

The chemical analysis and bioassay of water extracts of bottom sediments using juvenile branchiopod crustacean *Tamnocephalus platyurus* Packard as a test object revealed that the effect of wastewater from water treatment plant “North” corresponds to the quality class 3, “moderate”. Bottom sediments in the area of Kholodna Balka village that receive rain and melt water from a large catchment area correspond to the quality class 5, “very bad”. Bottom sediments of the southern part of Khadzhybei Estuary are assigned with the toxicological status due to insufficiently treated sewage of Odessa and allochthonous flow of pollutants from the whole catchment area.

*Key words: Khadzhybei estuary, bottom sediments, heavy metals, bioassay*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 17.01.2017

УДК 581.526.323:574.64(262.5)

О. В. РАЧИНСЬКА

Український науковий центр екології моря  
Французький бульвар, 89, Одеса 65009

## **ВОДОРОСТІ МІКРОФІТОБЕНТОСУ В БІОІНДИКАЦІЇ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ**

Представлені результати біоіндикації якості морського довкілля Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році за показниками розвитку мікрофітобентосу. Його формували здебільшого полі- та мезогалобні  $\beta$ -мезосапробні діатомові водорості. Впродовж року умовно-чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – пляж «Аркадія».

*Ключові слова: біоіндикація, якість, морське довкілля, Одеське прибережжя, Григоріївський лиман, мікрофітобентос*

Природні та антропогенні субстрати є контурними біотопами, на яких мешкають організми обростань. Ці екосистеми відрізняються багатим та різноманітним видовим складом, високою чисельністю та біомасою гідробіонтів. Такі спільноти зазнають інтенсивного зовнішнього, в тому числі й антропогенного, впливу і є важливим об'єктом моніторингу морського середовища [3].

Контурні біотопи та їх біоценози відіграють ключову роль в екології морського довкілля [4]. При його забрудненні стічними водами різного походження на субстратах розвиваються певні види або комплекси видів мікроводоростей [6]. Провідне місце серед них займають діатомеї, які широко представлені в Чорному морі впродовж року, і ціанопрокаріоти, що розвиваються влітку при високій температурі води [9]. В імпактних частинах моря, які зазнають інтенсивного органічного забруднення, чисельність мікроводоростей в 2,0-2,5 рази вища, ніж у відкритих умовно чистих ділянках [10].

Вивчення стану біологічної різноманітності обростань мікроводоростей на твердих донних субстратах у контактній зоні берег-море важливе при комплексній оцінці наслідків антропогенного впливу на екосистеми субліторалі. Біоіндикація якості морського середовища за видовим складом та показниками кількісного розвитку мікроводоростей, зокрема індикаторів чистих і забруднених вод, ефективна для застосування у біомоніторингу [5]. Так, вона дає інтегральну оцінку результатів всіх природних та антропогенних процесів, які відбуваються у водному середовищі. Для розвитку мікрофітів у хронічно та значно антропогенно забруднених акваторіях характерні: домінування видів-індикаторів органічного забруднення вод ( $\alpha$ -мезосапробіонтів); кількісна перевага планктонних форм мікроводоростей і

зниження кількісних показників мікрофітобентосних видів; наявність морфологічних аномалій у деяких з них. У менш антропогенізованих акваторіях спостерігається домінування видів-індикаторів слабого рівня забруднення вод ( $\beta$ -мезосапробіонтів) і перевага бентосних видів діатомей, що свідчить про помірний рівень трофності вод та сприятливіші екологічні умови для розвитку цих водоростей [1].

Метою дослідження була біоіндикація якості прибережного морського середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу в 2015 році.

### Матеріал і методи досліджень

Біоіндикацію якості прибережного морського довкілля за систематичними, кількісними, морфологічними показниками розвитку та за гало- і сапробіонтним складом мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману виконано влітку та восени 2015 року.

Проби водоростей були відібрані на бетонних та гранітних субстратах в умовно-чистому районі Одеської затоки – біля мису Малий Фонтан [7], а також у місцях значного рекреаційного навантаження (пляж «Аркадія»), впливу господарсько-побутових (Дача Ковалевського) та санаторних стоків (район санаторію ім. Чкалова), дренажних вод (пляж «Дельфін»), портових операцій (Нафтогавань) та у Григоріївському лимані в зоні портових робіт поблизу с. Біляри. Було відібрано та оброблено 18 проб за загальноприйнятими методиками [2].

Влітку температура води в досліджуваних районах становила 18-24°C, а її солоність знаходилась у діапазоні 11,55-17,31 ‰. Осінні дані температури та солоності води були 22-24°C та 15,42-15,97 ‰, відповідно. Ці гідрологічні умови сприяли розвитку мікрофітобентосу.

### Результати досліджень та їх обговорення

Як і в 2014 році [8], видовий склад мікрофітобентосу формували здебільшого полі- та мезогалобні  $\beta$ -мезосапробні діатомові водорості. Всього влітку було знайдено 89 видів водоростей, восени – 80. Переважали діатомей – 56 та 42 види. Впродовж року кількість видів ціанопрокаріот зросла в 1,7, а дінофітових та діатомових – скоротилася в 1,3 рази (рис. 1). В літній період з'явилися криптофітові та джгутикові водорості, що були відсутні торік. Порівняно з попереднім роком, влітку вдвічі зросла кількість видів дінофітових водоростей, що може бути пов'язане з гідрологічними умовами та збільшенням в 1,5 рази кількості видів та відсотку представників планктону в мікрофітобентосі.

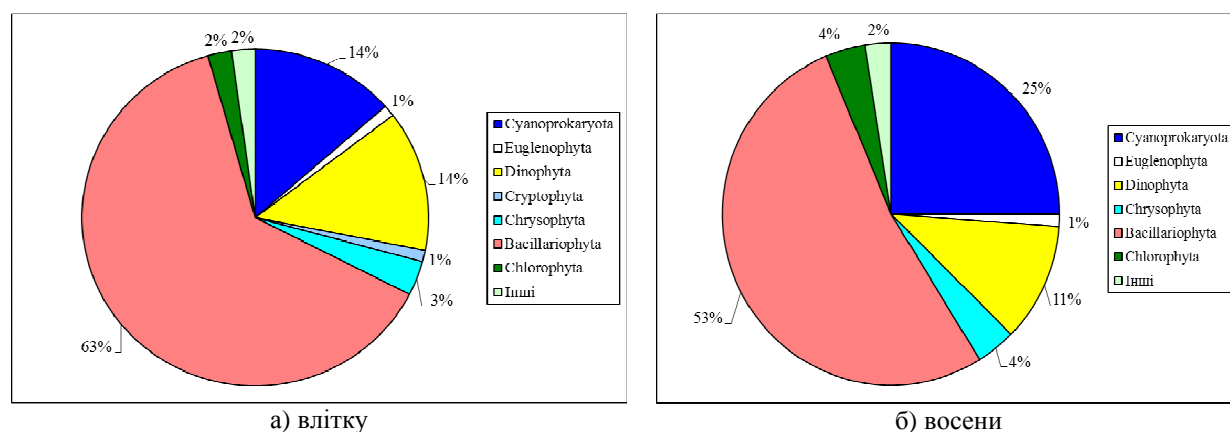


Рис. 1. Таксономічний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

Щодо солоності води знайдені водорості здебільшого були полі- та мезогалолами, що свідчить про солонуватоводно-морський характер досліджених вод. Серед полігалобів (42,3 % влітку та 29,1 % восени) найчисленнішими були *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Achnanthes brevipes* C.Agardh і *A. longipes* C.Agardh. Мезогаломи (26,8 % влітку та 38,2 % восени) були представлені переважно діатомеями *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann

& J.C.Lewin і видами роду *Nitzschia*. У видовому складі літнього мікрофітобентосу були широко представлені олігогалоби – галофіли та індіференти, які становили відповідно 18,3 та 12,6 %. Це, здебільшого представники роду *Diatoma*, а також деякі ціанопркаріоти та зелені водорості. На відміну від минулого року, восени кількість полігалобів зменшилась майже вдвічі, а їх відсоток – в 1,5 рази. Галофілів стало менше в 1,6 рази (рис. 2).

Загальна кількість сапробіонтів у складі мікрофітобентосу Одеського регіону істотно не змінилась впродовж року, а порівняно з минулорічною осінню вона дещо зменшилась, в основному, за рахунок  $\beta$ -мезосапробів – показників помірного органічного забруднення води (66,0 % влітку та 62,0 % восени). Це були *A. brevipes* і *A. longipes*. Серед  $\alpha$ -мезосапробів (показників значного органічного забруднення, 22,0 % літом і 23,8 % осінню) домінувала *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round.

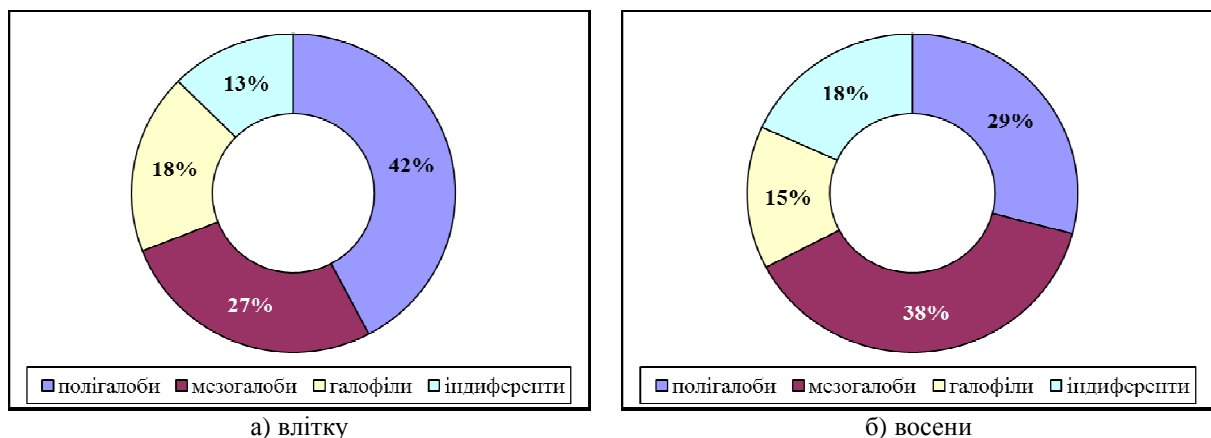


Рис. 2. Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

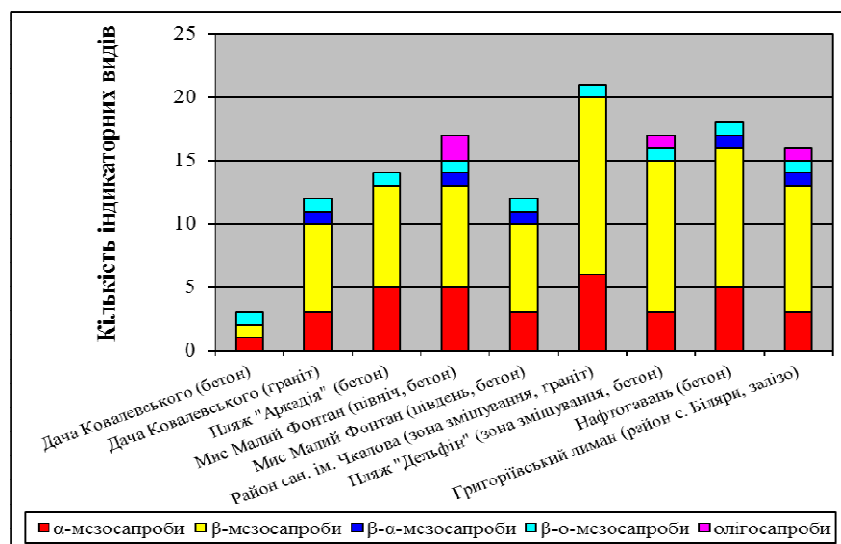
Восени збільшилися частки  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробів та олігосапробів (показників чистих вод) відносно минулорічних показників.

Кількість видів-сапробіонтів на окремих станціях впродовж року зросла в 1,6-3,0 рази, в основному за рахунок  $\beta$ - та  $\alpha$ -мезосапробів. Найвища загальна кількість сапробів улітку спостерігалася в районі санаторію ім. Чкалова, восени – в Григоріївському лимані (рис. 3).

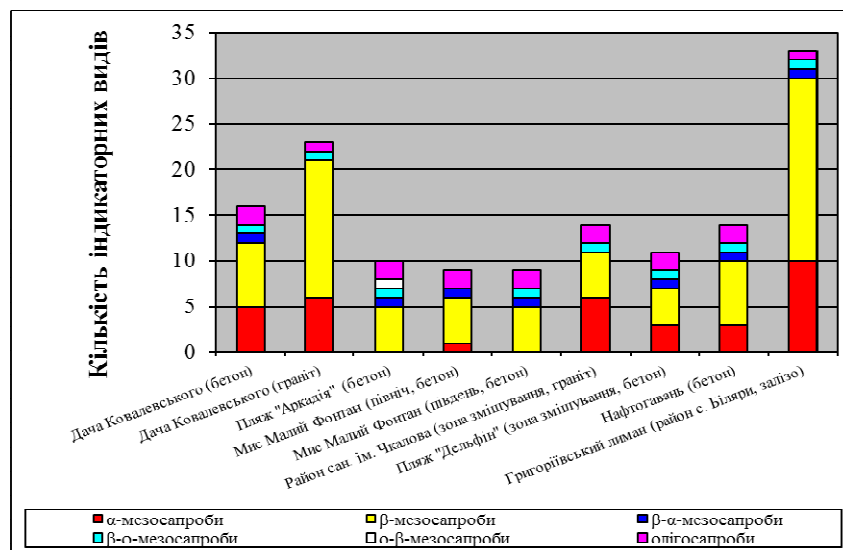
Найменш евтрофікованими осінню були прибережжя двох районів: мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія». Саме тут були відсутні  $\alpha$ -мезосапробні види мікрофітів на поверхнях вертикальних берегозахисних бетонних споруд. Також слід підкреслити, що, на відміну від осені 2015 року, у попередньому році  $\alpha$ -мезосапроби були притаманні всім мікрофітобентосним спільнотам прибережних акваторій Одеського регіону.

Впродовж року в антропогенно навантаженій акваторії Нафтогавані були знайдені деформовані та виїмчасті клітини діатомей *Nitzschia lanceolata* var. *minor* Van Heurck і *N. lanceolata* var. *lanceolata* W. Smith.

Влітку в районі санаторію ім. Чкалова траплялися зігнуті стулки *T. fasciculata*. Літом 2014 року зігнуті стулки *N. lanceolata* var. *minor* були знайдені тільки в районі Нафтогавані. Восени цього року в районах пляжу «Аркадія» та Дачі Ковалевського відмічені виїмчасті та деформовані клітини *N. lanceolata* var. *minor* і *N. lanceolata* var. *lanceolata*, тоді як восени 2015 року вони тут були відсутні. Порівняно з попереднім роком [8], кількість видів діатомей з морфологічно аномальними клітинами зросла в 1,5 рази, а їх географічне розповсюдження – зменшилось.



а) влітку



б) восени

Рис. 3. Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

Загальна чисельність бентосних мікроводоростей влітку 2015 року варіювала від 1832,84 до 11915,61 млн. кл./м<sup>2</sup>. Її повсюдно створювали переважно ціанопрокаріоти *Leptolyngbya fragilis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Lyngbya confervoides* C.Agardh ex Gomont, *Calothrix scopulorum* C.Agardh ex Bornet & Flahault. Восени з'явилися *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont, *Pseudophormidium battersii* (Gomont) Anagnostidis, *Leibleinia gracilis* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, тощо. Впродовж року загальна чисельність мікрофітів зростала майже вдвічі і коливалася від 4394,96 до 23338,75 млн. кл./м<sup>2</sup>, здебільшого за рахунок ціанопрокаріот і діатомей. Біомаса мікрофітобентосу влітку становила 49,14-23271,52 мг/м<sup>2</sup>, а восени – 304,33-2928,49 мг/м<sup>2</sup>. (табл. 1).

Чисельність та біомаса мікроводоростей влітку були найменшими в північній частині району мису Малій Фонтан. Чисельність в цей період була найбільшою в районі Нафтогавані, біомаса – в районі санаторію ім. Чкалова. Восени мінімальні чисельність та біомаса зареєстровані в районі Дачі Ковалевського на граніті, максимальна біомаса – в цій же акваторії на бетоні, максимальна чисельність – в районі пляжу «Дельфін».

На більшості досліджених станцій восени зросли кількісні показники розвитку мікрофітобентосу: чисельність – в 1,8-5,8, а біомаса – в 1,5-36,0 рази. Чисельність незначно зменшилася тільки в акваторіях Дачі Ковалевського (на граніті) та пляжу «Дельфін», а біомаса – лише в районах санаторію ім. Чкалова та Нафтогавані.

Таблиця 1

Чисельність (млн. кл/м<sup>2</sup>) та біомаса (мг/м<sup>2</sup>) мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману у 2015 році

Відділи водоростей	Чисельність		Біомаса	
	літо	осінь	літо	осінь
Суанoprokaryota	1802,04-11772,35	4268,04-23283,03	18,86-408,57	134,36-2668,97
Dinophyta	0,34-5,75	0,34-3,85	0,84-52,09	0,57-10,54
Cryptophyta	0,93-1,44	-	0,10-0,14	-
Euglenophyta	0,20-3,34	0-0,17	0,17-2,27	0-0,26
Chrysophyta	0,17-6,00	0,17-1,51	0,01-1,24	0,01-8,23
Bacillariophyta	10,03-3921,40	9,20-125,41	9,55-23181,79	6,25-256,12
Chlorophyta	0,17-2,50	0,50-4,20	0,02-0,22	0,02-0,67
Інші	0,17-1,86	0,17-3,34	0,01-7,03	0,10-38,22
Сумарне значення	1832,84-11915,61	4394,96-23338,75	49,14-23271,52	304,33-2928,49

Порівняно з показниками 2014 року загальна чисельність мікрофітів в Одеському прибережжі влітку була в 1,5-1,6, а восени – в 1,2-1,3 рази нижчою. Восени спостерігалось також зменшення максимальних значень біомаси у 1,5 рази.

Отже, біоіндикація якості прибережного морського середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу в 2015 році показала, що впродовж року умовно чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – також акваторія пляжу «Аркадія» (найвірогідніше, за рахунок відсутності у цей сезон спостережень значного рекреаційного навантаження). Деяке покращення екологічної ситуації спостерігалось в осінній період поточного року і в Нафтогавані. В районі Дачі Ковалевського екологічний стан морського довкілля протягом року істотно не змінився. Найбільш евтрофікованим влітку було морське середовище акваторії, прилеглої до санаторію ім. Чкалова, а восени – довкола Григоріївського лиману.

### Висновки

Видовий склад мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році формували здебільшого полі- та мезогалобні β-мезосапробні діатомові водорості.

Впродовж року умовно чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – і пляж «Аркадія». Найбільш евтрофікованими були акваторія, прилегла до санаторію ім. Чкалова (розташований у м. Одеса), та Григоріївський лиман.

1. Бегун А. А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Известия ТИНРО. — 2010. — Т. 161. — С. 177—198.
2. Водоросли. : справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. ; под ред. С.П. Вассера – К. : Наук. думка, 1989. — 606 с.
3. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. — Кишинев: Гл. ред. молд. сов. энцикл., 1990. — 406 с.
4. Зайцев Ю. П. Ключевая роль контурных биотопов и их биоценозов в экологии морской среды / Ю. П. Зайцев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. — 2015. — № 3-4 (64). — С. 235—238.
5. Ковальчук Ю. Л. Диатомовые обрастания твердых субстратов / Ю. Л. Ковальчук, Е. Л. Неврова, Е. А. Шалаева. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — С. 38.
6. Кузьминова Н. С. Влияние сточных вод на морские водоросли / Н. С. Кузьминова, И. И. Руднева // Альгология. — 2005. — Т. 15, № 1. — С. 128—141.

7. *Рачинская А. В.* Особенности структуры сообщества прибрежного микрофитобентоса в зоне влияния дренажных вод / А. В. Рачинская // *Екологічні проблеми Чорного моря : міжнар. наук.-практ. конф. (31 травня - 1 червня, 2007, Одеса) : зб. наук. ст. / за ред. В.М. Небрата* — Одеса : Інноваційно-Інформаційний центр «ІНВАЦ», 2007. — С. 276—280.
8. *Рачинська О. В.* Біоіндикація якості морського довкілля Одеського регіону за показниками розвитку мікрофитобентосу / О. В. Рачинська // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроєкологія.* — 2015. — № 3-4 (64). — С. 565—568.
9. *Рябушко Л. И.* Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (Крымское побережье Черного моря) / [Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, В. Н. Поповичев и др.] // *Альгология.* — 2014. — Т. 24, № 4. — С. 504—517.
10. *Рябушко Л. И.* Сравнение видового состава и количественных характеристик диатомовых водоростей микрофитобентоса Крымского побережья Черного и Азовского морей / Л. И. Рябушко, Р. И. Ли, А. В. Бондаренко, Д. С. Лохова // *Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XII междунар. науч. конф. диатомологов, Москва, 19-24 сентября 2011 г.: сборник / [ред. кол. В. М. Гаврилов и др.]*. — М.: Университетская книга, 2011. — С. 202—205.

*A. V. Rachinskaya*

Український научний центр екології моря, Одеса

#### ВОДОРΟΣЛИ МИКРОФИТОБЕНТОСА В БІОІНДИКАЦІЇ КАЧЕСТВА МОРСЬКОЇ СРЕДИ ОДЕССЬКОГО РЕГІОНА

Представлены результаты биоиндикации качества морской среды Одесского побережья и Григорьевского лимана в 2015 году по показателям развития микрофитобентоса. Его формировали, в основном, поли- и мезогалобные  $\beta$ -мезосапробные диатомовые водоросли. В течение года условно-чистой акваторией Одесского побережья был район мыса Малый Фонтан, а осенью – также пляж «Аркадия».

*Ключевые слова:* биоиндикация, качество, морская среда, Одесское побережье, Григорьевский лиман, микрофитобентос

*O. V. Rachynska*

Ukrainian Scientific Centre of Ecology of Sea, Odessa, Ukraine

#### MICROPHYTOBENTOS ALGAE IN BIOINDICATION OF QUALITY OF MARINE ENVIRONMENT OF ODESSA REGION

Important objects of biomonitoring are contour habitats community located in the contact zone coast-sea. Such aquatic ecosystems, including groups of microalgae developing on natural and synthetic substrates undergo significant external influence. The leading places among these algae in the Black Sea are occupied Bacillariophyta and Cyanoprokaryota.

The article presents the results of bioindication quality of the marine environment of the Odessa coastal zone and of the Grigorievsky estuary in 2015 on systematic, quantitative morphological, halobiont and saprobiont indicators of microphytobenthos. The samples of microalgae were collected on the concrete and granite substrates in the six regions of Odessa bay which different on degrees of human impact, and in water area of Grigorievsky estuary.

It is shown that the species composition of microphytobenthos in researched waters was formed, mainly, by poly- and mesohalobic  $\beta$ -mesosaprobic diatoms. This indicates the brackish-marine character and moderate organic pollution of the researched waters. Among  $\beta$ -mesosaprobic diatoms were dominated *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Achnanthes brevipes* C.Agardh and *A. longipes* C.Agardh. The numerous were the species of *Nitzschia*. Among  $\alpha$ -mezosaprobic (indicators of significant organic pollution) was dominated *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round. Registered decrease of saprobiont species of microphytes and abundance and biomass of microphytobenthos compared to 2014 year. According to indexes of development microalgae on hard substrates were allocated conditionally clean and eutrophic coastal waters of

Odessa bay. During the year, the conditionally clean water area of the Odessa coastal zone was the area of the cape Maly Fontan, and in the autumn - the beach "Arcadia" (most probably due to the absence of influence of significant recreation in this season of observations). Some improvement of ecological situation was observed in autumn in the waters of Oil Terminal. In the area of Dutcha Kovalevskogo environmental condition of the marine environment during the year has not changed significantly. The most eutrophic were water area which adjacent to the sanatorium named after Chkalov (located in Odessa) and Grigorievsky estuary.

*Key words: bioindication, quality, marine environment, Odessa coastal zone, Grigorievsky estuary, microphytobentos*

Рекомендує до друку

Надійшла 17.02.2017

В. В. Грубінко

УДК 597.2/.5:632.951

М. О. САВЛУЧИНСЬКА, І. М. КОНОВЕЦЬ, О. М. АРСАН, М. Г. МАРДАРЕВИЧ

Інститут гідробіології НАН України,  
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ АДАПТАЦІЇ РИБ ДО РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ФІПРОНІЛУ ТА ДИМЕТОАТУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Викладено результати досліджень щодо впливу диметоату в концентраціях 0,15; 0,3 і 0,45 мг/дм<sup>3</sup> та фіпронілу 0,05; 0,075 і 0,1 мг/дм<sup>3</sup> у водному середовищі на коропа *Cyprinus carpio* L. при експозиції 14 діб. Встановлено, що фіпроніл має більшу здатність до накопичення тканинами риб, ніж диметоат. Зі збільшенням концентрації фіпронілу у воді від 0,05 до 0,1 мг/дм<sup>3</sup> його вміст у печінці становив 0,9 і 2,0 мкг/г сирової маси відповідно. У значно меншій кількості він накопичувався в зябрах (0,6 і 1,0 сирової маси). Найменше фіпронілу депонувалося у м'язах від (0,3 і 0,45 мкг/г). Зі зростанням концентрації диметоату у воді від 0,15 до 0,45 мг/дм<sup>3</sup> він накопичувався в тканинах риб у порівняно меншій кількості, зокрема від <0,1 (границя кількісного визначення) до 1,0 мкг/г у печінці та від <0,1 до 0,20 мкг/г – у зябрах, і не знайдений у м'язах. Зі зміною концентрації диметоату та фіпронілу у водному середовищі змінюються шляхи генерування енергії у тканинах риб. При цьому у печінці знижувався рівень пірувату з 8,6 (контроль) до 6,2 та 8,6 до 3,3 мкмоль/100 г відповідно, та зростав вміст лактату з 2,4 (контроль) до 5,9 і 3,3 мкмоль/г відповідно. Разом з цим знижувалося співвідношення вільних НАД-пар з 400 (контроль) до 120 та 51 відповідно. Отримані результати свідчать, що енергозабезпечення адаптації риб до таких умов здійснюються за рахунок гліколізу. На відміну від печінки, у зябрах активуються як аеробні, так і анаеробні процеси. При адаптації риб до диметоату і фіпронілу в зябрах збільшується вміст пірувату на 22 і 83%, та лактату на 126 і 153% відповідно.

*Ключові слова: диметоат, фіпроніл, накопичення, піруват, лактат, співвідношення вільних НАД-пар, печінка, зябра, м'язи, короп*

Диметоат і фіпроніл належать до високоефективних інсектицидів з широким спектром дії, які використовуються для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Механізм їх дії має дещо спільні риси і полягає в порушенні функціонування центральної нервової системи організмів-мішеней. Однак, диметоат належить до групи фосфорорганічних речовин, для яких характерна висока початкова токсичність та мала стійкість. Тоді як фіпроніл – хлорорганічна речовина з високою токсичністю та стійкістю у оточуючому середовищі. Широке