



УДК 574.63:504.05

СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВА МИКРОФИТОБЕНТОСА ОДЕССКОГО ПРИБРЕЖЬЯ В РАЙОНАХ С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ¹

А.В. Рачинская

Украинский научный центр
экологии моря,

Украина, 65009,
г. Одесса, Французский бульвар, 89
E-mail: aleksandra.rachi@mail.ru

Произведена биоиндикация качества морской среды различных по антропогенной нагрузке районов одесского побережья по динамике таксономических и количественных показателей, а также по соотношению экологических групп в видовом составе водорослей микрофитобентоса. Показано, что в районах, испытывающих интенсивную антропогенную нагрузку, наблюдаются более высокие таксономические и количественные показатели развития сообщества водорослей микрофитобентоса. Здесь также отмечено наибольшее количество сапробионтных видов, в частности, α-мезосапробов.

Ключевые слова: микрофитобентос, биоиндикация, одесское побережье, антропогенная нагрузка, сапробионтные виды.

Введение

Как известно [1], состояние микрофитобентоса отражает качество окружающей среды. Подавляющее большинство видового состава бентосных микроводорослей составляют диатомовые. Они имеют малые размеры и короткий жизненный цикл, потому быстро реагируют на изменения экологического состояния среды их обитания [2]. По систематическим, количественным и морфологическим показателям, а также сапробионности ведущих видов этих водорослей судят о состоянии «здоровья» морской среды.

Наиболее эффективным методом оценки экологического состояния водоемов является биоиндикация, основанная на показателях степени трансформации структуры сообществ гидробионтов при изменении условий среды. При этом основными критериями оценки служат таксономический состав и показатели обилия гидробионтов [3].

В летний и осенний периоды 2009 г. нами была выполнена биоиндикация качества прибрежных вод по систематическим и количественным показателям, а также сапробионному составу водорослей микрофитобентоса на акваториях Григорьевского лимана в районе причально-складского комплекса (ПСК), Одесского порта и в районе мыса Малый Фонтан (рис. 1). Район мыса Малый Фонтан был выбран как условно чистый, районы Григорьевского лимана и Одесского порта – как испытывающие большую антропогенную нагрузку.

Наряду с бетонными и гранитными субстратами диатомовые водоросли также заселяют внешнюю поверхность раковин моллюсков [5]. Однако работ по изучению микроводорослей обрастаний створок мидий очень мало [6, 7]. Практически не изучена индикаторная роль этого водорослевого сообщества. Пробы микрофитов отбирались нами с поверхности створок мидий.

Мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. размером от 36 до 69 мм собирали на глубине 1.5–2.0 м с вертикальных поверхностей причальных и берегозащитных сооружений. Всего было исследовано 37 экз. моллюсков. Обрастания счищались с обеих створок раковины мидии и смывались морской водой, взятой из мест обитания моллюсков (рис. 2). Площадь поверхности раковин мидий определяли по формуле

$S = 0.956 \times L^{2.085}$, где L – максимальная длина моллюска в сантиметрах [5, 6]. Микроскопическую обработку проб и статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам [8, 9].

¹ Работа выполнена на основе доклада, представленного на XI Международной научно-практической экологической конференции «Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы их диагностики» (20–25 сентября 2010 г.).



Летом температура воды в районе мыса Малый Фонтан составила 26°C , в районах Одесского порта и Григорьевского лимана – 27°C . Соленость воды в районе мыса Малый Фонтан была 12.42‰. В районах Одесского порта и Григорьевского лимана она была несколько ниже: соответственно 10.51 и 10.97‰. Осенью температура воды понизилась: в районе мыса Малый Фонтан – до 21°C , в районах Одесского порта и Григорьевского лимана – соответственно до 20°C и 18°C . Соленость воды по сравнению с летом возросла до 14.53–14.99‰. Наименьшей она была в районе Одесского порта, наибольшей – в Григорьевском лимане. Это также отразилось на систематических и количественных показателях структуры сообщества микрофитобентоса.



Рис. 1. Пункты отбора проб микрофитобентоса одесского побережья в летне-осенний период 2009 г. [4]

В исследованных районах отмечено 39 видов диатомовых водорослей, 16 сине-зеленых, 17 динофитовых, 3 вида зеленых, по 1 виду эвгленовых и золотистых водорослей. Чаще всего встречались сине-зеленые водоросли *Entophysalis granulosa*, *Lyngbya confervoides*, *Phormidium fragile*, *Spirulina tenuissima*, *Microcystis* sp., золотистая *Emiliania huxleyi*, диатомовые *Amphora proteus*, *Caloneis liber*, *Cocconeis scutellum* var. *parva*, *C. scutellum* var. *scutellum*, *Navicula pennata* var. *pontica*, *N. peregrina* var. *peregrina*, *N. ramosissima*, *Tabularia fasciculata*.



Рис. 2. Черноморские мидии (*M. galloprovincialis*) с обрастаниями из района мыса Малый Фонтан. Оригинальное фото 23.10.09

Видовой состав и биомассу водорослей микрофитобентоса на поверхности мидийных створок формировали преимущественно диатомовые водоросли, а численность – сине-зеленые. На акваториях Одесского порта и Григорьевского лимана интенсивно развивались также динофитовые водоросли (рис. 3).

Обнаружены существенные различия в структуре сообщества микрофитобентоса из разных исследованных районов. Так, меньше всего видов водорослей было в районе мыса Малый Фонтан (летом и осенью по 29 видов), больше всего – летом в районах Одесского порта и Григорьевского

лимана (соответственно 45 и 46 видов). Среди них преобладали диатомовые – по 26 видов в районах порта и Григорьевского лимана летом.

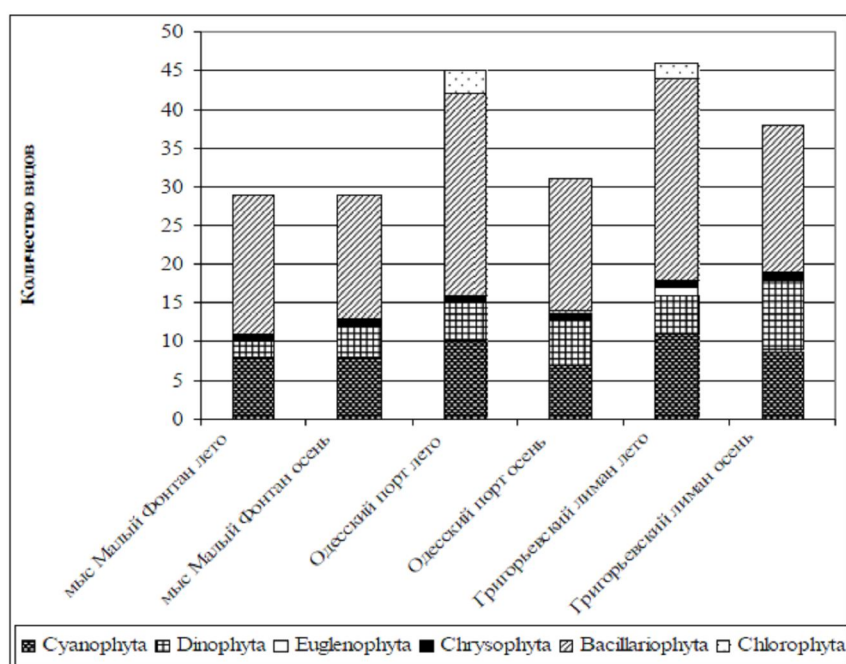


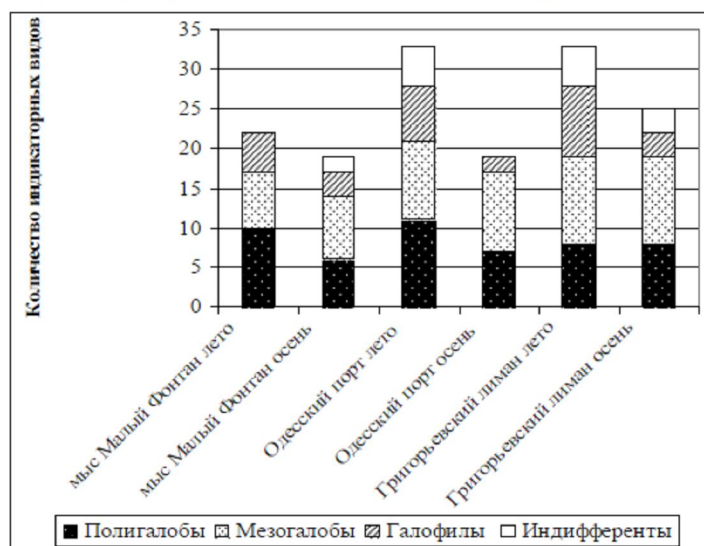
Рис. 3. Количество видов водорослей микрофитобентоса одесского побережья в летне-осенний период 2009 г.

По отношению к местообитанию 43.8% обнаруженных видов являются планктонными формами, что может быть связано с постоянным притоком воды, возникающим при фильтрационной работе мидий. Это, в основном, сине-зеленые, динофитовые, эвгленовые, золотистые и зеленые водоросли, оседающие на створках мидий в



ходе фильтрации ими воды. Планктонные диатомеи были представлены *Chaetoceros curvisetus*, *Cyclotella caspia* и *Pseudonitzschia delicatissima*. Часто встречались и виды, характерные для обрастаний – 34.2%. Это, главным образом, диатомовые водоросли родов *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Diatoma*, *Melosira*, *Tabularia* и сине-зеленые родов *Calothrix*, *Lyngbya*, *Phormidium*. Меньше было донных форм – почти 22%. Это в основном диатомеи родов *Navicula* и *Nitzschia*.

По отношению к солености обнаруженные виды водорослей в основном являются поли- и мезогалолами – по 31.3%. К полигалолам относятся диатомовые водоросли родов *Achnanthes*, *Licmophora*, *Pleurosigma*, к мезогалолам – диатомовые водоросли *Cylindrotheca closterium*, *Tabularia fasciculata*, виды рода *Melosira* и сине-зеленые *Lyngbya confervoides*. В значительном количестве встречались также олигогалолюбные формы. Это галофилы и индифференты – соответственно 20.8 и 16.6%. К галофилам принадлежат *Cyclotella caspia*, *Navicula cryptocephala*, *Rhoicosphenia abbreviata* и виды рода *Diatoma*. Индифферентами являются сине-зеленые водоросли родов *Anabaena*, *Gleocapsa* и *Merismopedia*, диатомовые *Nitzschia amphibia*, а также зеленые *Monoraphidium arcuatum* и *Scenedesmus acuminatus*. Полигалолам было меньше всего осенью в районе мыса Малый Фонтан (6 видов), больше всего – летом в районах мыса Малый Фонтан и Одесского порта (соответственно 10 и 11 видов). Меньше всего мезогалолам летом и осенью было в районе мыса Малый Фонтан (7-8 видов), больше всего – в районах порта и Григорьевского лимана (по 11 видов). Галофилов было меньше всего осенью на акватории порта – 2 вида, больше всего – летом в Григорьевском лимане – 9 видов. Индифференты отмечались в основном летом в районах порта и Григорьевского лимана – по 5 видов (рис. 4).



Летом в районах мыса Малый Фонтан и Одесского порта преобладали полигалолабы, в районе Григорьевского лимана – мезогалолабы. Осенью на всех станциях преобладали мезогалолабы и произошло уменьшение количества галофилов и индифферентов по сравнению с летним периодом. Такое соотношение экологических групп микроводорослей соответствует пониженной солености, отмеченной в летний период.

Рис. 4. Галобионтный состав водорослей микрофитобентоса одесского побережья в летне-осенний период 2009 г.

Индикаторами органического загрязнения морской среды являются 34 обнаруженных вида микрофитобентоса. В основном это β -мезосапробы (70.6%) – индикаторы умеренного загрязнения. Это, например, сине-зеленые водоросли родов *Anabaena* и *Merismopedia*, динофитовые *Prorocentrum micans*, диатомовые *Rhoicosphenia abbreviata*, *Stauroneis constricta* и виды родов *Achnanthes*, *Amphora*, *Cocconeis*, *Diatoma*, *Navicula*. Меньше было α -мезосапробов (20.6%) – индикаторов значительного органического загрязнения (*Tryblionella apiculata*, *Tabularia fasciculata* и виды рода *Melosira*).

Повсеместно преобладали β -мезосапробы (7-15 видов). Однако наибольшее количество α -мезосапробов отмечалось в районе Григорьевского лимана (по 5 видов –

летом и осенью), несколько меньше (3-4 вида) – в районе Одесского порта. Часто встречалась осевшая на поверхность створок планктонная динофитовая водоросль *Prorocentrum micans*, также характерная для эвтрофированных районов. Особенно много сапробионтов в районах Григорьевского лимана и Одесского порта было летом – соответственно 21 и 22 вида (рис. 5).

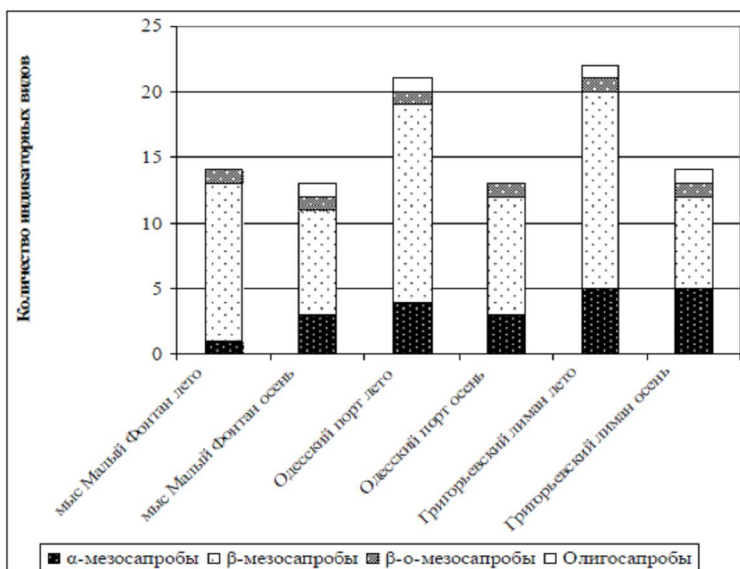


Рис. 5. Сапробионтный состав водорослей микрофитобентоса одесского побережья в летне-осенний период 2009 г.

В этих районах наблюдались более высокие систематические и количественные показатели развития сообщества водорослей микрофитобентоса. Здесь интенсивно развивались диатомовые водоросли, среди которых было много сапробионтов, в частности α-мезосапробов.

А в районе мыса Малый Фонтан в это время сапробионтов было всего 14 видов. Из них количество α-мезосапробов колебалось от 1 до 3 видов соответственно летом и осенью.

Обнаружены уродливые клетки микроводорослей. Летом в районе Одесского порта встречались выемчатые створки диатомей *Navicula peregrina* var. *peregrina* и искривленные *Cocconeis scutellum* var. *scutellum*, а осенью – изогнутые створки *Tabularia fasciculata*. Осенью в Григорьевском лимане были отмечены выемчатые створки *Cocconeis scutellum* var. *parva*, деформированные и выемчатые створки *C. scutellum* var. *scutellum*, а в районе мыса Малый Фонтан – выемчатые створки у этого вида. В это время в Григорьевском лимане встречались и выемчатые клетки динофитовых водорослей *Prorocentrum cordatum* и *P. micans*. Все это свидетельствует о значительной антропогенной эвтрофикации данных районов.

Численность микрофитобентоса формировали в основном сине-зеленые водоросли (2229.50-12196.67 кл./м²) главным образом за счет *Phormidium fragile* (49.75-2891.18 млн. кл./м²) и *Microcystis* sp. (1717.60-8131.31 млн. кл./м²). Меньше всего их было в районе мыса Малый Фонтан, больше всего – в районе Одесского порта. Летом в Григорьевском лимане интенсивно развивались также *Lyngbya confervoides* (1457.00 млн. кл./м²) и *Spirulina tenuissima* (2151.64 млн. кл./м²). Здесь была многочисленна и осевшая на поверхность створок планктонная динофитовая водоросль *Prorocentrum micans* – 62.91 млн. кл./м² (табл. 1).

Численность диатомовых водорослей колебалась от 22,18 до 507,60 кл./м² соответственно осенью в районе мыса Малый Фонтан и летом в Григорьевском лимане. Наиболее многочисленными были *Navicula ramosissima* и *Cylindrotheca closterium* – соответственно 297,33 и 61,00 млн. кл./м² летом в районе Григорьевского лимана. В районе Одесского порта в это время часто встречался *Achnanthes longipes* (35,37 млн. кл./м²). Здесь и в районе Григорьевского лимана был широко представлен и *Caloneis liber* – соответственно 22,67 и 33,89 млн. кл./м². Это один из видов-индикаторов биотопов, подверженных значительному техногенному загрязнению [10].



Таблица 1

**Численность (млн. кл./м²) водорослей микрофитобентоса
на поверхности мидийных створок в 2009 г.**

Отделы водорослей	Мыс Малый Фонтан		Одесский порт		Григорьевский лиман	
	лето	осень	лето	осень	лето	осень
Cyanophyta	2939.82	2229.50	12196.67	2690.81	11050.00	8467.12
Dinophyta	0.20	0.28	21.18	7.73	6.61	86.40
Euglenophyta	-	-	-	-	0.17	-
Chrysophyta	0.10	0.14	4.02	3.34	1.87	1.54
Bacillariophyta	23.18	22.18	391.85	47.63	507.60	118.85
Chlorophyta	-	-	3.61	-	2.72	-
Всего:	2963.30	2252.10	12617.33	2749.51	11568.97	8673.91

Основу биомассы микрофитобентоса составляли главным образом диатомовые водоросли (57.97-1752.67 мг/м²). Больше всего их было в районах Одесского порта и Григорьевского лимана (табл. 2).

Таблица 2

**Биомасса (мг/м²) водорослей микрофитобентоса
на поверхности мидийных створок в 2009 г.**

Отделы водорослей	Мыс Малый Фонтан		Одесский порт		Григорьевский лиман	
	лето	осень	лето	осень	лето	осень
Cyanophyta	41.32	54.22	202.89	27.42	181.55	134.36
Dinophyta	1.70	2.34	401.66	131.86	91.89	1766.12
Euglenophyta	-	-	-	-	0.11	-
Chrysophyta	0.01	0.01	0.26	0.22	0.12	0.10
Bacillariophyta	57.97	72.59	1752.67	118.19	803.73	1148.05
Chlorophyta	-	-	1.28	-	0.48	-
Всего:	101.00	129.16	2358.76	277.69	1077.88	3048.63

Наиболее массовыми среди них были *Achnanthes longipes* (585.73 и 621.88 мг/м² в районах Одесского порта и Григорьевского лимана) и *Tabularia fasciculata* (до 337.68 мг/м² летом в районе порта). Интенсивно развивались также *Amphora proteus* (108.10 мг/м² осенью в районе Григорьевского лимана), *Caloneis liber* (131.67 и 281.83 мг/м² соответственно летом в районах порта и Григорьевского лимана), *Cocconeis scutellum* var. *scutellum* (145.33 и 139.02 мг/м² в тех же районах), *Pleurosigma angulatum* и *Tabularia fasciculata* (соответственно 186.85 и 337.68 мг/м² летом в районе Одесского порта). Летом в районах Одесского порта и Григорьевского лимана часто встречались виды рода *Navicula*: *N. pennata* var. *pontica* (124.84 мг/м²) и *N. peregrina* var. *peregrina* (111.93 мг/м²). В осенний период была обнаружена *Melosira moniliformis* var. *moniliformis* (74.81 мг/м² в Григорьевском лимане) и *M. moniliformis* var. *subglobosa* – (62.72-69.00 мг/м² соответственно в районах Одесского порта и Григорьевского лимана).

В акваториях Одесского порта и Григорьевского лимана осенью наблюдалась высокая биомасса динофитовых водорослей в основном за счет *Prorocentrum micans* (122.21 и 1569.64 мг/м²) и *Gymnodinium* sp. (133.42 мг/м²). Значительна была и биомасса сине-зеленых водорослей (41.32-202.89 мг/м²) соответственно летом в районах мыса Малый Фонтан и Одесского порта. Довольно высокой она была и в Григорьевском лимане: 181.55-134.36 мг/м² летом и осенью. Ее формировали главным образом *Phormidium fragile* (до 102.17 мг/м² летом в районе порта), *Lyngbya confervoides* (до 85.81 мг/м² летом в районе Григорьевского лимана) и *Microcystis* sp. (до 54.89 мг/м² осенью в районе Григорьевского лимана).

Как летом, так и осенью 2009 г. наименьшие показатели количества обнаруженных видов (по 29), численности (соответственно 2963.30 и 2252.10 млн. кл./м²) и биомассы (101.00 и 129.16 мг/м²) водорослей микрофитобентоса на этом субстрате отмечались в районе мыса Малый Фонтан. Больше всего видов обнаружено летом в районах Одесского порта и Григорьевского лимана (соответственно 45 и 46 видов). Общая численность микрофитобентоса была максимальной летом в районе Одесского порта



(12617.33 млн. кл./м²), общая биомасса – осенью в районе Григорьевского лимана (3048.63 мг/м²).

Таким образом, изучение состояния сообщества микроводорослей обрастаний створок мидий Одесского побережья в районах с различной антропогенной нагрузкой показало, что по количеству видов, численности, биомассе и сапробионтному составу микрофитобентоса наименее эвтрофированным является район мыса Малый Фонтан. Значительную антропогенную нагрузку испытывает район Одесского порта, а наибольшую – акватория Григорьевского лимана. Проведенные нами исследования подтверждают необходимость биоиндикации качества морской среды в районах с различной антропогенной нагрузкой путем оценки особенностей развития этого водорослевого сообщества.

Список литературы

1. Гусляков Н.Е., Закордонцев О.А., Герасимюк В.П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. – К.: Наукова думка, 1992. – 112 с.
2. Неврова Е.Л. Антропогенное влияние на микрофитобентос Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу / Под ред. Е.В. Павловой, Н.В. Шадрина. – 1999. – С. 168-175.
3. Окснюк О.П., Давыдов О.А. Методические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112.
4. Картографический материал, произведенный в Отделе информационного обеспечения научных исследований УкрНЦЭМ в секторе ГИС технологий морских акваторий и прибрежных зон.
5. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. – М.; Л.: Наука, 1963. – 243 с.
6. Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 3. – С. 254-259.
7. Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) // Альгология. – 2001. – Т.11, № 1. – С. 70-83.
8. Водоросли. Справочник / Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 176-178, 183-188.
9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – М.: Наука, 1975. – С. 81-84, 108-115.
10. Неврова Е.Л., Петров А.Н. Разнообразие бентосных диатомовых Черного моря: анализ межрегиональных особенностей и влияния загрязнения // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, № 4 (27). Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2005. – С. 160-161.

THE STATE OF ASSOCIATION OF MICROPHYTOBENTHOS OF ODESSA COASTAL ZONE OF REGIONS WITH DIFFERENT ANTHROPOGENIC INFLUENCE

A.V. Rachinskaya

Ukrainian Scientific Center of Sea Ecology, Frantsuzky boulevard, 89
Odessa, 65009, Ukraine
E-mail: aleksandra.rachi@mail.ru

The bioindication of the quality of the marine environment of different regions of Odessa coastal zone with respect to the anthropogenic influence is executed on the systematic quantitative indexes of development and correlation of ecological groups in specific composition of algae of microphytobenthos. It is shown that in the regions undergoing an intense anthropogenic influence there are higher systematic and quantitative indexes of development of association of microphytobenthos. Most of saprobiont species are also observed here, in particular, α-mesosaprobionts.

Key words: microphytobenthos, bioindication, Odessa coastal zone, anthropogenic influence, saprobiont species.