

УДК 528.26 (262.5)

А.Б. ЗОТОВ

Одесский филиал Ин-та биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины,
Украина, 65011 Одесса, ул. Пушкинская, 37

ХАРАКТЕРИСТИКА УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ОТДЕЛОВ ФИТОПЛАНКТОНА ОДЕССКОГО РЕГИОНА (УКРАИНА)

Приведены значения удельной поверхности (S/W)_н популяций 88 наиболее массовых видов планктонных водорослей, обнаруженных в водоемах Одесского региона, относящихся к четырем таксономическим отделам *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cyanophyta* и *Chlorophyta*. Указан уровень точности ее определения. Проанализирована изменчивость данного показателя на протяжении годового цикла.

Ключевые слова: фитопланктон, удельная поверхность, популяция, таксономический отдел.

Введение

Удельная поверхность является одним из ключевых показателей морфофункциональных параметров водных растений и характеризует количественную взаимосвязь между структурой и функцией организмов, использующих поверхность в качестве биогеохимического контура трансформации вещества.

Для морских макрофитов связь интенсивности фотосинтеза с величиной удельной поверхности впервые была обнаружена у цистозиры, а затем и у других видов многоклеточных водорослей (Хайлов, Парчевский, 1983; Хайлов и др., 1992). В ряде работ показана зависимость содержания хлорофилла, интенсивности фотосинтеза и роста различных видов морских многоклеточных водорослей от величины удельной поверхности (Миничева, 1989, 1991; Хайлов и др., 1992). Установлено, что закономерности, обнаруженные для многоклеточных структур, применимы также к клеткам фитопланктона (Хайлов и др., 1992). Исследования, проведенные с использованием показателя удельной поверхности одноклеточных водорослей, позволили сделать вывод о важном физиологическом значении данного параметра, выявить его связь с формой клетки (Soupiria, 1982). Показатель удельной поверхности использовался в работе Д.А. Нестеровой (1981). В опытах на чистых культурах планктонных водорослей была показана зависимость скорости роста разноразмерных популяций одноклеточных водорослей от удельной поверхности (Никонова, 1996). Таким образом, показатель удельной поверхности фитопланктона можно рассматривать в качестве морфологического параметра, отражающего продукционные свойства различных видов водорослей.

Показатель удельной поверхности таксономического отдела характеризует продукционную активность одноклеточных водорослей принадлежащих одной систематической группе. Данный показатель является одним из комплекса морфофункциональных показателей одноклеточных и многоклеточных водорослей, которые используются при гидроэкологических исследованиях автотрофного звена водных экосистем (Миничева, Зотов, Косенко, 2003).

© А.Б. Зотов, 2005

Цель данной работы – дать характеристику удельной поверхности водорослей, принадлежащих к разным таксономическим отделам и обитающих в планктоне северо-западных акваторий Черного моря и прилегающих водоемов (Одесский регион), а также проследить сезонную динамику данного показателя.

Материалы и методы

Отбор материала проводили в Тилигульском, Григорьевском, Сухом, Куяльницком, Шаболатском, Днестровском лиманах, озерах Сасык, Ялпуг, Алибей, Палиевском заливе, р. Дунай в период с января 1999 г. по январь 2002 г. Собрано и обработано 373 пробы фитопланктона.

В связи с запаздыванием в районе исследований гидрологических сезонов по отношению к календарным (Адобовский и др., 2000) были выделены следующие интервалы сезонных изменений среды в зависимости от температуры: от 0 до 5 °С (конец декабря – начало марта), от 5 до 15 °С (март – начало мая), от 15 до 20 °С (май – июль), более 20 °С (июль, август), от 20 до 15 °С (сентябрь, октябрь), от 15 до 5 °С (октябрь – начало декабря).

Первичные данные обрабатывали с использованием компьютерной программы «Альголог», разработанной в Одесском филиале Ин-та биологии южных морей НАН Украины. Помимо классических количественных показателей (численность, биомасса), программа позволяет автоматически рассчитывать комплекс морфофункциональных показателей фитопланктона (удельную поверхность групп одноразмерных клеток, популяции, таксономического отдела), а также ряд показателей, характеризующих суммарную поверхность сообществ фитопланктона (индекс поверхности популяции и фитоценоза).

Удельную поверхность клетки фитопланктона (S/W)_{кл} рассчитывали по следующей методике:

- 1.1 С помощью параметров линейных размеров клетки вычисляют значения объема ($V_{кл}$) и площади поверхности ($S_{кл}$) клетки.
- 1.2 На основании равенства ($V_{кл} \cdot \rho = W_{кл}$, где $\rho = 1$) соотносят поверхность клетки к ее массе: $(S/W)_{кл} (\text{мкм}^2 \cdot \text{мг}^{-1}) = S_{кл} / W_{кл} = S_{кл} / V_{кл}$.
- 1.3 Преобразование размерности удельной поверхности клетки в $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$:

$$(S/W)_{кл} (\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}) = S_{кл} / W_{кл} \cdot 1000.$$

Использование данной размерности позволяет сопоставлять значения S/W одноклеточных и многоклеточных водорослей.

Встреченные в пробе клетки одного вида с одинаковой формой и линейными размерами объединяли в группы одноразмерных клеток. Расчет их удельной поверхности $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ производили по следующей методике:

- 2.1 Выделить группу одноразмерных клеток в пробе фитопланктона.
- 2.2 Рассчитать удельную поверхность клетки, входящей в данную группу одноразмерных водорослей (см. 1.1-1.3).
- 2.3 Вычислить удельную поверхность группы одноразмерных клеток по формуле: $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}} = \left(\sum_{i=1}^n (S/W)_{кл} \right) / n = (S/W)_{\text{кл}}$,

где i – количество одноразмерных клеток одного вида в пробе фитопланктона.

Поскольку группы одномерных клеток выделяются при обработке пробы, а не при расчете удельной поверхности, значение $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ рассчитывали по методике, аналогичной расчету $(S/W)_{\text{кл}}$.

Значения показателя удельной поверхности популяций $(S/W)_n$ фитопланктона рассчитывали на основании совокупности всех значений $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ зафиксированных в составе популяции данного вида. Расчет проводили по следующей методике:

- 3.1 Сгруппировать значения $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ (см. 2.1-2.3), зафиксированные для исследуемого вида одноклеточных водорослей.
- 3.2 Рассчитать удельную поверхность популяции по формуле:

$$(S/W)_n = \left(\sum_{i=1}^n (S/W)_{\text{гр.одн.кл}} \right) / n,$$

где i – количество групп одномерных клеток, зафиксированных для данного вида фитопланктона.

Значения удельной поверхности таксономических отделов $(S/W)_t$ фитопланктона рассчитывали на основании совокупности всех значений $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ зафиксированных для видов, относящихся к данному таксономическому отделу. Расчет производили по следующей методике:

- 4.1 Сгруппировать значения $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$ (см. 2.1-2.3), зафиксированные для данного таксономического отдела фитопланктона.
- 4.2 Рассчитать удельную поверхность таксономического отдела по формуле:

$$(S/W)_{\text{то}} = \left(\sum_{i=1}^n (S/W)_{\text{гр.одн.кл}} \right) / n,$$

где i – количество групп одномерных клеток, составляющих данный таксономический отдел.

Значения $(S/W)_n$ были проанализированы для 365 видов и внутривидовых таксонов фитопланктона, встреченных в районе исследований. Было отобрано 88 популяций, относительная ошибка значения $(S/W)_n$ которых (C_s) не превышает 8%. Из 176 популяций *Bacillariophyta* данному уровню точности определения $(S/W)_n$ соответствует 47 популяций, из 69 популяций *Dinophyta* – 19, из 63 *Chlorophyta* – 10, из 38 популяций *Cyanophyta* – 12. Для кокколитофоридовых, желтозеленых, золотистых и эвгленовых определено 19 видов и разновидностей водорослей. Характеристики удельной поверхности для каждой из 88 популяций получены на основе выборки от 17 до 735 значений $(S/W)_{\text{гр.одн.кл}}$.

Показатель C_s рассчитывали по формуле $C_s = (M/x) \cdot 100$, где x – значение S/W популяции, M – ошибка репрезентативности (Лакин, 1990). Для характеристики значения удельной поверхности популяции использовали ошибку выборочной средней (m) и коэффициент вариации (C_v) (Лакин, 1990). Величину отношения максимального к минимальному значению удельной поверхности $(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$ использовали для характеристики изменчивости показателя удельной поверхности, в качестве показателя доминирования использовали индекс плотности Броккой-Зенкевича, рассчитанный по формуле: $K_{\text{плот}} = \sqrt{PB_o}$, где P – встречаемость вида, %, B_o – средняя биомасса с учетом всей выборки станций (Баканов, 1987).

Результаты и обсуждение

Характеристика удельной поверхности популяций из разных отделов водорослей. Наибольший вклад в видовое разнообразие и количественные показатели развития сообществ фитопланктона в районе исследований внесли представители четырех таксономических отделов: *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cyanophyta* и *Chlorophyta*. Количественная характеристика удельной поверхности разно-размерных популяций данных отделов представлена по мере возрастания удельной поверхности таксономических отделов фитопланктона.

Величина удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) разноразмерных популяций динофитовых водорослей Одесского региона представлена в табл. 1. Минимальное значение показателя $(S/W)_{\text{н}}$ ($157,05 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) отмечено у *Gymnodinium sanguineum*, максимальное – у *Girodinium fusiforme* – $684,46 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Среднее значение $(S/W)_{\text{п}}$ для выборки видов, приведенной в табл. 1, составило $330,9 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Для *Girodinium fusiforme* зафиксирована максимальная внутривидовая изменчивость показателя удельной поверхности (11,29) и наибольшее значение коэффициента вариальности (0,41). Наименьшие значения $(S/W)_{\text{макс}}/(S/W)_{\text{мин}}$ (1,12) и коэффициента вариальности (0,03) отмечены у *Ceratium fusus*. Среднее для динофитовых водорослей значение C_v составило 0,27.

Таблица 1. Характеристика удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) популяций *Dinophyta* Одесского залива и прилегающих водоемов

Таксон	$(S/W)_{\text{мин}}$	$(S/W)_{\text{макс}}$	$(S/W)_{\text{п}}$	+/-m	$(S/W)_{\text{макс}}/(S/W)_{\text{мин}}$	C_v
<i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka	87,43	379,71	157,05	6,44	4,34	0,39
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein	142,60	201,24	172,67	6,02	1,41	0,09
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostf.) Balech	127,16	357,15	211,44	19,64	2,81	0,33
<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Clap. et Lacym.	145,82	349,75	212,37	11,72	2,40	0,25
<i>Gymnodinium coronatum</i> Wolosz.	181,99	305,14	230,08	11,64	1,68	0,17
<i>Dinophysis cassubica</i> Wolosz.	177,79	301,93	233,42	14,86	1,70	0,18
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	110,69	363,98	241,48	17,92	3,29	0,33
<i>Gymnodinium</i> sp.	116,73	526,32	262,38	18,78	4,51	0,39
<i>Diplipsalis lenticula</i> (Bergh.) Schill.	113,01	535,71	274,69	11,62	4,74	0,34
<i>Glenodinium pulvisculus</i> (Ehr.) Stein	181,99	357,14	275,20	13,84	1,96	0,21
<i>Prorocentrum micans</i> Ehr.	174,91	650,68	290,35	9,30	3,73	0,27
<i>Gymnodinium najadeum</i> Schill.	149,62	550,11	286,50	17,83	3,68	0,32
<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Duj.	275,11	307,33	291,01	3,02	1,12	0,03
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	149,40	838,53	386,00	22,01	5,61	0,40
<i>Prorocentrum compressum</i> (Ostf.) Abe	180,56	558,05	394,92	15,30	3,09	0,23
<i>P. cordata</i> (Ostf.) Dodge.)	296,32	798,28	469,06	34,88	2,69	0,28
<i>Gymnodinium wulffii</i> Schill.	251,99	1010,30	576,54	42,27	4,01	0,37
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lochm.) Loeblich	332,47	1072,52	642,60	19,15	3,23	0,20
<i>Girodinium fusiforme</i> Kof. et Sw.	111,80	1262,64	684,46	57,77	11,29	0,41

В табл. 2 даны значения удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) разноразмерных популяций *Bacillariophyta*. У этих водорослей разница между максимальным и минимальным значениями показателя $(S/W)_n$ колеблется от 3926,57 $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Nitzschia tenuirostris*) до 312,09 $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Amphora hyalina*). Для выборки видов, приведенных в табл. 2, среднее значение $(S/W)_n$ составило 990,78 $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$.

Максимальное значение $(S/W)_{\text{макс}}/(S/W)_{\text{мин}}$ зафиксировано для *Cerataulina pelagica* (21,42), минимальное – у *Grammatophora marina* (1,33). Для видов *Cyclotella ocellata* и *Cylindrotheca closterium* отмечено наибольшее значение коэффициента вариальности (0,46); для *Grammatophora marina* – наименьшее (0,08). Среднее значение C_v для *Bacillariophyta* составило 0,30.

Таблица 2. Характеристика удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) популяций *Bacillariophyta* Одесского залива и прилегающих водоемов

Таксон	$(S/W)_{\text{мин}}$	$(S/W)_{\text{макс}}$	$(S/W)_n$	+/-m	$(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$	C_v
1	2	3	4	5	6	7
<i>Amphora hyalina</i> Kütz.	170,96	592,75	312,09	15,70	3,47	0,31
<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sandstrom	139,56	738,41	362,15	12,59	5,29	0,39
<i>Amphiprora paludosa</i> W. Sm.	145,47	549,08	392,85	24,32	3,77	0,30
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Pr.-Lavr.	236,17	933,40	443,70	32,93	3,95	0,36
<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon.	246,99	1361,90	482,58	26,74	5,51	0,40
<i>Licmophora paradoxa</i> Ag.	326,16	726,78	494,44	26,11	2,23	0,22
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.	258,43	901,13	507,21	23,06	3,49	0,29
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cl.) Hendey	65,97	1413,33	510,16	15,68	21,42	0,43
<i>Amphora coffeaeformis</i> Ag.	285,06	1591,97	530,17	38,85	5,58	0,44
<i>Achnanthes brevipes</i> Ag.	299,41	1217,70	551,59	38,01	4,07	0,37
<i>Gyrosigma spenseri</i> (W. Sm.) Cl.	300,43	793,67	557,59	25,72	2,64	0,18
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehr.) Grun.	303,81	1358,95	572,52	35,11	4,47	0,45
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	352,94	1023,81	611,55	32,21	2,90	0,26
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz.	530,33	706,73	621,08	16,65	1,33	0,08
<i>Navicula cancellata</i> Donk.	323,93	1281,71	644,77	36,63	3,96	0,34
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw.	398,10	1114,29	727,50	38,52	2,80	0,28
<i>Navicula pennata</i> A.S. var. <i>pontica</i> Mer.	277,81	1398,88	732,72	17,57	5,04	0,34
<i>Synedra curvata</i> Pr.-Lavr.	412,80	1200,25	733,95	44,44	2,91	0,27
<i>Thalassiosira parva</i> Pr.-Lavr.	299,47	2000,00	749,24	43,16	6,68	0,44
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostf.	447,25	1102,79	782,34	27,41	2,47	0,24
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr. var. <i>parva</i> Grun.	422,12	1315,54	793,18	35,89	3,12	0,29
<i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Kütz.	427,30	1200,25	834,82	38,22	2,81	0,28
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	495,12	1265,32	852,01	45,94	2,56	0,27
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmel.	374,06	1470,59	873,80	16,24	3,93	0,27
<i>Thalassiosira</i> sp.	388,89	1483,52	874,11	38,92	3,81	0,32
<i>Amphipleura rutilans</i> (Trentep.) Cl.	560,32	1351,03	876,75	21,40	2,41	0,21
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	585,69	1166,77	888,24	37,43	1,99	0,15

окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	352,00	2000,00	931,44	69,17	5,68	0,43
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.	357,14	2000,00	937,12	49,22	5,60	0,39
<i>Chaetoceros similis</i> f. <i>solitarius</i> Pr.-Lavr.	602,69	1154,25	947,27	30,12	1,92	0,15
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	519,61	1199,45	957,10	27,51	2,31	0,17
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.	480,95	1475,01	968,36	34,49	3,07	0,24
<i>Cyclotella ocellata</i> Pant.	523,81	2142,86	971,85	68,25	4,09	0,46
<i>Synedra tabulata</i> (Ag.) Kütz.	244,53	1562,07	1008,54	66,68	6,39	0,36
<i>Licophora dalmatica</i> (Kütz.) Grun.	654,69	1256,56	1012,34	62,05	1,92	0,21
<i>Chaetoceros socialis</i> Pr.-Lavr.	327,46	1781,67	1029,76	62,08	5,44	0,35
<i>Synedra tabulata</i> (Ag.) Kütz. var. <i>parva</i> (Kütz.) Grun.	495,49	1905,68	1062,52	61,48	3,85	0,31
<i>Cyclotella operculata</i> (Ag.) Kütz.	714,29	2047,62	1166,59	59,29	2,87	0,25
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	736,84	2058,82	1343,04	23,00	2,79	0,17
<i>Scletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	444,44	5000,00	1416,71	34,94	11,25	0,42
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	1125,53	2974,79	1737,32	99,04	2,64	0,23
<i>Synedra acus</i> (Kütz.) var. <i>radians</i> (Kütz.) Hust.	1173,33	2388,58	1750,00	99,21	2,04	0,20
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> Cl. Heiden	959,05	3871,66	1758,28	68,83	4,04	0,30
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran.	800,00	2000,00	1794,68	107,09	2,50	0,31
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reiman et Lewin	588,04	5094,56	2209,11	109,39	8,66	0,46
<i>Nitzschia reversa</i> W. Sm.	859,85	4562,24	2325,12	128,21	5,31	0,39
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	1445,55	8951,13	3926,57	232,21	6,19	0,35

Таблица 3. Характеристика удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) популяций *Chlorophyta* Одесского залива и прилегающих водоемов

Таксон	(S/W) _{мин}	(S/W) _{макс}	(S/W) _п	+/-m	(S/W) _{макс} / (S/W) _{мин}	C _v
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chod.	316,50	972,61	500,53	46,17	3,07	0,35
<i>Oocystis borgei</i> Snow	466,42	1210,25	709,53	58,41	2,59	0,31
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	282,35	1600,00	720,82	38,71	5,67	0,39
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.	419,08	2058,55	1148,61	101,30	4,91	0,38
<i>Micractinium crassisetum</i> Hortob.	967,74	2000,00	1270,14	111,86	2,07	0,32
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. et Legn.	1006,15	3115,89	2037,21	42,47	3,10	0,19
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Pr.-Lavr.	1017,16	2910,17	2375,41	126,39	2,86	0,18
<i>Schroederia setigera</i> (Schrod.) Lemm.	2159,53	3083,86	2617,48	230,53	1,43	0,18
<i>Hyaloraphidium contortum</i> Pasch. et Karsch.	2101,62	3059,41	2759,34	185,89	1,46	0,15
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Legn.	1072,29	6004,80	2808,52	166,24	5,60	0,39

Значения средней удельной поверхности разноразмерных популяций *Chlorophyta* Одесского региона варьируют от $500,53 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Scenedesmus*

acuminatus) до $2808,52 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Monoraphidium griffithii*) (табл. 3). Для выборки видов среднее значение $(S/W)_{\text{н}}$ составляет $1694,8 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Вид *M. griffithii* характеризуется наибольшей внутрипопуляционной изменчивостью удельной поверхности — 5,60. Наименьшее значение $(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$ отмечено для *Schroederia setigera* (1,43).

Максимальное значение коэффициента вариабельности (C_v) для *Chlorophyta* в районе исследований (0,39) зафиксировано у *Scenedesmus quadricauda* и *Monoraphidium griffithii*, минимальное (0,15) — у *Hyaloraphidium contortum*. Среднее значение коэффициента вариабельности для представителей *Chlorophyta* составляет 0,28.

В табл. 4 приведены значения удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) разномасштабных популяций *Cyanophyta* Одесского региона. Значения показателя $(S/W)_{\text{н}}$ водорослей варьируют от $845,01 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Anabaena subcylindrica*) до $5804,40 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (*Merismopedia minima*). Для выборки видов среднее значение $S/W_{\text{н}}$ составляло $2038,5 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$.

Максимальная внутрипопуляционная изменчивость показателя удельной поверхности $(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$ — 3,57 отмечена для видов *Oscillatoria* sp. и *Merismopedia punctata*. Минимальное значение $(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$ у *Microcystis* sp. — 1,04.

Наибольшее значение коэффициента вариабельности в районе исследований зафиксировано у *Gomphosphaeria lacustris* (0,33), наименьшее C_v (0,01) — у *Microcystis* sp. Среднее значение C_v для исследованных видов — 0,23.

Таблица 4. Характеристика удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) популяций *Cyanophyta* Одесского залива и прилегающих водоемов

Таксон	$(S/W)_{\text{мин}}$	$(S/W)_{\text{макс}}$	$(S/W)_{\text{н}}$	+/-m	$(S/W)_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{мин}}$	C_v
<i>Anabaena subcylindrica</i> Borge	625,00	1000,00	845,01	52,55	1,60	0,15
<i>Microcystis</i> sp.	1034,48	1071,43	1046,69	6,72	1,04	0,01
<i>Microcystis marginata</i> (Menegh.) Kütz.	983,61	1333,33	1113,64	49,06	1,36	0,13
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	907,86	2142,86	1122,52	61,46	2,36	0,27
<i>Gloeocapsa cohaerens</i> (Bréb.) Hollerb.	921,60	2142,86	1581,76	120,11	2,33	0,27
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> (Ussaczew) Pr.-Lavr.	1250,00	2222,22	1601,36	117,00	1,78	0,22
<i>Oscillatoria</i> sp.	800,00	2857,14	1667,15	67,47	3,57	0,31
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	1141,80	3628,26	1917,56	135,99	3,18	0,33
<i>Oscillatoria geminata</i> Menegh.	1333,33	2857,14	2229,15	82,86	2,14	0,23
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	1200,00	4285,71	2698,11	102,11	3,57	0,24
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West.	1864,63	5102,95	2835,18	114,66	2,74	0,29
<i>Merismopedia minima</i> G. Beck	3000,00	10000,00	5804,40	284,32	3,33	0,28

Изменчивость удельной поверхности популяций одноклеточных водорослей из разных отделов. В соответствии с увеличением значения удельной поверхности исследуемые таксономические отделы можно расположить в следующем порядке: *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta* (табл. 5).

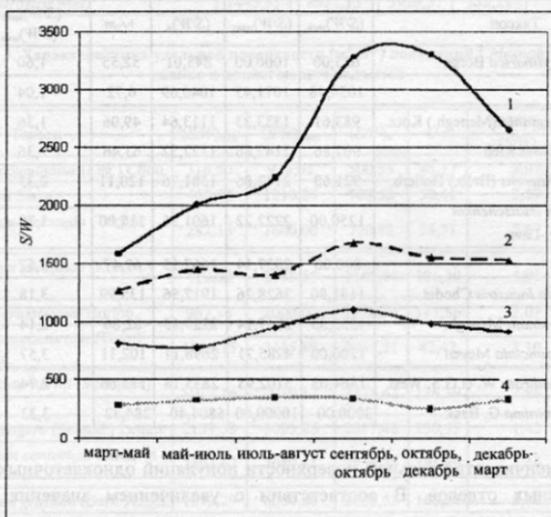
Анализ изменчивости удельной поверхности фитопланктона показал, что величина внутрипопуляционной изменчивости удельной поверхности клеток

фитопланктона прямо пропорционально связана с величиной индекса плотности Брочкой-Зенкевича ($K_{\text{плот}}$), характеризующего уровень доминирования популяции (Миничева, Зотов, 2003). Аналогичная прямая зависимость между показателем изменчивости S/W и $K_{\text{плот}}$ наблюдается и для систематических отделов фитопланктона. Доминирующее положение *Bacillariophyta* в фитопланктонном сообществе исследуемого района ($K_{\text{плот}} = 245$) определяется наиболее высокой изменчивостью S/W данного отдела (149,88). Соответственно, *Chlorophyta*, характеризующиеся минимальными значениями показателя доминирования (54), имеют минимальное значение внутритаксономической изменчивости удельной поверхности (24,3).

Таблица 5. Характеристика удельной поверхности ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) популяций из разных таксономических отделов водорослей планктона Одесского залива и прилегающих водоемов

Таксон	$(S/W)_{\text{мин}}$	$(S/W)_{\text{макс}}$	$(S/W)_{\text{ср}}$	+/-m	$(S/W)_{\text{макс}}/(S/W)_{\text{мин}}$	$K_{\text{плот}}$
<i>Dinophyta</i>	41,64	1262,64	316,38	6,93	30,32	138
<i>Bacillariophyta</i>	59,72	8951,13	944,04	12,05	149,88	254
<i>Chlorophyta</i>	247,02	6004,8	1519,59	46,26	24,30	54
<i>Cyanophyta</i>	281,69	12000,0	2552,79	89,13	42,60	192

Таким образом, величина изменчивости удельной поверхности одноклеточных водорослей различной систематической принадлежности отражает возможность использования максимального разнообразия условий среды, что проявляется в их доминировании.



Сезонная динамика удельной поверхности популяций ($\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) *Cyanophyta* (1), *Chlorophyta* (2), *Bacillariophyta* (3) и *Dinophyta* (4) Одесского региона.

Среднесезонные значения удельной поверхности различных отделов водорослей на протяжении всего годового цикла возрастают в той же последовательности, что и значения $(S/W)_{\text{то}}$ (см. рисунок).

Анализ среднесезонных значений удельной поверхности для различных таксономических отделов показал, что размах сезонной динамики данных показателей прямо пропорционально связан с абсолютным значением величины $(S/W)_{\text{то}}$, характеризующей ту или иную систематическую группу. Так, например, *Cyanophyta*, имеющие максимальные значения удельной поверхности, характеризуются также наиболее высокой гетерогенностью сезонной динамики значений $(S/W)_{\text{то}}$ (см. рисунок). В целом внутритаксономическая изменчивость среднесезонных значений $(S/W)_{\text{то}}$ $(S/W)_{\text{ср.сез}}_{\text{макс}} / (S/W)_{\text{ср.сез}}_{\text{мин}}$ на протяжении годового цикла значительно отличается для различных отделов фитопланктона. Значения данного показателя возрастают от 0,7 у *Dinophyta* до 2,0 у *Cyanophyta*. Для *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* значения данного показателя, соответственно, 1,3 и 1,4. Таким образом, по мере возрастания величины $(S/W)_{\text{то}}$ увеличивается изменчивость среднесезонных значений данного показателя.

Заключение

В соответствии с возрастанием значения $(S/W)_{\text{то}}$ популяций планктонных водорослей отделы располагаются в следующем порядке: *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* и *Cyanophyta*. Наименьшей изменчивостью удельной поверхности в районе исследований характеризуются популяции *Chlorophyta*, наибольшей – *Bacillariophyta*. Промежуточное положение занимают *Cyanophyta* и *Dinophyta*. Изменчивость удельной поверхности планктонных водорослей, относящихся к разным систематическим группам, прямо пропорционально связана со степенью их доминирования. С увеличением значений удельной поверхности таксономических отделов фитопланктона возрастают колебания их сезонной динамики.

A.B. Zotov

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas,
Odessa branch, National Academy of Sciences of Ukraine,
37, Pushkinskaya St., 270011 Odessa, Ukraine

DESCRIPTION OF SPECIFIC SURFACE OF PHYTOPLANKTON TAXONOMIC GROUPS FOR ODESSA REGION (UKRAINE)

The specific surface $(S/W)_{\text{то}}$ values of a population of 88 of the most mass species of plankton algae, discovered in water bodies in the Odessa coastal zone and related to four groups *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cyanophyta* and *Chlorophyta* are given. The specific surface $(S/W)_{\text{ср.сез}}$ values of four groups of unicellular algae and variability of this index during an annual cycle are analyzed.

Keywords: phytoplankton, populations, taxonomic groups.

- Адобовский В.В., Доценко С.А., Михайлечко Ю.Е. Особенности термохалинной изменчивости вод в прибрежной зоне Одесского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2000. – С. 127-132.
- Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в растительных сообществах. – Борок: Ин-т биологии внутр. вод АН СССР, 1987. – 63 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Миничева Г.Г. Показатели поверхности водорослей в структурно-функциональной оценке фитобентоса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1989. – 19 с.
- Миничева Г.Г. Связь морфологических и продукционных показателей у пластинчатой водоросли *Porphyra leucosticta* Thur. // Экол. моря. – 1991. – 37. – С. 45-49.
- Миничева Г.Г., Зотов А.Б. Особенности внутривидовой изменчивости удельной поверхности фитопланктона Одесского региона (Черное море) // Там же. – 2003. – 63. – С. 46-52.
- Миничева Г.Г., Зотов А.Б., Косенко М.Н. Методические рекомендации по определению морфо-функциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности // ГЭФ ПРООН Проект по восстановлению экосистемы Черного моря. – Одесса, 2003. – 31 с.
- Нестерова Д.А. О массовом развитии *Cerataulina bergonii* Perag. в северо-западной части Черного моря // Гидробиол. журн. – 1981. – 17, вып. 6. – С. 22-26.
- Никонова С.Е. Удельная поверхность культур одноклеточных водорослей как характеристика их функциональной активности // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод. – Ярославль, 1996. – С. 158-159.
- Хайлов К.М., Парчевский В.П. Иерархическая регуляция структуры и функции морских растений. – Киев: Наук. думка, 1983. – 253 с.
- Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.
- Sournia A. Form and function in marine phytoplankton // Biol. Rev. – 1982. – 57, pt 3. – P. 347-392.

Получена 29.12.02

Подписала в печать Л.А. Сиренко