

Министерство науки и высшего образования РФ
Правительство города Севастополя
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
Всероссийское гидробиологическое общество при Российской академии наук
Русское географическое общество
Паразитологическое общество при Российской академии наук

Изучение водных и наземных экосистем: история и современность

Международная научная конференция, посвящённая 150-летию
Севастопольской биологической станции —
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского
и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий»

Тезисы докладов

13–18 сентября 2021 г.
Севастополь, Российская Федерация

Севастополь
ФИЦ ИнБЮМ
2021

Цианобактерии и диатомовые водоросли в обрастании синтетических полимерных материалов (Крым, Чёрное море): их роль и перспективы изучения

Рябушко Л. И., Мирошниченко Е. С., Благинина А. А., Широян А. Г., Лишаев Д. Н.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

larisa.ryabushko@yandex.ru

Загрязнение пластиковым мусором (полиэтилен, полистирол, полипропилен, поливинилхлорид и др.) морской среды несёт негативные последствия в прибрежных районах для жизнедеятельности гидробионтов и функционирования экосистем в целом. Изучение сообществ морских диатомовых водорослей (далее — ДВ) и цианобактерий (далее — ЦБ) перифитона пластиковых фрагментов, нехарактерных для природной среды, но являющихся дополнительными субстратами для их колонизации, приобретает высокую значимость для решения разных вопросов рационального природопользования и охраны морских акваторий от загрязнений. В целом для Чёрного моря ещё недостаточно работ по изучению обрастания синтетических полимерных материалов, а для крымского побережья они практически отсутствуют. Установление общих закономерностей формирования видового разнообразия и количественного распределения ДВ и ЦБ, поселяющихся на разных антропогенных субстратах в природных условиях, является весьма актуальным.

В связи с этим подведём некоторые итоги нашего изучения ДВ и ЦБ на поверхности синтетических материалов (мусора), который быстро покрывается альго-бактериальной плёнкой в основном из этих организмов, их взаимного влияния, а также конкуренции за субстрат между разными гидробионтами, которые формируют сообщества на соответствующих типах субстратов.

Методология разработана с учётом новых подходов в данной области исследования. Для экспериментов предварительно составлены оригинальные схемы конструкций коллекторов с разными полимерными субстратами для экспонирования их в море. Впервые изучен широкий спектр микро- и мейообрастаний каждого экспериментального образца-субстрата, представленного разными типами полимерных материалов. Это необходимо для того, чтобы выявить роль бентосных ДВ и ЦБ в обрастании поверхности соответствующего образца. Каждый этап работы, а также отдельные объекты фотографировали в световом и электронном сканирующем микроскопах.

В **открытых водах** Карантинной бухты Чёрного моря в летний сезон 2018 г. были размещены *вертикальный* в толще воды (глубина от 5 до 12 м) и *горизонтальный* на дне (глубина 17 м) коллекторы с длительностью экспозиции 46 суток. В 2020 г. в осенний сезон в **полузакрытой части** бухты на глубине от 1,5 до 3 м размещён *вертикальный* коллектор с двумя наборами образцов на сроки 48 и 84 суток. Образцы полимерных материалов на коллекторах относились к наиболее распространённым типам морского пластикового мусора. Температура и солёность воды в период исследования 2018 г. варьировали от +22,4 до +27,4 °С и от 17,0 до 18,0 ‰ соответственно, в 2020 г. — от +24,0 до +16,1 °С и от 18,2 до 18,4 ‰ соответственно.

Результаты исследований показали, что на образцах полимерных материалов обнаружены разнообразные бентосные организмы-обрастатели: донные микроводоросли и цианобактерии, силикофлагелляты, микроскопическая зелёная водоросль *Phycopeltis arundinacea*, мшанки, ракообразные, многощетинковые черви, актинии и асцидии. Указанные организмы являются конкурентами между собой и микроорганизмами за захват территории для своего заселения и имеют присущий только каждому из них химический состав, с помощью которого происходит их прикрепление.

В 2018 г. на вертикальном коллекторе на 8 типах полимерных материалов зарегистрировано 67 таксонов Bacillariophyta, относящихся к 36 родам, с наиболее разнообразными представителями класса Bacillariophyceae. Наибольшее число видов ДВ найдено на полипропиленовой (PP) сетке коллектора и контейнерах из полиэтилентерефталата (PET). Отмечена высокая встречаемость ДВ на субстратах во всём диапазоне глубин. ЦБ представлены 27 видами из 19 родов, с максимальным числом видов на PP-сетке. Зарегистрированы достаточно редкие и потенциально опасные виды. На глубине от 5 до 12 м цианобактерии практически не встречены.

На горизонтальном коллекторе на 11 типах полимерных материалов отмечено 6 видов ЦБ, их встречаемость не превышала 3 %, что указывает на неблагоприятные для них условия обитания в придонном горизонте бухты. Выявлено 48 видов ДВ, из них 18 не были найдены на вертикальном коллекторе. Встречаемость их в пробах была невысокой. Наибольшее число видов отмечено на PET-контейнерах.

В 2020 г. на 12 типах образцов полимерных материалов обнаружено 98 видов микрофитов при разных сроках экспозиции (48 и 84 суток), из них 77 — ДВ, 21 — ЦБ. С увеличением экспозиции видовое разнообразие возрастало: после 48 дней экспозиции найдено 54 вида ДВ и 16 ЦБ, после 84 дней — 68 и 20 видов соответственно. Наибольшее число видов ДВ обнаружено на образце полиэтилентерефталата с биоразлагаемыми добавками (PET bio), а ЦБ — на прозрачном полистироле (PS) и поливинилхлориде (PVC). Численность клеток ДВ варьировала от $28,65 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² на образце PET bio до $93,08 \cdot 10^3$ кл.·см⁻² на PP. Биомасса — от 0,082 мг·см⁻² на прозрачном полиэтилене высокого давления (HDPE) до 0,535 мг·см⁻² на прозрачном PS. Цианобактерии достигли максимума численности $1,89 \cdot 10^6$ кл.·см⁻² на прозрачном PS и биомассы 0,085 мкг·см⁻² на PET, а минимумов ($0,130 \cdot 10^6$ кл.·см⁻² и $0,002$ мкг·см⁻²) на непрозрачном HDPE.

За весь период исследований обнаружено 114 видов Bacillariophyta и 49 видов Cyanobacteria. Сходство флористического состава сообществ для 2018 и 2020 гг. составляло: для ДВ — 60 %, для ЦБ — 20 %. Независимо от ориентации коллекторов, практически все типы субстратов были заселены ДВ и ЦБ, которые способны к ним прикрепляться, формируя разнообразные микро рельефы на их поверхности. Они же вносят существенный вклад в извлечение минеральных веществ из морской воды путём формирования прочных наноразмерных структур. На поверхности субстратов преобладали бентосные формы как по составу видов, так и частоте встречаемости.

Морские ДВ составляли 51 %, бета-мезосапробионты — 25 %; это виды, встречающиеся в условиях умеренного органического загрязнения вод, что в целом характерно для крымского побережья Чёрного моря. Из фитогеографических элементов отмечены аркто-бореально-тропические виды и космополиты, которые достигали 54 %. Среди ЦБ морские и пресноводные виды составляли по 29 %, отмечено 6 индикаторных видов с преобладанием бета-мезосапробионтов, космополиты и аркто-бореально-тропические виды составляли 57 %.

Таким образом, на поверхности полимерных синтетических материалов, экспонированных в море, обнаружены разнообразные сообщества диатомовых водорослей и цианобактерий. Они формируют своеобразную архитектуру обрастания и особенную пространственную организацию благодаря своим физиологическим свойствам и способности к биоминерализации. В результате трансформируются новые свойства полимерных материалов, которые могут быть использованы для различных целей при разработке морских технологий биоминерализации, а также для поиска организмов, способных утилизировать пластиковые отходы в природной среде.

Работа выполнена частично по госзаданию ФИЦ ИНБЮМ № 121030300149-0 и по проекту РФФИ № 18-44-920012/20.