

УДК 502.052

К. Д. Черкашина, Е. В. Краснов

РОЛЬ БИООБРАСТАНИЙ В ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ

43

Исследованы особенности микро- и макрообрастаний в перифитонных сообществах водорослей и бактерий в Вислинской лагуне и на участке открытого морского побережья Южной Балтики, а также их таксономический состав. Выявлена индифферентность обрастаний от характера субстратов и доминирование ульвовых в условиях загрязненных вод. В соответствии с видовым разнообразием дана оценка экологического состояния изученных прибрежно-морских сообществ. Подтверждена последовательная смена сообществ бактерий и микроводорослей на начальных стадиях микрообрастания.

The article investigates properties of micro- and macrofouling in periphyton communities of algae and bacteria in the Vislinskiaya lagoon and the open coastal space of the South Baltic as well as their taxonomic composition. The authors reveal fouling indifference of the nature of the substrates and Ulva dominance in polluted water conditions. The ecological status of the studied coastal marine communities is assessed in accordance with the diversity of species. Succession of communities of bacteria and microalgae in the initial stages microfouling is confirmed.

Ключевые слова: Балтийское море, прибрежные экосистемы, перифитон, микро- и макрообрастания.

Key words: the Baltic sea, coastal ecosystems, benthos, micro- and macrofouling.

Введение

Статья посвящена перифитонным сообществам обрастающих водорослей и бактерий, возникающим на различных субстратах в прибрежно-морских водах [1]. Такие сообщества обычны на прибрежных валунах и скалах, частях судов, гидротехнических сооружениях и других искусственных субстратах, а зачастую и живых организмах (кораллы, моллюски, известковые водоросли).

Процесс биообрастания начинается с оседания на поверхность субстрата бактериальных клеток, спор микроскопических грибов и диатомовых водорослей. Бактериальная пленка образуется уже через несколько часов. На субстратах сначала появляются единичные клетки бактерий, затем их количество постепенно увеличивается [2]. Помимо бактерий пленка состоит из диатомовых водорослей и микроскопических грибов [3].



После образования бактериальной пленки начинается процесс макрообрастания [4]. Он может идти различным образом — в зависимости от внешних факторов: солёности водоема, температуры, направления течений, видовой структуры экосистемы. Чаще всего после бактериальной пленки формируется сообщество макрофитов, а на завершающей стадии происходит обрастание животными (белянусы, мидии, мшанки и др.). Бактериальная пленка может быть необходимым условием для начала макрообрастания, может мешать ему или не оказывать никакого воздействия. Процесс начинается с осаждения на поверхности бактериальной пленки спор макрофитов, а обрастание моллюсками — с осаждения их личинок на поверхность субстрата [5].

Роль биообрастаний в прибрежных экосистемах чрезвычайно велика. Сообщество бентосных организмов чаще всего служит своеобразным биофильтром, но также может быть пищей для животных и людей. Большое влияние обрастания оказывают на хозяйственную деятельность человека. Они используются в марикультуре для выращивания съедобных моллюсков, например мидий [6]. Вместе с тем обрастания оказывают неблагоприятное влияние на судоходство и эксплуатацию гидротехнических конструкций.

Биомасса морских обрастаний может достигать очень больших значений, иногда до 40 кг на м² в год и более [7]. Обрастания замедляют скорость движения судов: повышение шероховатости корпуса корабля на 0,1 мм увеличивает сопротивление трения на 10%. Даже микрообрастания наносят большой вред судоходству [8]. Наибольшую опасность представляет обрастание судовых винтов и топливопроводов, что может вызывать аварии и даже гибель судна. Из-за обрастания происходит затопление буев, увеличивается волновая нагрузка на гидротехнические сооружения [9]. Обрастания могут ускорять разрушение различных конструкций в воде.

Долгое время исследования морских обрастаний были сосредоточены на негативных последствиях этого явления для хозяйственной деятельности человека, и главной целью таких работ становился поиск эффективного способа защиты от обрастаний. Но, как пишет известный в этой области специалист А. Ю. Звягинцев, «обрастание — это не холерный вибрион или вирус СПИДа, с которым необходимо бороться. Это те же виды бентосных животных и водорослей, но обитающие на антропогенных субстратах». Зачастую именно антропогенное воздействие вызывает аномальную биологическую активность обрастателей.

Сообщества обрастаний могут использоваться для биоиндикации состояния морских экосистем. Отдельные группы обрастателей способны в процессе жизнедеятельности накапливать микроэлементы, загрязняясь тяжелыми металлами [10]. Изучая видовой состав и сукцессию обрастаний, оценивают сапробность и загрязненность водоема [11].

В юго-восточном секторе Балтики бентосные сообщества слабо изучены. Исследования в основном посвящены таксономическому анализу. Л. В. Рудзинская и А. А. Гусев выполнили таксономический анализ и изучили распределение макрозообентоса в ходе производственного экологического мониторинга Кравцовского морского нефтяного ме-



сторождения [12]. А. А. Володина представила данные о видовом составе прибрежных сообществ обрастаний и дрейфующих вдольбереговых макроводорослей для российской части Гданьского залива [13].

Цель данной работы: анализ динамики биообрастаний в Вислинской лагуне и на участке открытого морского побережья (пляж Зеленоградска), а также видового разнообразия прибрежно-морских сообществ в пяти точках наблюдения (Зеленоградск, городское поселение Пионерский, поселки Фирино, Мечниково, Прибрежный).

Объекты и методы исследования

В период с июня по сентябрь 2016 г. в полевых условиях исследовали видовой состав обрастаний на пяти стационарных точках (рис. 1). Видовые определения водорослей-макрофитов проводились при консультациях с канд. биол. наук А. А. Володиной (Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Широва).

45

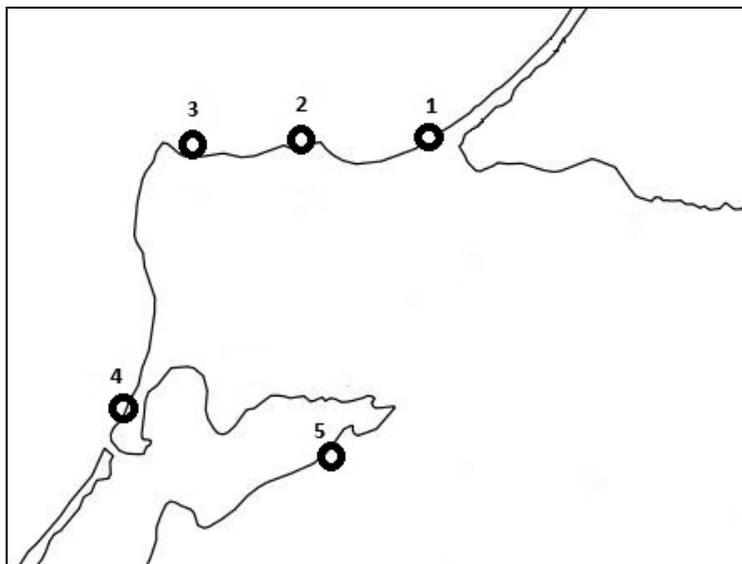


Рис. 1. Места отбора проб биообрастаний:
1 – Зеленоградск; 2 – Пионерский; 3 – пос. Фирино;
4 – пос. Мечниково; 5 – пос. Прибрежный

Методика эксперимента. В качестве субстрата использовались стеклянные пластины размером $17,1 \pm 0,2$ см \times $13,7 \pm 0,1$ см и стандартные микроскопные стекла. Штативы со стеклами помещались в воду на глубину 1 м. Эксперимент продолжался три часа. Каждый час проводилось визуальное обследование, а стекла с малого штатива помещали в пробирки объемом 50 мл, наполненные стерильной водой. Через час после окончания эксперимента обрастания стеклянных пластин обследовались методом микроскопии с увеличениями в 140 и 280 раз.

Результаты и их обсуждение

Полевые исследования. В ходе обследования обрастаний различных субстратов на морском и лагунном мелководьях было выявлено, что макрофитами в равной степени обрастают деревянные молы, гидротехнические сооружения, прибрежные камни и валуны.

На пляже Зеленоградска в большом количестве встречаются водоросли рода *Ulva* (в основном *U. prolifera*) (рис. 2, а, б), которые преимущественно обитают в морских водоемах. Однако вид *U. prolifera* – солонатоводный и эвригалинный. Благоприятно для ульвовых повышенное содержание в воде органических веществ, они лучше других морских водорослей выносят загрязнение, растут преимущественно в бухтах.

46

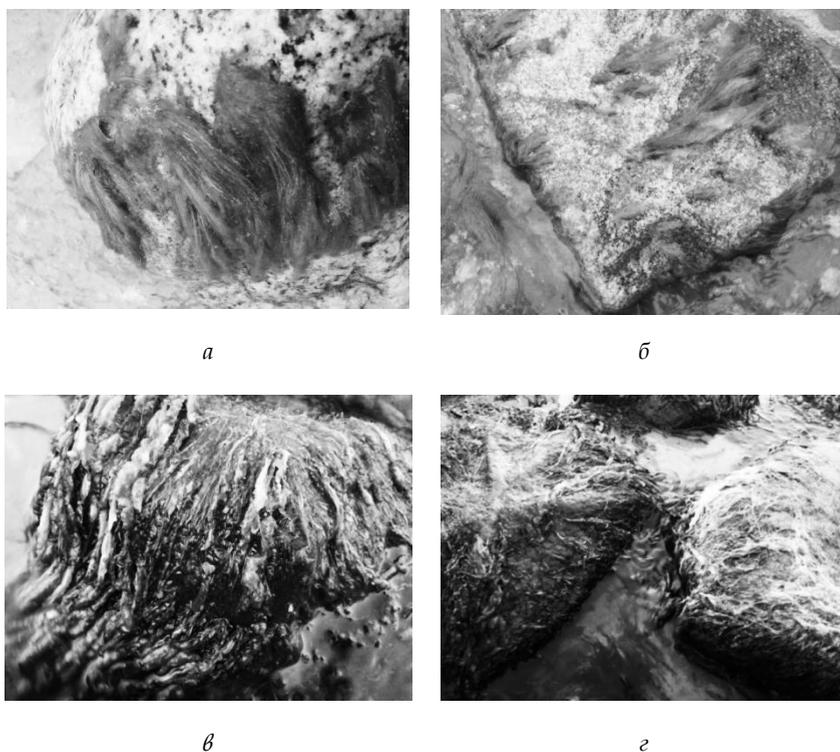


Рис. 2. Ульва прорастающая (*Ulva prolifera*) на валунах:
а – гранито-гнейса; б – гранодиорита;
ульва кишечная (*Ulva intestinalis*):
в – на деревянной буне; г – на валуне гранита

Большое количество нитчатых водорослей *Cladophora rupestris* указывает на высокое содержание органических веществ в воде. Этот вид также устойчив к загрязнению в водоеме. Типично морской вид *Cerarium tenuicorne* редок. Балянусы и мшанки встречаются на небольших валунах, принесенных, вероятно, на побережье с большей глубины.



У пос. Филино и на пляже курорта Пионерского в обрастаниях доминирует водоросль *Ulva intestinalis* (рис. 2, в, г). Но в выбросах встречается и красная водоросль *Ceramium tenuicorne* (рис. 3, а). Ее большая масса на побережье в августе и сентябре объясняется тем, что она однолетняя, произрастает на большей глубине, чем ульвовые. Хотя некоторые виды красных водорослей обитают в пресных водоемах, они более чувствительны к загрязнению, чем зеленые. У типично морских видов повышенная потребность к содержанию кислорода в воде по сравнению с пресноводными и эвригалинными видами. Этим, вероятно, объясняется обилие красных водорослей, так как данный участок акватории — наиболее аэрируемая зона побережья Калининградской области. Только в бухте Филино обнаружен представитель класса бурых водорослей — *Fucus vesiculosus*, — наиболее чувствительный к загрязнению.

47



а

б

Рис. 3. Водоросли:

а — церамиум тонкорогий (*Ceramium tenuicorne*);б — взморник морской (*Zostera marina*)

У пос. Мечниково на мористой части побережья на экосистему оказывается самое слабое антропогенное влияние. Здесь в выбросах обнаружены *Ulva intestinalis* (рис. 2, в, г), большое количество взморника морского *Zostera marina* (рис. 3, б), обитающего в соленых и солоноватых водах на илисто-песчаной, хорошо прогреваемой литорали. Это травянистое многолетнее растение. Чтобы выжить в соленой воде, взморник вырабатывает пектин — зостерин. На мелководье иногда образует подводные луга.

Вблизи пос. Прибрежного в выбросах также встречены водоросли вида *Ulva intestinalis* (рис. 2, в, г) и *Cladophora rupestris*. Для обрастаний на небольших валунах характерна кладофора сборная, наиболее устойчивая к загрязнению водоема. Здесь отмечено также большое количество рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus*) (рис. 4, а) и роголиста погруженного (*Ceratophyllum demersum*) (рис. 4, б).



а

б

Рис. 4. Водоросли:

а – рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*);б – роголист погруженный (*Ceratophyllum demersum*)

Рдест произрастает в пресноводных и солоноватых водоемах. В большом количестве он встречен в выбросах пос. Прибрежного и в ближайшем карьере, отделенном от Вислинской лагуны песчаной косой. В экосистеме пресных водоемов это растение служит пищей для моллюсков, рыб, водоплавающих птиц. Способствуют зарастанию и заилению водоемов.

Роголист погруженный (*Ceratophyllum demersum*) – интродуцент, родина этого растения – Северная Америка. Часто инвазия вызывает опасные последствия. При определенных условиях роголист занимает доминирующее положение в водоеме и угнетает жизнедеятельность других видов высших растений, что постепенно приводит к значительным изменениям экосистемы.

В пресных водоемах активное размножение рдеста и роголиста приводит к заилению и зарастанию акватории. На металлических трубах в подводных условиях появляется тонкий слой бактериального мата, что указывает на застойность и евтрофикацию водоема.

Экспериментальная часть исследования. У пос. Прибрежного и вблизи Зеленоградска (рис. 1) были проведены опыты по определению особенностей образования первичной бактериально-водорослевой пленки на стеклянном субстрате.

У пос. Прибрежного эксперимент проведен 19.08.2016 г. при температуре воздуха 23,0°С и воды 19,0°С. Спустя час визуальное обследование выявило на верхней части стеклянной пластины около 10 скоплений обрастающей микрофлоры зеленого цвета диаметром от 0,5 до 1 мм. Через 2 часа под микроскопом были обнаружены колонии микроводорослей и бактерий (рис. 5).

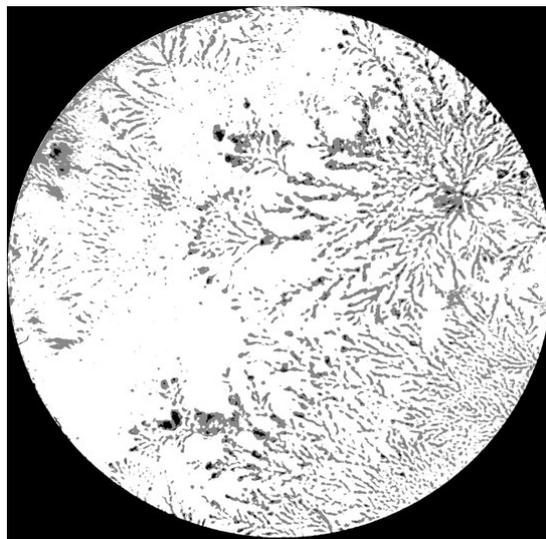


Рис. 5. Микроводоросли на стеклянной пластине после двухчасового эксперимента на мелководье у пос. Прибрежный (увеличено в 280 раз)

После двух часов эксперимента количество микрообрастаний увеличилось до 15–20 на 1 см². Некоторые из них были окрашены в желтый цвет. К третьему часу количество скоплений составляло 20–30 на 1 см², размер — от 0,5 до 3 мм. При увеличении в 140 раз видна сплошная пленка колоний микроводорослей. При увеличении в 280 раз различимы колонии клеток, плотно прилегающих друг к другу и расположенных ячеисто.

У Зеленоградска в корневой части Куршской косы эксперимент проводился 20.08.2016 г. при температуре воздуха 22,7°С и воды 18,9°С. После первого часа на верхней части пластины появилось большое количество микрообрастаний коричневого цвета (около 10 на 1 см²) диаметром от 0,5 до 2 мм. При микроскопическом обследовании кроме сплошной пленки были различимы и ветвистые колонии микроводорослей.

Спустя 2 часа количество обрастающей микрофлоры увеличилось в 2 раза. Под микроскопом была видна пленка микроводорослей ячеистого строения. По окончании эксперимента общее количество микрообрастаний составляло около 30 на 1 см², а их диаметр варьировался от 0,5 до 3 мм. Колонии микроводорослей плотно прижаты друг к другу. При увеличении в 280 раз на ветвях колоний микроводорослей видны большие колонии бактерий.

При визуальном обследовании стеклов постоянно наблюдалось появление колоний микроводорослей, но скорость их образования была выше в опытных образцах у Зеленоградска.



У пос. Прибрежного в лагунных условиях выявлена большая доля бактерий.

Выводы

Проанализированно видовое разнообразие водорослей-макрофитов в Вислинской лагуне и на участках открытого морского побережья Южной Балтики. Доминирующее положение здесь занимают водоросли рода ульвовых. Главная их особенность – устойчивость к загрязнению. Красные водоросли обнаружены на побережье хорошо аэрируемых участков акватории. На мелководье Вислинской лагуны обнаружены виды высших растений, произрастающих обычно в пресной воде и способствующих зарастанию и заилению водоема. Подтверждена последовательная смена сообществ бактерий и микроводорослей на начальных стадиях микрообрастания. Экспериментально выявлены некоторые характерные особенности сукцессии микрообрастаний при разном гидрохимическом режиме у поселка – открытого моря и лагуны. Показано, что скорость развития первичной бактериально-водорослевой пленки выше в условиях открытого побережья. Большее количество бактерий в составе обрастаний стеклянных пластин в лагунных водах указывает на застойный режим и евтрофикацию водоема.

50

Список литературы

1. Протасов А.А. Перифитон: терминология и основные определения // Гидробиол. журн. 1982. Т. 18, №1 С. 9–13.
2. Биологические основы борьбы с обрастанием / отв. ред. В.А. Водяницкий. Киев, 1973.
3. Арабей Т.И., Белоглазов С.М. Коррозия низкоуглеродистой стали, защищенной модифицированными лакокрасочными покрытиями, в присутствии *Phialophora fastigiata* // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. Вып. 7. С. 84–89.
4. Добрецов С.В., Раиклин А.И. Корреляционные связи морского микрообрастания и макрообрастания в Белом море // Биология моря. 1994. Т. 20, №2. С. 115–119.
5. Раиклин А.И. Колонизация твердых тел бентосными организмами. СПб., 2008.
6. Гальцова В.В. и др. Исследование биоценоза мидий на искусственных субстратах в условиях марикультуры на Белом море // Экология обрастаний в Белом море. Л., 1985. С. 76–88.
7. Schultz M.P. et al. Economic impact of biofouling on a naval surface ship. // Biofouling. 2011. Vol. 27, № 1. P. 87–98.
8. Schultz M.P. Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering // Biofouling. 2007. Vol. 23, № 5. P. 331–341.
9. Багиров Р.М. Обрастание буев и гидротехнических сооружений в Красноводском заливе // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1967. Т. 85. С. 38–42.
10. Капков В.И., Беленикина О.А. Биомаркеры загрязнения морских экосистем тяжелыми металлами // Водные экосистемы и организмы. 2003. Т. 6. С. 68–69.
11. Бегун А.А., Рябушко Л.И., Звягинцев А.Ю. Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона экспериментальных пластин из



разных по степени трофности акваторий залива Петра Великого (Японское море) // Альгология. 2009. Т. 19, № 3. С. 257 – 272.

12. Сивков В. В., Жамойда В. А., Жиндарев Л. А. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2 : Море. Калининград, 2012. С. 575.

13. Гольманова А. А., Володина А. А. Макроводоросли прибрежных сообществ обрастаний и вдольбереговых дрейфующих выбросов российской части Гданьского залива (Балтийское море, Калининградская область) // ИННОВАЦИИ. 2013. № 20. С. 6 – 15.

Об авторах

Ксения Дмитриевна Черкашина – магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: cherkashina-1993@mail.ru

Евгений Васильевич Краснов – д-р геол.-минерал. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: ecogeography@rambler.ru

About the authors

Kseniia Cherkashina, magistrant, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: cherkashina-1993@mail.ru

Prof. Eugene Krasnov, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: ecogeography@rambler.ru