

УДК 579.25:582.26 (262.54) (210.5)

А.Н. СОЛОНЕНКО

Мелитопольский гос. пед. ун-т им. Б. Хмельницкого,
каф. ботаники и садово-парк. хоз-ва,
ул. Ленина, 20, 72312 Мелитополь, Украина

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА *CLADOPHORA SIVASCHENSIS* C. MEYER
(*CHLOROPHYTA*) В РАПЕ**

Исследованы процессы деструкции органического вещества зеленой водоросли *Cladophora sivaschensis* в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы (у оз. Красное) и Арабатской стрелки (вблизи оз. Зябловское). Показано, что при разложении органического вещества *C. sivaschensis* происходят колебательные изменения pH среды и уменьшение содержания растворенного кислорода. Наибольшая интенсивность процесса деструкции происходит при среднелетней температуре (25 °C) на 15–25-е сутки, а при среднегодовой (14 °C) – на 20–25-е сутки.

Ключевые слова: деструкция, рапа, амфибиальные участки, *Cladophora sivaschensis*.

Введение

Амфибиальные участки достаточно широко распространены в аридной зоне юга Украины. Они представлены либо автономными системами, либо минеротрофными подчиненными ландшафтами с высокой первичной продукцией или же пограничными зонами между двумя ландшафтными зонами, составляя экотоны. Последнее очень характерно для морских побережий (Заварзин, 2003). Амфибиальные участки побережья Азово-Черноморского бассейна представлены широким разнообразием форм и размеров, изрезанностью береговых линий, глубин, прозрачности и цвета вод, содержанием химических веществ, составом донных отложений и т.п. (Ястреб и др., 2007). На таких участках основным продуцентом первичного органического вещества являются водоросли. В ходе экспедиционных исследований территорий Бердянской косы и Арабатской стрелки обнаружены амфибиальные участки, на которых наблюдались макроскопические разрастания зеленой водоросли *Cladophora sivaschensis*. В донных отложениях этих участков встречалась лечебная грязь (пелоид). Обнаруженные пелоиды, согласно общепринятой классификации (Лобода, 1999), по своему составу относятся к грязе-иловым сульфидным отложениям соленых водоемов.

В результате жизнедеятельности микро- и макроорганизмов в донных отложениях накапливаются разнообразные органические вещества, что, в конечном итоге, влияет на качество пелоида. Характер превращения органического вещества, его интенсивность, конечные продукты являются важным предметом исследований. Процесс разложе-

© А.Н. Солоненко, 2012

ния органического вещества интенсивно изучается (Заварзин, Колотилова, 2001; Добровольская, 2002; Гаретова, 2003; Заварзин, 2003; Дзюбан, 2005; Дзюбан и др., 2005; Ступникова, Мурадов, 2005; Дзюбан, 2007). Вместе с тем, данные о деструкции водорослевой мортмассы фрагментарны, до сих пор недостаточно изучены и в основном касаются синезеленых водорослей (Добрынин, 1979; Бонч-Осмаловская и др., 1987; Черняковская, 2010).

Поэтому особый интерес представляют особенности деструкции *C. sivaschensis*, широко распространенной в районе исследования.

Целью данной работы было изучение особенностей деструкции органической мортмассы зеленой водоросли *C. sivaschensis* в рапе амфибиальных участков Бердянской косы и Арабатской стрелки – мест образования сульфидных пелоидов.

Материалы и методы

Материалом для исследования деструкции водорослевого органического вещества послужили макроскопические разрастания зеленой водоросли *C. sivaschensis*, собранные на амфибиальных участках, Бердянской косы вблизи оз. Красное и на Арабатской стрелке у оз. Зябловское.

Пробы рапы отбирали с помощью батометра. Процесс деструкции определяли по изменению мортмассы макроскопических разрастаний *C. sivaschensis* в лабораторных условиях. Для этого навеску массой 2 г помещали в колбы объемом 1 л и заливали рапой. Плотнo закрытые пробкой колбы помещали в термостаты для экспонирования при средне-летней температуре 25 °С и в холодильные установки для экспонирования при среднегодовой температуре 14 °С на 25 сут. Через каждые 5 сут изымали по одной колбе для измерения потери массы помещенной навески. Для опыта использовали навеску мортмассы водорослей, высушенную до постоянной массы при температуре 105 °С в течение 2 ч. Опыт проводили в трехкратной повторности. Результаты статистически обрабатывали и использовали для построения графиков. Полученные данные превышали 95 %-ный уровень значимости.

Параллельно измеряли содержание кислорода по методу Винклера, рН среды устанавливали потенциометрическим методом, соленость рапы рассчитывали по абсолютной электропроводности (Руководство ..., 2003). В процессе деструкции соленость рапы не менялась, составляя 140–145 г/л (Арабатская стрелка) и 160–165 г/л (Бердянская коса).

Результаты и обсуждение

Деструкция органического вещества макроскопических разрастаний водорослей в рапе из амфибиальных участков связана со структурой соответствующих микробных сообществ, где присутствуют, как и в других гидроэкосистемах, различные эколого-трофические группы микроорганизмов – деструкторов, а также с температурным и кислородным режимами, рН среды, соленостью и др. (Добрынин, 1979; Заварзин и др.,

2001; Заварзин, 2003; Гаретова, 2003; Дзюбан, 2005; Дзюбан и др., 2005; Дзюбан, 2007; Черняковская, 2010).

Деструкция органического вещества водоросли *C. sivaschensis* в рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки на протяжении эксперимента изменялась. При среднелетней температуре на 5-е сут эксперимента потеря массы составляла 13,5–14 %, на 10-е сут – 25–25,5 % и на 15-е сут – 35 % (рис. 1). В дальнейшем процесс несколько замедлялся и кривая потери массы становилась более пологой: за 20 сут потеря массы составила 38–39 %, а за 25 сут – 41 %. Аналогичный характер изменения массы наблюдался при среднегодовой температуре, с той лишь разницей, что максимум скорости деструкции наступал несколько позже, а с 20-х сут начиналось торможение этих процессов.

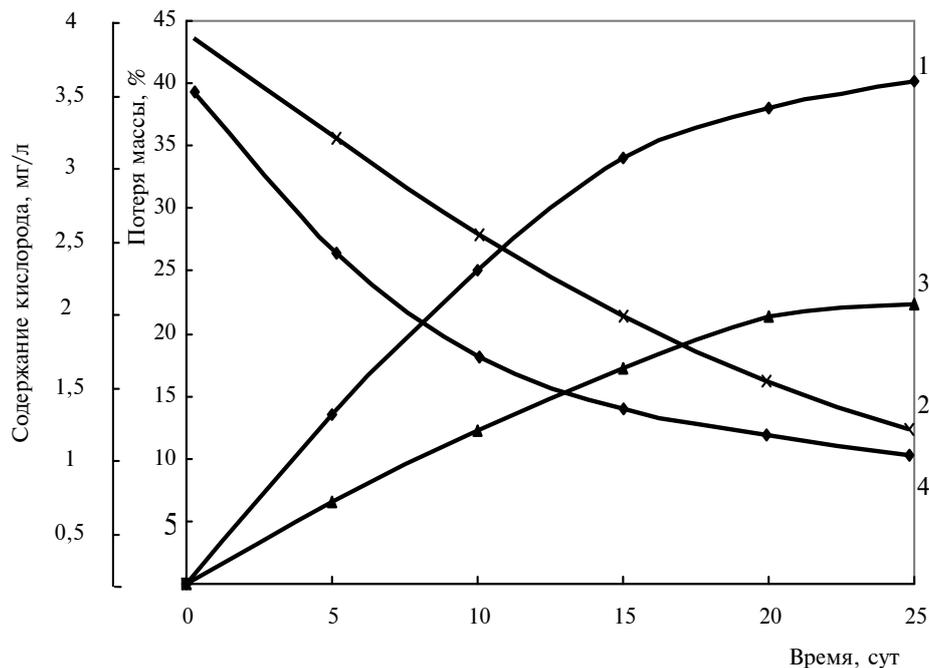


Рис. 1. Деструкция органического вещества зеленой водоросли *Cladophora sivaschensis* и содержание кислорода в рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки при разной температуре: 1, 2 – среднелетняя температура (25 °С); 3, 4 – среднегодовая температура (14 °С) (1, 3 – деструкции органического вещества, 2, 4 – содержание кислорода)

Деструкция органического вещества зеленой водоросли *C. sivaschensis* в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы происходит менее интенсивно, чем в рапе, отобранной на Арабатской стрелке (рис. 1, 2). При среднелетней температуре наблюдается интенсивная деструкция, которая на 5-е сут составляет 11 %, на 10-е – 23 %, на 15-е – 30 %, а на 16-е сут процесс постепенно замедляется. При среднегодовой

температуре на 5-е сут потеря массы составляла 5 %, на 10-е – 10 %, на 15-е – 15 %. Максимум скорости деструкции приходится на 18–20-е сут, а затем значительно замедляется.

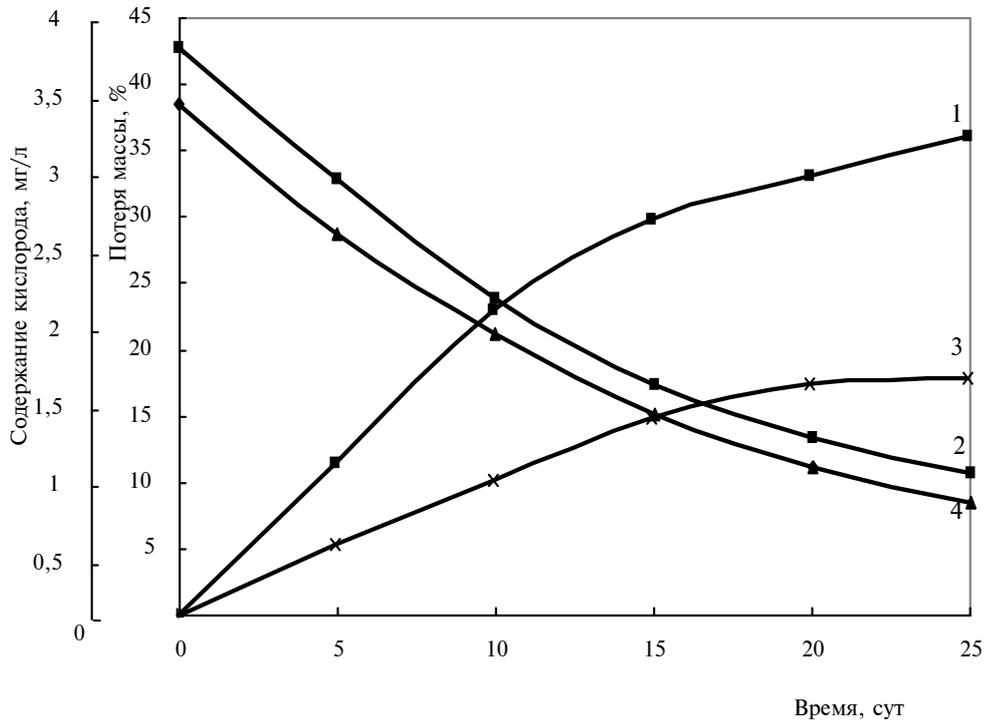


Рис. 2. Деструкция органического вещества *Cladophora sivaschensis* и содержание кислорода в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы при разной температуре: 1, 2 – среднелетняя температура (25 °С); 3, 4 – среднегодовая температура (14 °С) (1, 3 – деструкция органического вещества, 2, 4 – содержание кислорода)

Максимальная скорость деструкции органического вещества в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы при температуре 25 °С наблюдается на 10–15-е сут (30 %), а при 14 °С – на 18–20-е сут (18 %). На 25-е сут при среднелетней температуре потеря мортмассы водорослей составляла 35 %, а при среднегодовой – 17 %. Сравнение с аналогичными показателями в рапе из аналогичных участков Арабатской стрелки показывает, что процесс деструкции мортмассы в рапе из аналогичных амфибиальных участков Бердянской косы менее интенсивный, хотя при этом наблюдается сходный характер протекания процесса, что подтверждается идентичным типом кривых деструкции (рис. 1, 2). Таким образом, при среднелетней и среднегодовой температурах в рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки и Бердянской косы развиваются аналогичные по направленности процессы деструкции органического вещества водорослей в рапе, несколько отличающиеся по интенсивности.

Повышение температуры до среднетемпературной ускоряет разложение органического вещества, что объясняется оптимальными условиями развития микроорганизмов-деструкторов. Снижение температуры приводит к угнетению деятельности микроорганизмов в рапе, что отмечено также при изучении деструкции органического вещества в природных условиях (Добрынин, 1979).

Деструкция мортмассы *C. sivaschensis* в нашем эксперименте сопровождалась снижением количества растворенного кислорода в рапе исследованных амфибиальных участков (рис. 1, 2). При среднетемпературной температуре на пятые сутки содержание кислорода в рапе, отобранной из амфибиальных участков Арабатской стрелки и Бердянской косы, составило 3 мг/л (начальное количество – 3,8 мг/л), на 10-е сут – 2,3 мг/л. В период максимальной потери водородосоевой массы концентрация кислорода составляла 2,2–2,3 мг/л. Минимальное содержание кислорода зафиксировано на 25-е сут – 1,1 мг/л. Аналогичные закономерности наблюдаются и при среднегодовой температуре. На 5-е сут содержание кислорода в рапе составляло 2,6 мг/л, на период максимальной скорости деструкции – 1,3 мг/л и на 25-е сут – менее 0,9 мг/л. Критические концентрации кислорода 1,1–0,9 мг/л фиксируются с 20–25-х сут при температуре 25 и 14 °С соответственно, что свидетельствует о формировании анаэробных условий в этот период.

В процессе эксперимента отмечено изменение рН рапы (рис. 3, 4).

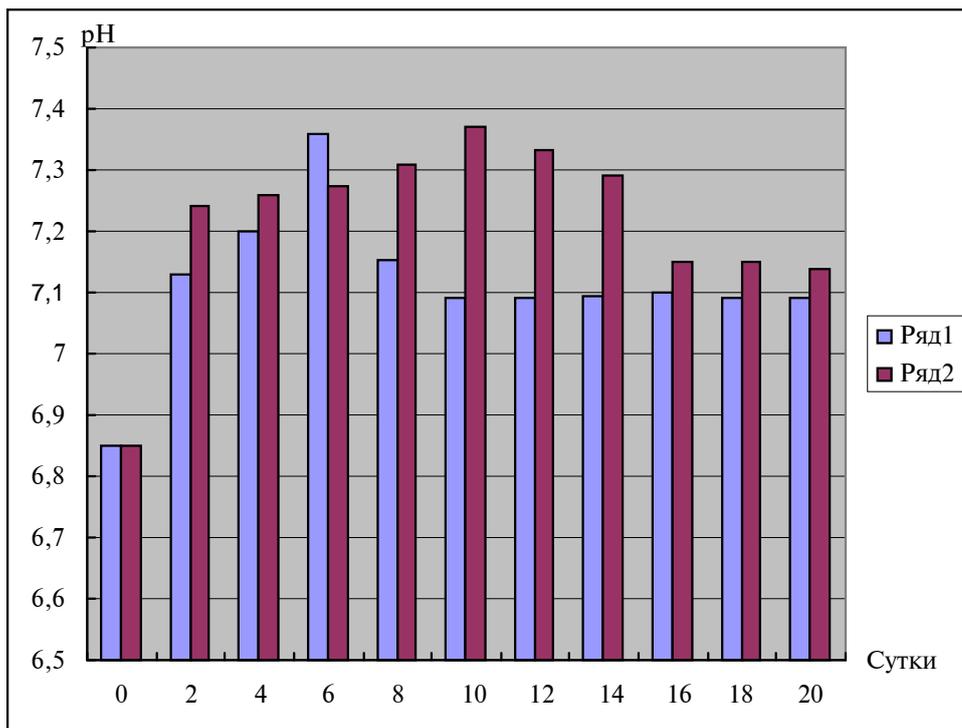


Рис. 3. Изменение значения рН в рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки в процессе деструкции *Cladophora sivaschensis* при 25°C – ряд 1 и при 14°C – ряд 2

В рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки при протекании деструкции при температуре 25 °С значение рН на 5-6-е сутки возрастает с 6,85 до 7,37, а затем уменьшается до 7,1 на 10-е сут. Это объясняется тем, что в ходе деструкции образуются низкомолекулярные органические вещества, имеющие слабощелочную природу. С 12-х сут значение рН практически не меняется. При среднегодовой температуре значение рН на 10-е сут возрастает с 6,85 до 7,37, а затем на 15-е сутки уменьшается до 7,15. Начиная с 15-х сут значение рН практически не меняется.

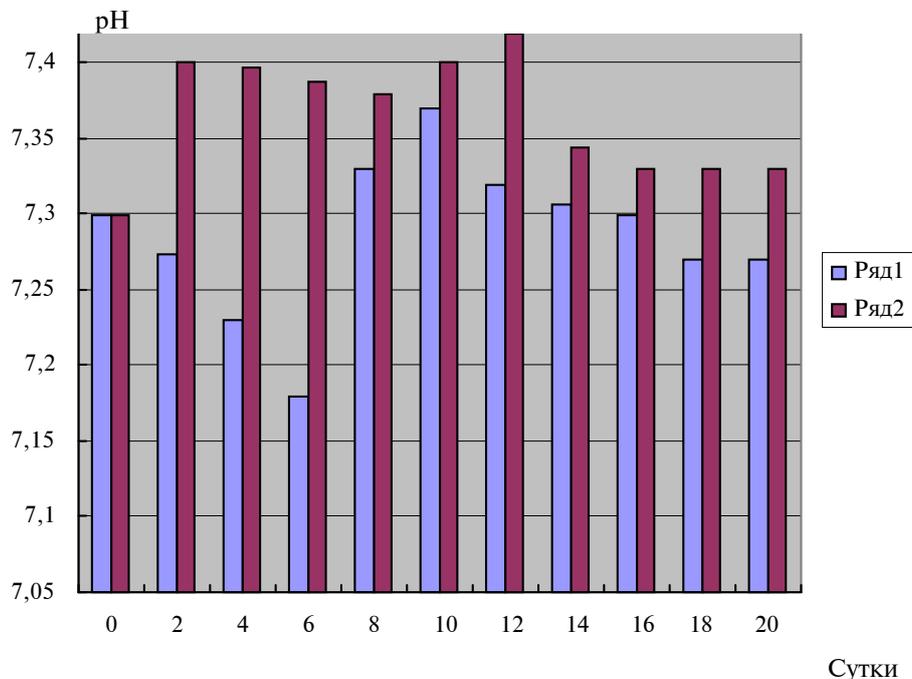


Рис. 4. Изменение значения рН в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы в процессе деструкции *Cladophora sivaschensis* при 25 °С – ряд 1 и 14 °С – ряд 2

При деструкции органического вещества *C. sivaschensis* в рапе из амфибиальных участков Бердянской косы значение рН на 5-6-е сут уменьшается с 7,3 до 7,17, а затем возрастает до 7,38 на 10-е сут при температуре 25 °С (рис. 4). С 12-х сут значение рН практически не меняется и на 18-е сут стабилизируется (7,27).

При среднегодовой температуре значение рН на 2-е сут возрастает с 7,3 до 7,4, а затем уменьшается до 7,37 на 8-е сут, после чего происходит небольшое увеличение значения рН до 7,42 на 12-е сут и с 16-х сут значение рН практически не меняется.

Выводы

Деструкция органического вещества *Cladophora sivaschensis* наиболее интенсивно происходит при среднелетней температуре на 15–25-е сут, а

при среднегодовой – на 20–25-е сут. Наибольшая потеря массы наблюдается при среднелетней температуре (25 °С). Значение рН при деструкции органического вещества изменяется скачкообразно и стабилизируется на 12–18-е сут. При разложении органического вещества водоросли наблюдается уменьшение растворимого кислорода в рапе из амфибиальных участков Арабатской стрелки и Бердянской косы.

- Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М., Карпов Г.А., Старынин Д.А.* Анаэробная деструкция органического вещества микробных матов источника Термофильного (кальдера Узон, Камчатка) // Микробиология. – 1987. – **56**, № 36. – С. 1022–1028.
- Гаретова Л.А.* Микробиологическая деструкция органического вещества в малых водотоках северного Сихотэ-Алиня // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – Владивосток: Дальнаука. – 2003. – Вып. 2. – С. 304–310.
- Дзюбан А.Н.* Экологическое состояние Шекснинского водохранилища: оценка на основе микробиологических исследований // Вод. рес. – 2005. – **32**, № 1. – С. 70–78.
- Дзюбан А.Н.* Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2007. – 50 с.
- Дзюбан А.Н., Косолапов Д.Б., Кузнецов И.А.* Микробиологические процессы в донных отложениях Рыбинского водохранилища и оз. Плещеево как фактор формирования качества водной среды // Гидробиол. журн. – 2005. – **41**, № 4. – С. 82–87.
- Добровольская Т.Г.* Структура бактериальных сообществ. – М.: Академкнига, 2002. – 283 с.
- Добрынин Э.Г.* Характеристика круговорота органического вещества в гипергалинных водоемах Крыма // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 60–74.
- Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2003. – 348 с.
- Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н.* Введение в природоведческую микробиологию. – М.: МГУ, 2001. – 255 с.
- Лобода М.В.* Курортні ресурси України. – К.: Укрпрофоздоровниця, 1999. – 334 с.
- Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / Под ред. В.В. Сапожникова. – М.: ВНИРО, 2003. – 202 с.*
- Ступникова Н.А., Мурадов С.В.* Физико-химические и микробиологические исследования лечебной грязи месторождения озера Утиное Камчатской обл. // Вестн. ДВО РАН. – 2005. – № 3. – С. 76–82.
- Черняковская Т.Ф.* Модельная деструкция цианобактерий и тканей высших растений гидролитическим комплексом микроорганизмов // Ярослав. пед. вестн. – 2010. – № 2. – С. 106–109.
- Ястреб В.П., Иванов В.А., Хмара Т.В.* К вопросу о классификации водоемов зоны сопряжения суши и моря Азово-Черноморского побережья. – Севастополь: МГИ, 2007. – С. 326–348.

Получена 12.04.11

Рекомендовала к печати Е.И. Шнюкова

A.N. Solonenko

Bohdan Khmelnytskyi Melitopol State Ped. Univ.,
20, Lenin St., 72312 Melitopol, Ukraine

SOME PECULIARITIES OF THE DESTRUCTION *CLADOPORA*
SIVASHENSIS C. MEYER (*CHLOROPHYTA*) ORGANIC SUBSTANCE

The author investigates the processes of the organic substance of the green seaweed *Cladophora sivaschensis* C. Meyer destruction in the brine of the amphibian areas, located on the Berdyansk foreland at the Lake Red and on the Arabat Spit not far from the Lake Zyablovskoye. It is shown that the destruction of *C. sivaschensis* organic substance causes the changes of pH environment and the decrease of the dissolved oxygen quantity. The most intensiveness of the destruction process occurs under the middle-summer temperature (25 °C) during the 10th – 12th days, and under the middle-year (14 °C) during the 16th – 18th days.

Key words: destruction, brine, amphibian arears, the green seaweed *Cladophora sivaschensis*.