОДОРΟΣЛИ СУПРАЛИТОРАЛИ ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖЕЙ ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ (УКРАИНА)

Исследованы особенности пространственного распределения микроводорослей интерстициали естественного и искусственно намытых пляжей. Установлен высокий показатель сходства видового состава и практически одинаковое количество видов микроводорослей пляжей. Обнаружено, что микроводоросли песчаного пляжа распределены неравномерно, в зависимости от горизонта песка и расстояния от уреза воды в сторону суши. Показано стимулирующее влияние поровой (интерстициальной) воды на развитие микроводорослей псаммона.

Ключевые слова: интерстициаль, микроводоросли, покоящиеся споры, песчаные пляжи, Чёрное море.

Введение

Интерстициаль песчаных пляжей – биотоп множества микроскопических растительных и животных организмов. Один из компонентов псаммофильного сообщества – микроводоросли. Микрофиты – первичные продуценты прибрежных песчаных экосистем, будучи частично экранированы от поступления солнечной радиации в толще песка, способны утилизировать растворенное органическое вещество. Покоящиеся стадии микроводорослей представляют собой банк спор, способных прорасти при наступлении благоприятных условий, обеспечивая развитие микроводорослей в прибрежной зоне моря.

В литературе имеются сведения о видовом составе микроводорослей интерстициали Чёрного моря и некоторых тенденциях сезонного их развития, в частности диатомовых (Герасимюк, Тарасова, 2000; Гусяков, Ковтун, 2000; Герасимюк, Кирилина, 2001).

Из-за различного уровня волновой активности может происходить попеременное накопление и вымывание покоящихся стадий и живых организмов из песчаного пляжа, приводящее к всплескам развития отдельных видов («волн жизни») в прибрежной зоне, включая «цветение» воды.

Интерстициальные (поровые) воды песчаного побережья характеризуются повышенным содержанием биогенных элементов и органических соединений, по сравнению с морской водой, в результате фильтрации

© О.П. Гаркуша, Б.Г. Александров, А.Ю. Гончаров, 2012

прибрежных вод через песчаный берег, разложения органических веществ, поступающих с суши, в т. ч. антропогенного происхождения, а также химических реакций, происходящих на границе раздела твёрдой (песчинки) и жидкой (вода) фаз (McLachlan, Turner, 1994; Ram, Zingde, 2000; Gunkel, Hoffmann, 2005; Speybroeck, Bonte, 2006; Зайцев, 2008).

Цель работы – выявить особенности пространственного распределения микроводорослей интерстициали песчаного берега естественного и искусственного происхождения.

Материалы и методы

Пробы воды и песка собирали на одесских пляжах (Лузановка – естественный и Ланжерон – искусственно намытый в октябре 2007 г.), находящиеся на удалении около 10 км друг от друга вдоль берега (рис. 1).

Исследования проводили с ноября 2007 по июль 2009 гг.

Всего было выполнено семь комплексных съёмок, отобрано 112 проб для проращивания микроводорослей в лабораторных условиях и 38 проб для гидрохимических исследований. Поверхностный слой (2 см) сухого и подповерхностный слой (5–10 см) влажного песка отбирали на берегу на расстоянии 3, 10 и 15 м (в дальнейшем станции 1–3) от линии уреза воды в сторону суши. Поровую воду собирали в ямах, вырытых в песке до уровня водоносного горизонта, находящегося на глубине 30, 50 и 100 см от поверхности в соответствии с удалением от уреза воды. Помимо этого, влажный песок отбирали со дна ям (ст. 1–3) и на верхней супралитерали (станция 0) с глубины до 1 м (рис. 2). Глубина, с которой начинается водоносный слой в песчаном пляже, определяется уровнем воды в море.

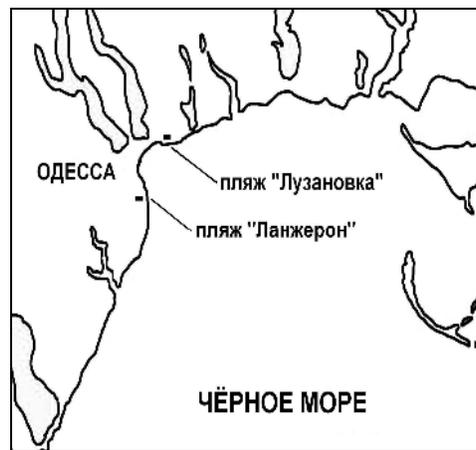


Рис. 1. Карта-схема района исследований

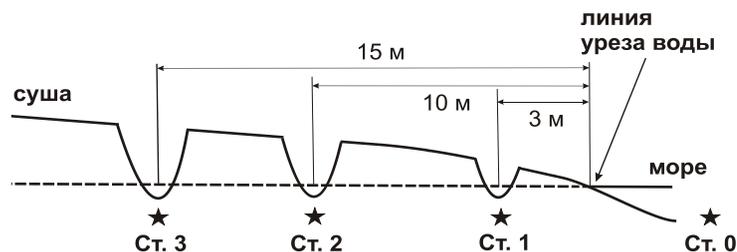


Рис. 2. Схема станций отбора проб

В связи с этим глубина отбора проб изменялась. На 15 м от уреза воды глубина ям на пляжах Ланжерон и Лузановка отличалась в среднем на 10–15 см. Колебания температуры воды на станциях отбора проб в период исследований составляли 7–22 °С. Минерализация поровых вод непостоянная и определялась поступлением соленых вод со стороны моря и пресных – от берега (грунтовые воды). Так, на Лузановке она изменялась от 9,3 до 16,3 ‰, на Ланжероне – от 0,4 до 16,8 ‰. В октябре 2007 г. для предупреждения оползневых процессов на пляже Ланжерон был намыт мелкозернистый песок, взятый с Одесской банки. Пляжи Лузановка и Ланжерон отличаются по гранулометрическому составу песка (табл. 1), который определяли ситовым способом с помощью стандартного набора сит с диаметром ячеек: 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм (Зайцев, Воробьева, 1992). На основании результатов ситового анализа рассчитывали модуль крупности песка как частное от деления на 100 суммы полных остатков на всех ситах.

Таблица 1

Содержание (%) в составе песка различных размерных фракций

Станция	Размеры преобладающих частиц, мм			Модуль кружности
	1,00–0,50	0,50–0,25	0,25–0,10	
Лузановка	20,9	13,8	65,3	2,26
Ланжерон	0,9	5,1	94,0	1,97

В пробах воды определяли солёность, содержание растворенного кислорода, концентрацию растворенных минеральных и органических форм азота и фосфора, кремний и количество лабильного органического вещества по перманганатной окисляемости. Для определений использовали общепринятые методы (Шишкина, 1974; Справочник ..., 1991; Руководство ..., 1993).

Оценить особенности распределения микроводорослей песчаного побережья, используя стандартные методы, применяемые для изучения микрофитобентоса, невозможно, потому что плотность их поселения в песке, как правило, очень низкая. Кроме того, покоящиеся споры микроводорослей, содержащиеся в сухом поверхностном песке, при наступлении благоприятных условий (например, при увлажнении песка в результате сгонно-нагонных явлений или смывании спор в море во время атмосферных осадков) могут дать новые поколения микроводорослей, в результате чего повышается продуктивность прибрежной зоны моря. В связи с этим распределение микроводорослей изучали косвенным способом, путём проращивания их покоящихся стадий и спор в лабораторных условиях.

Для этого навески песка массой 50 г помещали в прозрачные пластиковые стаканы ёмкостью 180 мл и заливали равным количеством поровой воды объёмом 100 мл. В качестве контроля аналогичные навески

песка заливали водой, отобранной на верхней сублиторали, до глубины 1 м. Воду для заливки песка фильтровали через фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. На поверхность песка помещали покровные стёкла, аналогично методу изучения микроводорослей в почве (Голлербах, Штина, 1969). Стаканы накрывали пластиковыми чашками Петри. Образцы экспонировали на окне лаборатории при естественном освещении, температуре от 20 до 24 °С, в течение 20 сут. Микроскопирование обрастания стёкол начинали на 7-е сутки экспозиции.

Состав и количество микроводорослей пересчитывали на 1 см² покровного стекла. Для определения диатомовых водорослей готовили постоянные препараты створок (Диатомовые ..., 1974). Современные названия видов микроводорослей приведены согласно известным сводкам (Разнообразие ..., 2000; Algae ..., 2006, 2009).

Результаты и обсуждение

Характерной особенностью химического состава поровой воды является повышенное содержание соединений азота, фосфора, кремния и органического вещества по сравнению с морской водой на урезе. Концентрация минерального фосфора в поровой воде была выше в среднем в 4–7 раз, органического фосфора – в 9–17 раз, аммонийного азота – в 2–20 раз, нитритов – в 2–10 раз, нитратов – в 10–150 раз, кремния – в 2–2,5 раза, лабильного органического вещества – в 1,5–2 раза по сравнению с их содержанием в море (табл. 2). Различия содержания биогенных элементов в интерстициали двух исследованных пляжей, резко отличающихся составом и происхождением песка, не имеют однозначных тенденций, так как каждый из них находится под влиянием присущих только ему факторов (различное сочетание коммунально-бытового, ливневого и дренажного стоков), имеющих свои физико-географические и сезонные флуктуации. Общие закономерности в профилях распределения исследуемых гидрохимических параметров показаны в табл. 2. Как правило, при удалении от моря в сторону суши концентрации биогенных веществ и перманганатной окисляемости возрастают. Единичные артефакты сверхвысоких концентраций на той или иной станции не были закономерными и изменялись от сезона к сезону.

Всего в результате проращивания в пробах песка обнаружено 97 видов водорослей: 84 – диатомовых, 8 – зеленых, 3 – синезеленых, 1 – динофитовых и 1 вид криптофитовых водорослей (табл. 3). Видовой состав микроводорослей пляжа Лузановка был представлен 71 видом, а пляжа Ланжерон – 74. Сходство видового состава водорослей этих пляжей за весь период исследований составило 66,2 % (по индексу Съерренсена), в ноябре, январе, марте, мае и июле, соответственно, 59,0; 60,9; 42,4; 69,8 и 53,8 %.

Высокий показатель сходства видового состава и практически одинаковое количество видов микроводорослей исследуемых пляжей свидетельствуют о высокой скорости формирования сообщества микроводорослей в интерстициали искусственно намытого песка пляжа Ланжерон.

Таблица 2

Пределы колебаний (над чертой) и средние величины (под чертой) гидрохимических параметров в морской (возле уреза) и поровой воде исследуемых пляжей одесского побережья в 2007–2008 гг.

Но- мер стан- ции	P-PO ₄ ³⁻	P _{орг}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	Si	ПО
	мкг Р·дм ⁻³		мкг N·дм ⁻³			мкг·дм ⁻³	мг О·дм ⁻³
Лузановка							
0	<u>6,1-22,9</u> 15,2±6,2	<u>0-10,5</u> 2,1±5,2	<u>6,8-97,6</u> 43,2±40,1	<u>1,2-4,1</u> 2,9±1,0	<u>1,3-108,4</u> 27,1±51,5	<u>744-1123</u> 945±156,9	<u>1,42-2,26</u> 1,81±0,42
1	<u>49,3-84,1</u> 60,8±15,8	<u>12,4-32,9</u> 21,9±9	<u>18,6-3905,3</u> 801,6±1938,6	<u>1,3-16,6</u> 7,5±6,0	<u>12-979,5</u> 247±479,9	<u>1144-1565</u> 1413±104,6	<u>1,62-4,67</u> 2,87±1,34
2	<u>50,5-131,9</u> 78,8±31,9	<u>15,2-58,5</u> 32,9±19,1	<u>15,3-100,5</u> 41,9±39,8	<u>0,7-102</u> 23,4±49,1	<u>21,8-1202,1</u> 492,9±577,2	<u>1333-1754</u> 1580±85	<u>2,26-3,00</u> 2,57±0,37
3	<u>79,5-101,2</u> 88,5±29,8	<u>29,8-37,6</u> 34,2±8,2	<u>13,9-199,1</u> 88,8±83,3	<u>9,2-18,2</u> 12,8±18,6	<u>24,4-5839,8</u> 3172,7±2727,0	<u>1726-2231</u> 1953±957,2	<u>1,96-4,58</u> 3,27±2,13
Лонжерон							
0	<u>6,2-22,8</u> 13,6±7,6	<u>0-10,0</u> 2,0±5,0	<u>12,2-121,3</u> 46,7±51,1	<u>1,7-15,1</u> 5,4±6,6	<u>3,1-68,4</u> 26,4±27,7	<u>716-1165</u> 918±104,2	<u>1,58-2,57</u> 2,12±0,49
1	<u>21,5-110,7</u> 53,2±39,3	<u>0-36,8</u> 17,6±18,6	<u>43,8-193,4</u> 98,8±63,2	<u>3,8-41,9</u> 15,5±17,3	<u>4,0-4620,7</u> 936,6±2301,7	<u>1116-2112</u> 1650±432,3	<u>0,85-2,64</u> 2,16±1,00
2	<u>26,1-91,7</u> 54,8±23,8	<u>8,4-41,2</u> 22,4±15	<u>42,8-255,0</u> 122,7±90,7	<u>3,4-118,3</u> 30,2±56,4	<u>6,2-16257,2</u> 3350,1±8052	<u>1614-2765</u> 2105±499,1	<u>2,47-5,13</u> 3,83±0,77
3	<u>32,4-206,1</u> 89,9±79,8	<u>11,2-45,8</u> 22±16,2	<u>54,6-132,7</u> 82±34,7	<u>3,1-12,0</u> 8,2±4,0	<u>5,5-7385,2</u> 1871,3±3676,1	<u>2049-2737</u> 2449±304,1	<u>3,16-3,86</u> 3,55±0,36

ПО – перманганатная окисляемость.

Таблица 3

Видовой состав микроводорослей исследуемых пляжей

Вид	Лузановка	Лонжерон
<i>BACILLARIOPHYTA</i>		
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh		+
<i>A. dispar</i> Cleve	+	+
<i>Amphora arcus</i> W. Greg.		+
<i>A. caroliniana</i> Giffen	+	+
<i>A. coffeaeformis</i> (C. Agardh) Kütz.	+	+
<i>A. hyalina</i> Kütz.	+	+
<i>A. obtusa</i> W. Greg.		+
<i>Amphora</i> sp. 1	+	+
<i>Amphora</i> sp. 2	+	+
<i>Anaulus minutus</i> Grunow	+	+
<i>Anorthoneis hummii</i> Hust.		+
<i>Atheya decora</i> T. West.		+

<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentep. ex Roth) Grunow	+	+
<i>Chaetoceros minutissimus</i> I.V. Makarova et Proschk. -Lavr.	+	+
<i>Cocconeis costata</i> W. Greg.	+	
<i>C. distans</i> W. Greg.		+
<i>C. euglypta</i> Ehrenb.		+
<i>C. scutelum</i> var. <i>scutelum</i> Ehrenb.	+	+
<i>Cocconeis</i> sp.		+
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw.	+	+
<i>C. meneghiniana</i> Kütz.	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reimer et F.W. Lewis	+	+
<i>Cymbella</i> sp. 1	+	
<i>Cymbella</i> sp. 2	+	+
<i>Diploneis papula</i> (A.W.F. Schmidt) Cleve	+	
<i>Diploneis</i> sp.	+	+
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kütz.) Stick et Mann		+
<i>F. subforcipata</i> (Grew.) Mann		+
<i>Fallacia</i> sp.	+	+
<i>Fragillaria delicatissima</i> (Proschk.-Lavr.) Bukht.	+	
<i>Fragillaria</i> sp.	+	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow	+	+
<i>H. marina</i> (Donkin) Grunow	+	
<i>Haslea subagnita</i> (Proschk.-Lavr.) I.V. Makarova et Karaeva	+	
<i>Licmophora communis</i> (Heib.) Grunow in Van Heurck		+
<i>Mastogloya pumilla</i> (Cleve et J.D. Moller) Cleve	+	
<i>M. pusilla</i> Grunow		+
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	+	+
<i>N. hungarica</i> var. <i>linearis</i> Østrup.	+	+
<i>N. menisculus</i> Schum.	+	+
<i>N. palpebralis</i> Bréb. ex W. Sm.	+	+
<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschk.	+	+
<i>N. perminuta</i> Grunow in Van Heurck	+	+
<i>N. ramosissima</i> (C. Agardh) Cleve	+	+
<i>N. viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.	+	+
<i>Navicula</i> sp. 1	+	
<i>Navicula</i> sp. 2	+	
<i>Navicula</i> sp. 3	+	
<i>Nitzschia communis</i> Rabenh.	+	
<i>N. commutata</i> Grunow in Cleve et Grunow		+
<i>N. filiformis</i> (W. Sm.) Schutt in Kütz.	+	
<i>N. frustulum</i> (Kütz.) Grunow in Cleve et Grunow	+	+
<i>N. hydrida</i> Grunow in Cleve et Grunow	+	+
<i>N. lanceolata</i> W. Sm.	+	+
<i>N. obtusa</i> W. Sm.		+
<i>N. ovalis</i> Arn. ex Grunow in Cleve et Grunow	+	+
<i>Nitzschia panduriformis</i> var. <i>continua</i> W. Greg.	+	

<i>Nitzschia</i> sp. 1	+	
<i>Nitzschia</i> sp. 2		+
<i>Opephora martyi</i> Herib.	+	
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox	+	
<i>Pinnularia</i> sp.	+	+
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W. Greg.) Kuntze		+
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kütz.) Round et Bukht.	+	+
<i>P. engelbrechtii</i> (Cholnoky) Round. et Bukht.	+	
<i>P. lanceolata</i> (Bréb. in Kütz.) Round et Bukht.	+	+
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T. Quekett) W. Sm.	+	+
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden ex Heiden et Kolbe		+
<i>Pteroncola hyalina</i> (Kütz.) Gusl.	+	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bert.	+	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	+	+
<i>Staurophora salina</i> (W. Sm.) Mereschk.		+
<i>Staurosira construens</i> var. <i>venter</i> (Ehrenb.) P. Tsarenko	+	+
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenb.) D.M. Williams et Round	+	+
<i>Striatella delicatula</i> (Kütz.) Grunow in Van Heurck	+	
<i>S. unipunctata</i> (Lyngb.) C. Agardh		+
<i>Surirella ovalis</i> Bréb.		+
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenb.		+
<i>Synedra vaucheriae</i> Kütz.	+	
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams et Round	+	+
<i>Thalassiosira parva</i> Proschk.-Lavr.	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschk.	+	+
<i>Triblionella apiculata</i> Grunow in Cleve et Grunow	+	+
<i>T. punctata</i> W. Sm.		+
<i>CHLOROPHYTA</i>		
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Skrank) Menegh.	+	+
<i>Chlorella</i> sp.	+	+
<i>Cylindrocystis</i> sp.	+	+
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korschikov) Hindák	+	+
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komark.-Legn.		+
<i>Prasinophyceae</i>	+	+
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kütz.		+
<i>S. quadricauda</i> (Turpin) Bréb.		+
<i>CYANOPROCARYOTA</i>		
<i>Leptolyngbia</i> sp.	+	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	+	+
<i>Oscillatoria gracilis</i> Boecher		+
<i>DINOPHYTA</i>		
<i>Katodinium</i> sp.	+	
<i>CRYPTOPHYTA</i>		
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+

В нативном песке (без проращивания) в составе микроводорослей интерстициали на глубине залегания воды обнаружены 2 вида диатомовых водорослей — *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*, а также один вид зелёных — *Monoraphidium arcuatum*, вызывающих «цветение» воды в северо-западной части Чёрного моря (Нестерова, 2001). Последние два вида — постоянный компонент интерстициали. В живом виде с нормально окрашенными хроматофорами данные организмы были обнаружены на глубине залегания поровых вод, т.е. под слоем песка (30–50 см) во все месяцы на обоих пляжах.

Сравнение развития микроводорослей в зависимости от горизонта показало, что в целом за период исследований из поверхностного (2 см) слоя сухого песка пляжей проросло большее количество видов, чем из влажного песка со дна ям, соответственно 46 и 34 в «Лузановке, 46 и 28 — на Ланжероне. Соотношение прикрепленных и некрепленных видов диатомовых водорослей для пляжей, соответственно 15, 44 и 17, 41. Видовой состав микроводорослей, проросших из сухого и влажного песка, был сходен на 60 % в Лузановке и на 57 % в Ланжероне. При сравнении видов сухого песка двух пляжей сходство составило 60 %, а влажного песка — 58 %.

При сравнении сходства видовой состава поверхностного сухого слоя песка трех станций (попарно) для Лузановки и Ланжерона были получены следующие значения — 46, 39, 40 % и 24, 62, 24 %.

Обнаружение большего числа видов в поверхностном горизонте песка обоих пляжей, возможно, связано с благоприятными условиями существования в приповерхностном увлажненном слое песка или с попаданием спор микроводорослей с морскими брызгами. Известно, что в сухом песке содержится большее количество спор бактерий (кишечная палочка), чем во влажном песке и морской воде (Rogerson et al., 2003). Стресс, который испытывают сообщества псаммона, — колебания температуры, накопление больших концентраций питательных веществ, механическое перемешивание, способствует увеличению видовой разнообразия (Czernas, 2001). Более значимым для вертикального распределения покоящихся спор микроводорослей является распределение микро- и мейобентоса, который может их выедать. В слое 0–4 см по сравнению со слоем 4–10 см обитает в 2–5 раз меньше животных (Воробьева и др., 1992). Весной и летом максимальная численность турбеллярий, как известно, питающихся диатомовыми водорослями, отмечена на глубине 30–50 см на удалении до 3 м от уреза воды.

Видовой состав микроводорослей песка верхней сублиторали (ст. 0) отличался от микроводорослей 1, 2 и 3 станций: сходство в Лузановке в марте, мае и июле составляло 57, 77 и 55 %, на Ланжероне, соответственно, 58, 36 и 15 %. В Лузановке большее сходство микроводорослей в пространстве, скорее всего, объясняется «однородностью» песка по происхождению (намывку песка не проводили).

Количество микроводорослей поверхностного слоя песка, выросших в стаканах, залитых поровой водой, было в несколько раз выше, чем

залитых водой из верхней сублиторали. Такая тенденция сохранялась во все месяцы на обоих пляжах (рис. 3).

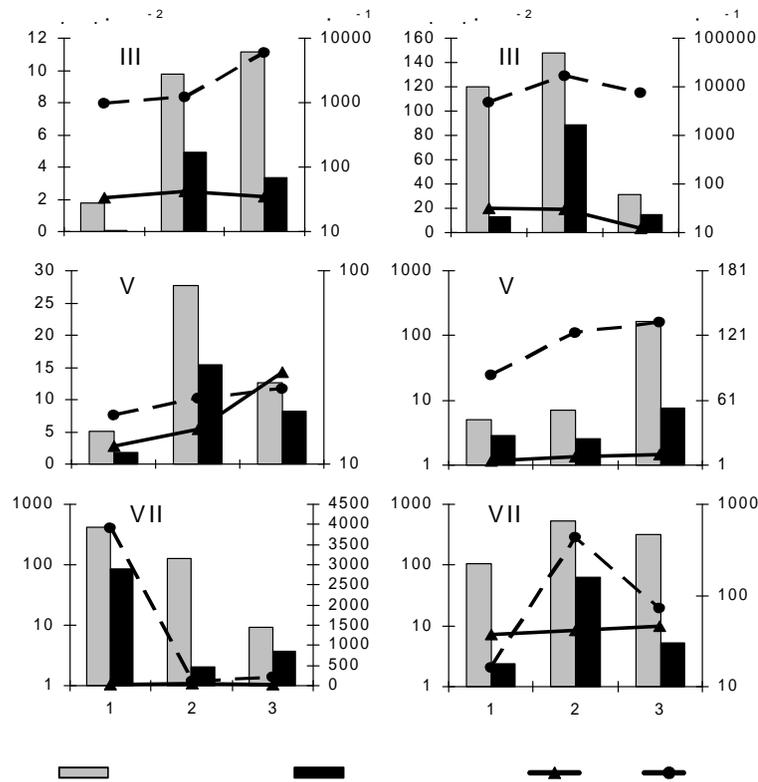


Рис. 3. Количественное развитие микроводорослей песка при экспонировании в поровой и морской воде и содержание PO_4^{3-} (А) и NO_3^- (Б) в поровой воде в 2008 г. Здесь и на рис. 7 римскими цифрами обозначены месяцы

Для сравнения распределения микроводорослей и влияния поровой воды на их развитие не только в сухом поверхностном песке, но и в нижележащем влажном слое, где содержатся кроме покоящихся спор также живые клетки микрофитов, проращивали слой влажного песка толщиной 5–10 см. В результате наблюдали сходную картину (рис. 4).

Кроме того, установлено, что количественное развитие микроводорослей слоя влажного песка (5–10 см) в основном было в несколько раз выше, чем сухого поверхностного, что, вероятно, связано с наличием определенного количества живых водорослей в увлажненном слое (рис. 5).

Поровые воды песчаного побережья, богатые минеральными и органическими веществами, в результате гидродинамических процессов поступают в прибрежную часть моря, где могут оказывать влияние на развитие микрофитобентоса.

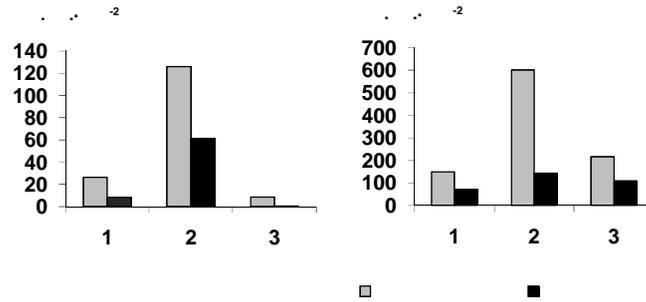


Рис. 4. Влияние поровой воды на развитие микроводорослей подповерхностного слоя влажного песка толщиной 5–10 см (июль 2009 г.)

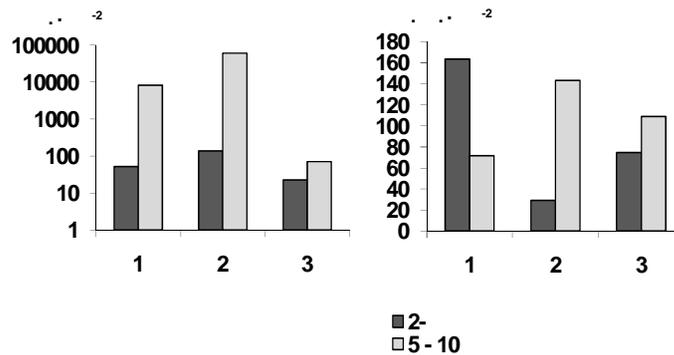


Рис. 5. Распределение микроводорослей в поверхностных слоях песка (июль 2009 г.)

Для оценки данного влияния пробы песка, отобранного в верхней сублиторали (ст. 0, см. рис. 2), заливали профильтрованной водой, взятой на каждой из четырех станций исследуемых пляжей, и контролировали численность выросших микроводорослей (рис. 6).

Результаты, полученные в ходе проращивания с песком пляжа Лузановка, подтвердили стимулирующее влияние поровых вод и на развитие прибрежного песчаного микрофитобентоса. Однако поровая вода ст. 1 и 2 пляжа Ланжерон ингибировала развитие микроводорослей, что, вероятно, связано с образованием в результате шторма литоральных «ванн», которые наблюдали за несколько дней до отбора проб на уровне этих станций. Данные гидрохимического анализа поровой воды выше указанных станций свидетельствовали о высокой концентрации аммонийного азота – показателя процесса разложения. Кроме того, вода имела зеленоватый оттенок, а микроскопирование нативной поровой воды (до пропускания через фильтр) показало наличие разлагающихся остат-

ков микроводорослей. Можно предположить, что ранее происходило «цветение» воды, возможно, и повлиявшее на результаты проращивания, так как известно ингибирование роста метаболитами других водорослей (Козицкая, Сиренко, 1988).

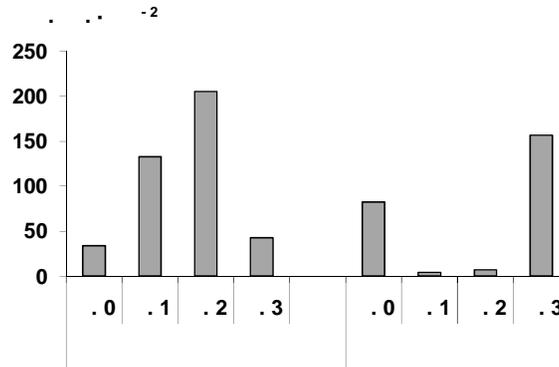


Рис. 6. Численность микроводорослей, выращенных из песка верхней сублиторали в воде, взятой на ст. 0, 1, 2 и 3 соответственно (июль 2009 г.)

Для сравнения количественного развития микроводорослей двухсантиметрового слоя сухого песка (ст. 1, 2 и 3) и такого же слоя влажного песка с верхней сублиторали (ст. 0) все образцы песка заливали водой, отобранной на верхней сублиторали. Оказалось, что в песке ст. 0 степень развития микроводорослей во всех случаях была ниже, чем в песке ст. 2 (рис. 7). Песок пляжей Лузановка и Ланжерон отличался по интенсивности развития микроводорослей поверхностного слоя: в марте – во много раз больше на Ланжероне (высокого количественного развития достигала зеленая микроводоросль *S. infusionum*), в мае – в 2 раза больше на Лузановке, в июле – практически не отличались, в апреле – в несколько раз больше на Ланжероне.

Таким образом, в сухом поверхностном слое песка пляжей покоящиеся споры микроводорослей распределены неравномерно, в зависимости от удаления от уреза воды. Наибольшее количественное развитие микроводорослей из песка, отобранного в 10, 15 м от линии уреза, возможно, связано с «краевым эффектом» – сгущением жизни на границе сосуществования морской и почвенной флоры. Высокая степень развития микроводорослей в сухом песке в 10 м от уреза воды, по сравнению с песком из верхней сублиторали, возможно, связано с высокой продукцией микроводорослей в эупсаммоне, чем в гидросаммоне (Czernas, 2001).

В сухом поверхностном песке ст. 2, 3 двух пляжей содержится наибольшее количество покоящихся спор микроводорослей. Кроме того, на ст. 2 зарегистрировано наибольшее количество проростков водорослей-макрофитов (соответственно и спор). Обнаружены проростки макрофитов, выросших из песка пляжа Ланжерон. В песке Лузанов-

ки проростки макрофитов не были зарегистрированы, что, вероятно, связано с отсутствием в этом районе их биотопа — каменистого субстрата. Из сухого поверхностного и влажного нижележащего слоя песка из спор проросли только зеленые водоросли *Chaetomorpha* sp., *Cladophora* sp., *Enteromorpha* sp., *Stigeoclonium* sp., *Ulotrix* sp. Проростки макрофитов достигали в длину всего около 400–500 мкм, вероятно, из-за произрастания в ограниченном объеме воды.

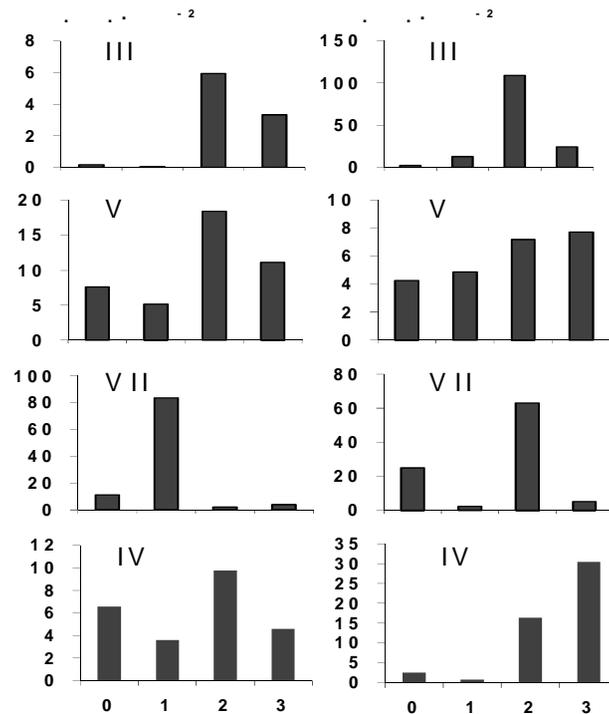


Рис. 7. Распределение микроводорослей песка, экспонированных в воде, отобранной на верхней сублиторали в 2008–2009 гг.

Выводы

1. При непосредственном просмотре проб влажного песка с глубины залегания поровых вод (30–50 см) во все месяцы на обоих пляжах постоянно встречались микроводоросли *Cylindrotheca closterium* и *Monoraphidium arcuatum*.

2. В результате проращивания в составе микроводорослей исследуемых песчаных пляжей обнаружено 97 видов: 84 — диатомовых, 8 — зеленых, 3 — синезеленых, 1 — динофитовых и 1 вид криптофитовых водорослей.

3. Сходство видового состава микроводорослей интерстициали естественного и искусственно намывных пляжей составило 66,2 % (по индексу Сьёрренсена).

4. Из сухого поверхностного и влажного песка на уровне водоносного горизонта (пляж Ланжерон) проросли из спор зеленые водоросли-макрофиты: *Chaetomorpha* sp., *Cladophora* sp., *Enteromorpha* sp., *Stigeoclonium* sp., *Ulothrix* sp. Наибольшее количество проростков макрофитов отмечено в сухом поверхностном песке в 10 м от уреза воды.

5. В поверхностном сухом песке, по сравнению с песком на уровне водоносного горизонта, обнаружено большее число видов микроводорослей, что, возможно, связано с выеданием микро- и мейобентосом.

6. Количественное развитие микроводорослей 5–10-сантиметрового слоя влажного песка было в несколько раз выше, чем сухого поверхностного.

7. Максимальное количественное развитие микроводорослей наблюдалось в песке, отобранном в 10, 15 м от линии уреза воды в сторону берега.

8. Обнаружено стимулирующее влияние поровой воды на развитие микроводорослей исследуемых пляжей как супралиторали, так и верхней сублиторали, что связано с повышенным содержанием биогенных веществ (на 1–2 порядка), по сравнению с морской водой. Такая тенденция сохранялась во все месяцы на обоих пляжах.

Воробьева Л.В., Зайцев Ю.П., Кулакова И.И. Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Чёрного моря. — Киев: Наук. думка, 1992. — 144 с.

Герасимюк В.П., Кирилина А.Е. *Vacillariophyta* интерстициали Одесского залива Чёрного моря // Альгология. — 2001. — **11**, № 3. — С. 360–370.

Герасимюк В.П., Тарасова О.О. Водоросли псаммона Одесских пляжей // Вестн. Одес. гос. ун-та. — 2000. — **5**, вып. 1. — С. 122–127.

Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. — Л.: Наука, 1969. — 228 с.

Гуляков Н.Е., Ковтун О.А. Водоросли мезофитопсаммона Чёрного моря // Вестн. Одес. гос. ун-та. — 2000. — **5**, вып. 1. — С. 129–134.

Диатомовые водоросли СССР. — Л.: Наука, 1974. — Т. 1. — 116 с.

Зайцев Ю.П. Сообщество микроорганизмов поровых вод песчаных пляжей Черного моря. Факты и гипотезы // Микробиол. і біотехнол. — 2008. — № 2. — С. 8–19.

Козицкая В.Н., Сиренко Л.А. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. — К.: Наук. думка, 1988. — 256 с.

Нестерова Д.А. «Цветение» воды в северо-западной части Черного моря (Обзор) // Альгология. — 2001. — **11**, № 4. — С. 502–513.

Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. — 2000. — **10**, № 4. — 309 с.

Руководство по химическому анализу морских вод: руководящий документ. — СПб.: Гидрометиздат, 1993. — 264 с.

Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство. — М.: Агропромиздат, 1991. — 222 с.

Шишкина Л.А. Гидрохимия. — Л.: Гидрометиздат, 1974. — 287 с.

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 1. *Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta* / Eds.: P. Tsarenko, S. Wasser & E. Nevo. – Rugell: Gantner Verlag, 2006. – 713 p.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 2. *Bacillariophyta* / Eds.: P. Tsarenko, S. Wasser & E. Nevo. – Rugell: Gantner Verlag, 2009. – 413 p.
- Czernas K. Productivity of the psammic algal communities in the near-shore zone of the mesotrophic lake Piaseczno (Eastern Poland) // *Water Qual. Res. J.* – 2001. – **36**, N 3. – P. 537–564.
- Gunkel G., Hoffmann A. Clogging processes in bank filtration system in the littoral zone of Lake Tegel (Germany) // *Aquifer recharge*. 5th Intern. Symp. (10–16 June 2005, Berlin). – P. 599–604.
- Kotwicki L., Danielewicz J., Turzynski M., Weslawski J.M. Preliminary studies on the organic matter deposition and particle filtration processes in a sandy beach in So pot – southern Baltic Sea (Poland) // *Ocean. Stud.* – 2002. – **31**, N 3/4. – P. 71–84.
- McLachlan A., McGwynne L. Do sandy beaches accumulate nitrogen? // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* – 1986. – **34**. – P. 191–195.
- McLachlan A., Turner I. The interstitial environment of sandy beaches // *Ibid.* – 1994. – **15**, N 3. – P. 177–211.
- Ram A., Zingde M.D. Interstitial water chemistry and nutrients fluxes from tropical intertidal sediments // *Ind. J. Mar. Sci.* – 2000. – **29**. – P. 310–318.
- Rogerson A., Estiobu N., McCorquodale D. Prevalence and Survival of Microorganisms in Shoreline Interstitial Waters: A Search for Indicators of Health Risks / Final Rep. 2003. <http://cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/1009/report/F>
- Speybroeck I., Bonte D. Beach nourishment: an ecology sound coastal defence alternative? A review / *Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst.* – 2006. – **16**. – P. 419–435.

Получена 25.06.10

Рекомендовал к печати П.М. Царенко

O.P. Garkusha, B.G. Aleksandrov, A.Yu. Goncharov

Odessa Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas,
National Academy of Sciences of Ukraine,
37, Pushkinskaya St., 65125 Odessa, Ukraine

ALGAE OF SUPRALITTORAL OF SANDY BEACHES OF THE BLACK SEA COAST IN ODESSA (UKRAINE)

The features of the spatial distribution of interstitial microalgae from natural and artificial beaches have been studied. Set to high level of similarity in species composition, and almost the same numbers of algae were determined on the beaches. It was found that microalgae on a sandy beach are distributed unevenly, depending on the horizon of sand and distance from the water toward the land. The stimulating effect of the pore (interstitial) water on the growth of psammon microalgae has been shown.

Key words: interstitial zone, microalgae, resting spores, sandy beaches, Black Sea.