

DOI: 10.25205/978-5-4437-1691-6-154

**МОЖНО ЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЗВУК В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ИЛИ УПРАВЛЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ МОРСКИМ БИООБРАСТАНИЕМ?****IS IT POSSIBLE TO USE SOUND AS A TOOL TO CONTROL
OR MANAGE UNWANTED MARINE BIOFOULING?**М. А. Савицкий¹, Н. М. Столярчук², В. А. Богданович², А. В. Кузнецов²⁻⁴¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва²Центр дополнительного образования «Малая академия наук», Севастополь³Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь⁴Севастопольский государственный университетM. A. Savitskiy¹, N. M. Stolyarchuk², V. A. Bogdanovich², A. V. Kusnetsov²⁻⁴¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy²Center for Additional Education “Small Academy of Sciences”, Sevastopol³A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas RAS, Sevastopol⁴Sevastopol State University

✉ maxsav37@gmail.com

Аннотация

Проведены исследования воздействия звука на сообщество перифитона Черного моря в искусственных условиях. Применяли широкий диапазон частот (0–30 кГц) и низкую мощность (5 Вт) для генерации звуковых волн. При подаче звука наблюдалось достоверное снижение роста первичных обрастателей. Результаты показывают, что звук можно использовать в качестве низкоэнергетического, нетоксичного и неинвазивного инструмента для борьбы с морским биообрастанием.

Abstract

Studies have been conducted on the impact of sound on the Black Sea periphyton community under artificial conditions. A wide range of frequencies (0–30 kHz) and low power (5 W) were used to generate sound waves. A significant reduction in primary fouling growth was observed under sound exposure. The results offer a potential eco-friendly solution to marine biofouling challenges.

Коммуникация между организмами перифитона включает в себя не только химические сигналы, но и физические, например, звуковые воздействия [1]. В нашей лаборатории проводили исследования механо-чувствительных рецепторов отдельных морских организмов, например, принадлежащих мидиям *Mytilus galloprovincialis* [1], простейшим многоклеточным, как *Mnemiopsis leidyi* [2] и *Trichoplax adhaerens* [3], но резонансные частоты для надмолекулярных сенсоров определить не удалось [4]. Поэтому в работе использовали альтернативный подход, а именно, облучали сообщество организмов-обрастателей широким спектром звуковых частот.

Обрастание поверхностей морскими организмами начинается с бактерий и заканчивается крупными многоклеточными организмами, что необходимо учитывать при разработке средств против обрастания [5]. Сначала к субстрату прикрепляются микроорганизмы, формируя биопленку, затем простейшие, потом микроводоросли, многоклеточные и крупные организмы. В сообществе все они связаны множественными отношениями, в том числе пищевым отношением — хищник-жертва. Тем не менее, коммуникация между организмами перифитона с помощью химических и физических сигналов остается малоизученной.

Эксперименты по исследованию влияния звука на процесс обрастания проводили на базе ФИЦ ИнБЮМ в двух полиэтиленовых ваннах объемом по 20 л, в которых еженедельно осуществляли смену морской воды в течение полугода. Одна ванна служила контролем, в другую были погружены 2 звукоизлучателя SFM-27 размером 30 × 16 мм на основе пьезоэлемента, управляемые микроконтроллером на плате Arduino Nano. Частота звука варьировалась дискретно с шагом 1 Гц от 0 до 30 кГц туда и обратно с длительностью на каждой частоте по 10 мс.

Через 6 месяцев непрерывного эксперимента подавление обрастания в опытной ванне стало заметно невооруженным взглядом. Анализ изображений внутренних поверхностей ванн с применением U-критерия Манна — Уитни показал по черно-белому и зеленому каналам статистически значимые различия ($p < 0,01$) в обрастании между опытной и контрольной группами.

Необходимо отметить, что используемая мощность излучателя (5 Вт) значительно меньше, чем в традиционных ультразвуковых установках, вызывающих кавитацию [6, 7]. Наши результаты можно интерпретировать, как слабознергетическое воздействие на сообщество организмов-обрастателей, нарушающее связи между биологическими объектами в сообществе. Другой отличительной особенностью проведенного эксперимента был отказ от уникальных звуковых частот, описанных в литературе [8]. Мы использовали широкий набор частот, которые потенциально могут вызывать различные реакции у разных организмов в сумме затрудняющие образование сплоченного сообщества обрастателей.

В итоге, эксперименты показали, что звуковое воздействие может негативно влиять на формирование сообщества морских обрастателей, что позволит глубже понять природу их взаимодействий и предположить возможные пути регулирования данного процесса.

Литература

1. Кузнецов А.В., Петров А.Н., Пиркова А.В., Сергеева Е. В. Структура механорецепции и способность к адгезии у моллюди мидии *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) при воздействии ультразвука // Системы контроля окружающей среды. 2023. № 4(54). С 1–51.
2. Кузнецов А.В., Втюрина Д.Н. Пространственная реконструкция TRPC-механорецепторов гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 // Молекулярная биология. 2023. Т. 57, № 4. С. 726–735.
3. Kuznetsov A.V., Grishin I.Yu., Vtyurina D.N. Spatial Models of Piezo Proteins and Protein-Protein Interaction Networks in Trichoplax Animals (Placozoa) // Molecular Biology. 2023. Vol. 57, № 5. P. 905–912.
4. Курченко В.М. Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему «Сравнение TRP-рецепторов трихоплаксов и человека: механические модели». Севастополь, 2023. 101 с.
5. Amara I., Miled W., Slama R.B., Ladhari N. Antifouling processes and toxicity effects of antifouling paints on marine environment. A review // Environ Toxicol Pharmacol. 2018. Vol. 57. P. 115–130.
6. Долгопольская М.А. Аксельбанд А.М. Действие ультразвуковых колебаний на организмы морских обрастаний и процесс обрастания // Тр. Севаст. биостанции. 1964. Т. 17. С. 309–324.
7. Неврова Е.Л., Петров А.Н., Мороз Н.А., Касьянов А.Б. Экспериментальное изучение воздействия ультразвука на микроперифитон искусственных субстратов с целью защиты от биопомех систем технического водоснабжения АЭС // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон моря. 2023. № 3. С. 98–113.
8. Звягинцев А.Ю., Полтаруха О.П., Масленников С.И. Обрастание морских систем технического водоснабжения и анализ методов защиты от обрастания в водоводах (аналитический обзор) // Вода: химия и экология. 2015. № 1. С. 37–60.