

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА

Біологічний факультет

Кафедра гідробіології та загальної екології

## Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему «**Структура перифітонного угруповання на поверхні полімерних субстратів**»

«Phytoperyphyton communities on the surface of polymeric substrates»

**Виконала:** студентка денної форми навчання

Спеціальність 091 Біологія

ОП Біологія

**Капшина Ірина Анатоліївна**

**Науковий керівник:**

кандидат біологічних наук, старший викладач

Снігірєва Анастасія Олександрівна

**Рецензент:**

кандидат біологічних наук, доцент

Назарчук Юлія Сергіївна

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ \_\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ р.

Захищено на засіданні ЕК № 1

Протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бал)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Лобков В.О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Філіпова Т.О.  
(прізвище та ініціали)

Одеса – 2020

## АНОТАЦІЯ

З метою вивчення структури фітоперифітонного угруповання на поверхні полімерних субстратів було проведено лабораторний та природні експерименти, які були здійснені в Одеській затоці з різним терміном експозиції. В залежності від експерименту використовувалися різні типи пластикових полімерів, з різною прозорістю та мікрорельєфом поверхні.

На основі результатів виконаних досліджень розроблені та апробовані експериментальні конструкції для вивчення етапів формування фітоперифітону на полімерних субстратах. Різноманітне угруповання фітоперифітону (44 види) формувалось вже на першому тижні як в лабораторних умовах, так і в природньому середовищі. Найбільш розповсюдженими на різних типах субстрату видами були *Cocconeis scutellum*, *Navicula sp.*, *Amphora sp.*, *Tabularia fasciculata*. Зазначено, що на гладкому поліетилентерефталаті (PET) виявлено більше обростання, ніж на шорсткому, а на темному більше, ніж на прозорому. Показано більш активне обростання на внутрішній стороні PET циліндрів, ніж на зовнішній.

Дипломну роботу викладено на 58 сторінках, вона містить 8 таблиць та 11 рисунків. Наведено посилання на 60 джерел літератури (27 кирилицею та 33 латиницею).

**Ключові слова:** *перифітон, полімерний субстрат, мікроводорості, морське сміття, Чорне море*

In order to study the structure of the phytoperiphyton assemblage on the surface of polymer substrates, the laboratory and natural experiments were carried out in the Gulf of Odessa with different terms of exposure. Depending on the experiment, different types of plastic polymers were used, with different transparency and surface microrelief.

Based on the results of the presented results the experimental constructions for studying the stages of phyto-periphyton formation on polymer substrates have been developed and tested. The diverse phytoperifiton assemblage was formed during the first week both in the laboratory and in the natural environment. Species *Cocconeis scutellum*, *Navicula sp.*, *Amphora sp.*, *Tabularia fasciculata* were spread on all types of substrates. It is noted that microfouling was more intensive on smooth and dark polyethylene terephthalate (PET) than on rough and transparent. The internal part of the PET constructions had more fouling than the outer ones.

The master theses are composed of 58 pages, it contains 8 tables and 11 figures. References are made of 60 sources of literature (27 cyrillic and 33 latin).

**Key words:** *periphyton, polymer substrate, microalgae, marine litter, the Black Sea*

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

PET – поліетилентерефталат

PET пр., гл. – прозорий гладкий поліетилентерефталат

PET пр., ш. – прозорий шорсткий поліетилентерефталат

PET т., гл. – темний гладкий поліетилентерефталат

PET т., ш. – темний шорсткий поліетилентерефталат

PE – поліетилен

LDPE – поліетилен низької щільності

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	8
1.1. Характер фіто- та зообростання на різних типах субстратів.....	8
1.2. Експериментальні дослідження процесів обростання на полімерних субстратах .....	12
1.3. Розподіл штучних полімерів в Чорноморському регіоні та стан вивчення його взаємодії із гідробіонтами.....	18
2. МІСЦЕ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
2.1. Район досліджень .....	23
2.2. Матеріали та методи постановки експериментів.....	23
2.3. Методи обробки проб фітоперифітону .....	26
2.4. Статистична обробка результатів досліджень.....	27
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....	28
3.1. Короткостроковий лабораторний експеримент .....	28
3.2. Короткостроковий природний експеримент .....	34
3.3. Довгострокові природні експерименти.....	37
3.3.1. Природний експеримент тривалістю п'ять місяців: листопад 2019 року – квітень 2020 року.....	37
3.3.2. Природний експеримент тривалістю вісім місяців: листопад 2019 року – липень 2020 року .....	42
УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	47
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	51

## ВСТУП

Протягом останніх 50-ти років пластикове сміття у величезних кількостях надходить в моря і океани. Серед синтетичних матеріалів, що знаходяться в поверхневому шарі морських водойм, переважають різноманітні види поліетилену, поліпропілен, полістирол, поліестер і пінопласт. За найскромнішими оцінками щорічно в океан потрапляє близько 8 млн. тон пластику [Barnes, 2005], а на поверхні вже плаває 269 тис. тон [Eriksen et al., 2014].

З метою виявлення основних джерел потрапляння сміття в водойми основні зусилля спрямовані зараз на моніторинг самого забруднення і кількісну оцінку різного за місцем накопичення типу морського сміття, такого як пляжний (beach litter), плаваючий (floated litter), донний (sea-floor litter) [Barnes, 2005]. Однак залишається вкрай мало вивченою ступінь взаємодії сміття з живими об'єктами. Як відомо, всі предмети, рано чи пізно опиняються у водному середовищі, стають субстратом для гідробіонтів. В одній з найбільш повних зведень по антропогенному сміттю наводиться 387 таксонів, що колонізують плаваючий на поверхні моря пластик [Eriksen et al., 2014]. З чорноморського регіону також є дані по мешканцям нейстонного пластика, які описують 14 видів ціанобактерій та діатомових водоростей [Moncheva et al., 2016].

У зв'язку із зобов'язаннями України перед Європейським союзом адаптувати існуючі європейські директиви до свого законодавства, нашій країні необхідно розробити зокрема Морську стратегію. Однією із основних завдань цього документу є виявлення «доброго екологічного стану» моря. Задля пошуку даних критеріїв розроблені 11 дескрипторів, в основу яких покладені цілий перелік індикаторів та показників [Directive..., 2008]. Рівень забруднення пластиком сміттям та ступінь його впливу на морські угруповання розглядається в рамках 10 дескриптору. Отже, будь-яка інформація щодо морського сміття та його впливу на біоту є вкрай актуальною.

В Чорному морі вивчення морського сміття розпочато тільки в останні роки. Дослідження проводилися в Турції, Болгарії, Румунії, Україні. Більшість

робіт зосереджена на інвентаризації морського сміття. Дослідження, що пов'язані з оцінкою впливу пластика на донні угруповання, поодинокі (Болгарія) [Moncheva et al., 2016].

Дослідження по вивченню обростань донного пластику в Одеській затоці показали наявність різноманітних угруповань на поверхні цього штучного субстрату [Plastics..., 2015; Kiessling et al., 2015]. В результаті вперше для регіону показано, що у формуванні обростання приймають участь 91 видів гідробіонтів: 8 видів ціанобактерій, 38 видів мікроводоростей (діатомових, динофітових, зелених), 6 видів водоростей-макрофітів, 14 груп мейобентосних організмів (до виду визначено 19 гарпактикоїд та 13 остракод), 7 видів макрзообентосу. Таке високе біорізноманіття та ступінь кількісних показників демонструють адаптацію гідробіонтів до життя на відносно нових типах субстрату в Чорному морі. Однак для повної оцінки впливу пластику на прибережну екосистему необхідно розуміння процесів його заростання.

Першими автотрофними організмами, здатними існувати на пластику різної природи, є мікроводорості та ціанобактерії. У роботах з різних регіонів [Рябушко и др., 2019; Esensoy et al., 2020; Moncheva et al., 2016] їх наводиться вже близько 150 видів, основу яких складають діатомові водорості. Проте для більш глибокого розуміння процесів, що відбуваються на поверхні пластикового субстрату (виявлення стадій обростання, перших колонізаторів пластика, швидкості, з якою гідробіонти заселяються і формують стійкі обростання) необхідні експериментальні дослідження.

У зв'язку з цим метою роботи було вивчити структуру фітоперифітонного угруповання на поверхні полімерних субстратів в умовах експерименту.

Для досягнення вказаної мети вирішували такі задачі:

1. Вивчити видове різноманіття мікроводоростей на поверхні штучних полімерних субстратів.

2. Розробити та апробувати методики вивчення швидкості формування фітоперифітону на морському смітті різного типу (PE, PET, LDPE) в умовах природнього експерименту.

3. Проаналізувати характер формування фітоперифітонного обростання на поверхні полімерних субстратів в ході лабораторного експерименту.

4. Охарактеризувати етапи формування мікробіодоростевого обростання на поверхні полімерних субстратів в ході короткострокових та довгострокових експериментах у природних умовах.

Об'єкт дослідження – процеси формування перифітонного угруповання на поверхні полімерних субстратів.

Предмет дослідження – видове різноманіття та кількісні характеристики перифітонного угруповання на поверхні полімерних субстратів.

Щиро вдячна провідному інженеру ІМБ НАН України Олександрові Петровичу Куракіну за допомогу при постановці довгострокових природних експериментів, Олені Євгенівні Узун за допомогу при постановці короткострокових природних експериментів. Робота частково виконувалась в рамках проекту молодих вчених № 87-11/10-2019 «Оцінка процесів формування обростання на морському смітті в умовах експерименту».

## ВИСНОВКИ

1. Були розроблені та апробовані експериментальні конструкції для вивчення етапів формування фітоперифітону на полімерних субстратах.
2. В природних експериментах на поверхні полімерів виявлено 44 види мікродоростей, що належать до чотирьох груп: Bacillariophyta (38 видів), Cyanoprokaryota (3), Dinophyta (2) та Chlorophyta (1). Найвагоміший вклад в обростання в усіх експериментах робили такі види: *Cocconeis scutellum*, *Navicula sp.*, *Amphora sp.*, *Tabularia fasciculata*.
3. Лабораторний експеримент в ході п'яти експозицій продемонстрував поступове зростання кількісних показників фітоперифітону на PET пластинах (чисельності 13,9; 346,4; 71,1; 680,6; 3966,7 кл.·см<sup>-2</sup> та біомаси 0,04; 0,14; 0,03; 0,17; 0,78 мг·см<sup>-2</sup>), та зниження на LDPE пластинах (чисельності 144,4; 31,1; 7,1; 14,2; 7,1 кл.· см<sup>-2</sup> та біомаси 0,12; 0,16; 0,09; 0,001; 0,004 мг·см<sup>-2</sup>). В природних експериментах ми відмічали більш інтенсивне обростання на LDPE субстраті, ніж на PET (зовнішній стороні).
4. Під час лабораторного експерименту виявлено конкурентна взаємодія за субстрат LDPE мікродоростей та інфузорій. Активне поїдання інфузоріями мікрофітів заважило виявити характер формування фітоперифітонного угруповання.
5. Короткостроковий природний експеримент показав наявність різноманітного перифітонного угруповання (28 видів). Найменша кількість видів розвивалася на PET прозорому шорсткому, а найбільша – на PET прозорому гладкому.
6. Довгостроковий експеримент показав наявність 18 видів (п'ять місяців) та 24 види (вісім місяців). На PET пластинах чисельність на внутрішній стороні була більша у 17–30 рази, ніж на зовнішній, а біомаса – у 9–36 разів. На гладкому PET виявлено більш інтенсивне обростання, ніж на шорсткому, а на темному більш, ніж на прозорому.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Атраментова Л. О. Біометрія. Ч. I. Характеристика розподілів: підручник / Л. О. Атраментова, О. М. Утєвська // Х. : Ранок, 2007а. – 176 с.
2. Атраментова Л. О. Біометрія. Ч. II. Порівняння груп і аналіз зв'язку: підручник / Л. О. Атраментова, О. М. Утєвська // Х. : Ранок, 2007б. – 171 с.
3. Балычева Д. С. Видовой состав и структурно-функциональные характеристики микроводорослей перифитона антропогенных субстратов в крымском побережье Чёрного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.10 “Гидробиология” / Д. С. Балычева. – Севастополь, 2014. – 26 с.
4. Балычева Д. С. Диатомовые водоросли антропогенных и природных субстратов в Чёрном море / Д. С. Балычева, Л. И. Рябушко // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. – 2016. – С. 18–21.
5. Бегун А. А. Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона акваторий залива Петра Великого (Японское море, Россия) / А. А. Бегун, Л. И. Рябушко, А. Ю. Звягинцев // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 3. – С. 257–272.
6. Бегун А. А. Влияние поверхности субстрата и времени его экспозиции в море на количественное развитие диатомовых водорослей перифитона / А. А. Бегун, Л. И. Рябушко, А. Ю. Звягинцев // Известия ТИНРО. – 2010. – Т. 163. – 240–263.
7. Бегун А. А. Bacillariophyta перифитона навигационных буев в акваториях залива Посьета (Японское море, Россия) / А. А. Бегун, Л. И. Рябушко, А. Ю. Звягинцев // Альгология. – 2015. – Т. 25, № 1. – С. 41–55.
8. Брянцева Ю. В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря / Ю. В. Брянцева, А. М. Лях, А. В. Сергеева. – Севастополь, 2005. – 25 с.

9. Гусяков Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов / Н. Е. Гусяков, О. А. Загордонец, В. П. Герасимюк. – Киев : Наук. думка, 1992. – 112 с.
10. Далекая Л. Б., Динамика численности оболочников в сообществах обрастания искусственных субстратов / Л. Б. Далекая, А. В. Умянцева // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона : материалы V Международ. конф. (Керчь, 8–9 октября 2009 г.) / ЮгНИРО ; гл. ред. Б. Н. Панов. – Керчь : ЮгНИРО, 2010. – С. 68–63.
11. Далёкая Л. Б. Гидроиды в обрастании искусственных субстратов / Л. Б. Далёкая // Биоразнообразие и устойчивое развитие : II Международная научно-практическая конференция (Симферополь, 12–16 сентября 2012 г.) : тезисы докладов. – 2012а. – С. 356–358.
12. Далекая Л. Б. Структурные характеристики поселений митилид в сообществах обрастания искусственных субстратов / Л. Б. Далекая // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона : материалы VII Международ. конф. (Керчь, 20–23 июня 2012 г.) / ЮгНИРО ; гл. ред. О. А. Петренко. – Керчь : ЮгНИРО, 2012б. – Т. 2. – С. 100–104.
13. Довгаль И. В. Особенности эволюции водных простейших при переходе к прикрепленному образу жизни (гидродинамический аспект) / И. В. Довгаль // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 157. – С. 151–162.
14. Звягинцев А. Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана / А. Ю. Звягинцев – Владивосток : Дальнаука, 2005. – 432 с.
15. Корляков К. А. Метод «царапанных» стекол обрастания для интенсификации изучения структурно-динамических характеристик перифитона / К. А. Корляков // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. – 2017. – Т. 1, № 3 (18). – С. 5–14.
16. Крахмальний А. Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель) / А. Ф. Крахмальний / Отв. ред. П. М. Царенко. – Киев : Альтпрес, 2011. – 444 с.

17. Курилов А. В. Инфузории планктона прибрежной зоны северо-западной части Чёрного моря / А. В. Курилов // Экология моря. – 2004. – Т. 65. – С. 35–40.
18. Мирошниченко Е. С. *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek ex Komárek, 2006 (Cyanophyceae) – новый вид для побережья Крыма Чёрного моря / Е. С. Мирошниченко // Морской биологический журнал. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 93–96.
19. Мухин И. А. Формирование перифитонных цилиосообществ на разнотипных субстратах : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / И. А. Мухин ; ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический университет» – Вологда, 2014. – 162 с.
20. Празукин А. В. Формирование биообрастания в структурированном пространстве искусственных рифовых конструкций / А. В. Празукин, Ю. К. Фирсов, Р. И. Ли, В. В. Холодов // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 23–39.
21. Протасов А. А. Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов / А. А. Протасов // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 40–56.
22. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря / А. И. Прошкина-Лавренко. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 244 с.
23. Рябушко Л. И. Диатомовые эпифитона некоторых видов зеленых водорослей-макрофитов и перифитона антропогенных субстратов крымского побережья Чёрного моря (Украина) / Л. И. Рябушко, Д. С. Лохова, А. В. Стрижак // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 4. – С. 419–437.
24. Рябушко Л. И. Диатомовые обрастания синтетических полимерных материалов в Карантинной бухте (Крым, Черное море) / Л. И. Рябушко, Ф. В. Сапожников, А. В. Бондаренко, О. Ю. Калинина // Вопросы современной альгологии. – 2019. – Т. 20, № 2. – С. 87.
25. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – Киев : Наукова думка, 1990. – 208 с.

26. Шарапова Т. А. Абиотические и биотические факторы, влияющие на развитие зооперифитона в потоке (на примере водоема-охладителя) / Т. А. Шарапова // Сибирский экологический журнал. – 2010. – Т. 17, № 4. – С. 681–684.
27. Шляхова Н. А. Размерная структура планктонных инфузорий Азовского моря / Н. А. Шляхова // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона : материалы V Международ. конф. (Керчь, 8–9 октября 2009 г.) / ЮГНИРО ; гл. ред. Б. Н. Панов. – Керчь : ЮГНИРО, 2010. – С. 80–83.
28. Artham T. Biofouling and stability of synthetic polymers in sea water / T. Artham, M. Sudhakar, R. Venkatesan, C. M. Nair, K. V. G. K. Murty, M. Doble // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2009. – V. 63, № 7. – P. 884–890.
29. Barnes D. K. A. Remote Islands reveal rapid rise of Southern Hemisphere, sea debris / D. K. A. Barnes // The Scientific World Journal. – 2005. – V. 5. – P. 915–921.
30. Caron D. A., Sieburth J. M. Disruption of the primary fouling sequence on fiber glass-reinforced plastic submerged in the marine environment / D. A. Caron, J. M. Sieburth // Applied and environmental microbiology. – 1981. – V. 41, № 1. – P. 268–273.
31. Carson H. S. The plastic-associated microorganisms of the North Pacific Gyre / H. S. Carson, M. S. Nerheim, K. A. Carroll, M. Eriksen // Marine pollution bulletin. – 2013. – V. 75, № 1–2. – P. 126–132.
32. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) // Official Journal of the European Union. – 2008. – L. 164. – P. 19–40.
33. Dobretsov S. The effect of surface colour on the formation of marine micro and macrofouling communities / S. Dobretsov, R. M. M. Abed, C. R. Woolstra // Biofouling. – 2013. – V. 29, № 6. – P. 617–627.

34. Eriksen M. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea / M. Eriksen, L. C. M. Lebreton, H. S. Carson [et al.] // PLOS ONE. – 2014. – P. 1–15.
35. Esensoy F. B. Microbial biofilm on plastics in the southeastern Black Sea / F. B. Esensoy, Y. Şentürk, Ü. Aytan // Marine Litter in the Black Sea. – 2020. – № 56. – P. 268–286.
36. Finlay J. A. Effect of background colour on growth and adhesion strength of *Ulva* sporelings / J. A. Finlay, R. B. Fletcher, M. E. Callow, J. A. Callow // Biofouling. – 2008. – V. 24, № 3. – P. 219–225.
37. Guiry M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication / M. D. Guiry, G. M. Guiry // National University of Ireland, Galway. – 2020. – Электр. дан. – Режим доступа: <http://www.algaebase.org> (дата звернення: 28.11.2020) – Загол. з екрана.
38. Khatoon H. Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackishwater shrimp ponds / H. Khatoon, F. Yusoff, S. Banerjee, M. Shariff, J. SidikBujang // Aquaculture. – 2007. – V. 273, № 4. – P. 470–477.
39. Kiessling T. Marine litter as a habitat and dispersal vector / T. Kiessling, L. Gutow, M. Thiel. – Berlin : Springer, 2015. – P. 141–181.
40. Komárek J. Cyanoprokaryota. Part 2. Oscillatoriales / J. Komárek, K. Anagnostidis ; Ed. : B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz, M. Schagerl // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Heidelberg : Springer Spektrum, 2005. – Bd. 19/2. – 759 p.
41. Masó M. Microfouling communities from pelagic and benthic marine plastic debris sampled across Mediterranean coastal waters / M. Masó, J. M. Fortuño, S. de Juan, M. Demestre // Scientia Marina. – 2016. – V. 80, № 1. – P. 117–127.
42. Moncheva S. Marine Litter Quantification in the Black Sea: A Pilot Assessment. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences / S. Moncheva, K. Stefanova, A. Krastev // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science. – 2016. – V. 16. – P. 213–218.

43. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2016 / Ed. : J. Slobodnik, B. Alexandrov, V. Komorin, A. Mikaelyan, A. Guchmanidze, M. Arabidze, A. Korshenko, S. Moncheva. – 2017. – 479 p.
44. Nenadović T. Development of periphytic diatoms on different artificial substrates in the Eastern Adriatic Sea / T. Nenadović, T. Šarčević, H. Čižmek, J. Godrijan, D. M. Pfannkuchen, M. Pfannkuchen, Z. Ljubešić // *Acta Botanica Croatica*. – 2015. – V. 74, № 2. – P 377–392.
45. Pauli N. C. Macrofouling communities and the degradation of plastic bags in the sea: an in situ experiment / N. C. Pauli, J. S. Petermann, C. Lott, M. Weber // *Royal Society open science*. – 2017. – V. 4, № 10. – P. 1–10.
46. Pinnell L. J. Shotgun metagenomics reveals the benthic microbial community response to plastic and bioplastic in a coastal marine environment / L. J. Pinnell, J. W. Turner // *Frontiers in microbiology*. – 2019. – V. 10. – P. 1252.
47. *Plastics the Facts 2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data* // *PlasticsEurope*, 2015. – p. 30.
48. Reisser J. Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganisms and invertebrates / J. Reisser, J. Shaw, G. Hallegraeff, M. Proietti, D. K. A. Barnes, M. Thums, C. Wilcox, B. D. Hardesty, C. Pattiaratchi // *PloS one*. – 2014. – V. 9, № 6. – P. 1–11.
49. Ryabushko L. I. Different aspects of studying a diatom *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann et Lewin 1964 in natural and laboratory conditions / L. I. Ryabushko, D. S. Balycheva, A. V. Bondarenko, S. N. Zheleznova, A. A. Begun, I. V. Stonik // *Marine Biological Journal*. – 2019. – V. 4, № 2. – P. 52–62.
50. Şahin F. B. E. Güneydoğu Karadeniz rize Sarayköy plajında plastik kirliliği / F. B. E. Şahin, F. Karacan, Ü. Aytan // *Aquatic Research*. – 2018. – V. 1, № 3. – P. 127–135.
51. Satheesh S. Influence of substratum colour on the recruitment of macrofouling communities / S. Satheesh, S. G. Wesley // *Marine Biological Association of*

- the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. – 2010. – V. 90, № 5. – P. 941–946.
52. Snigirova A. A. Experimental studies of phytoperyphyton formation on the plastic surface / A. A. Snigirova, I. A. Kapshina // International scientific conference «Achievements in studies of marginal effect in water ecosystems and their practical significance»: Book of abstracts. – Odessa-Istanbul, 2019. – p. 50.
53. Snigirova A. Colonizing of bottom marine litter by benthic organisms in the northwestern Black Sea (Gulf of Odessa) / A. Snigirova, E. Uzun, V. Portyanko // *Marine Litter in the Black Sea*. – 2020. – № 56. – P. 247–267.
54. Suaria G. First observations on the abundance and composition of floating debris in the North-western Black Sea / G. Suaria, M. C. Melinte-Dobrinescu, G. Ion, S. Aliani // *Marine Environmental Research*. – 2015. – V. 107. – P. 45–49.
55. Sudhakar M. Biofouling and biodegradation of polyolefins in ocean waters / M. Sudhakar, A. Trishul, M. Doble, K. S. Kumar [et al.] // *Polymer Degradation and Stability*. – 2007. – V. 92, № 9. – P. 1743–1752.
56. Swain G. Short-term testing of antifouling surfaces: the importance of colour / G. Swain, S. Herpe, E. Ralston, M. Tribou // *Biofouling*. – 2006. – V. 22, № 6. – P. 425–429.
57. Terzi Y. Seasonal and spatial variations of marine litter on the south-eastern Black Sea coast / Y. Terzi, K. Seyhan // *Marine pollution bulletin*. – 2017. – V. 120, № 1–2. – P. 154–158.
58. Terzi Y. Marine litter composition and sources on coasts of south-eastern Black Sea: A long-term case study / Y. Terzi, C. Erüz, K. Özşeker // *Waste Management*. – 2020. – V. 105. – P. 139–147.
59. Vedaprakash L. Experimental studies on the effect of different metallic substrates on marine biofouling / L. Vedaprakash, R. Dineshram, K. Ratnam, K. Lakshmi, K. Jayaraj, S. M. Babu, R. Venkatesan, A. Shanmugam // *Colloids and Surfaces*. – B. : *Biointerfaces*, 2013. – T. 106. – P. 1–10.

60. Yebra D. M. Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings / D. M. Yebra, S. Kiil, K. Dam-Johansen // Progress in organic coatings. – 2004. – V. 50, № 2. – P. 75–104.